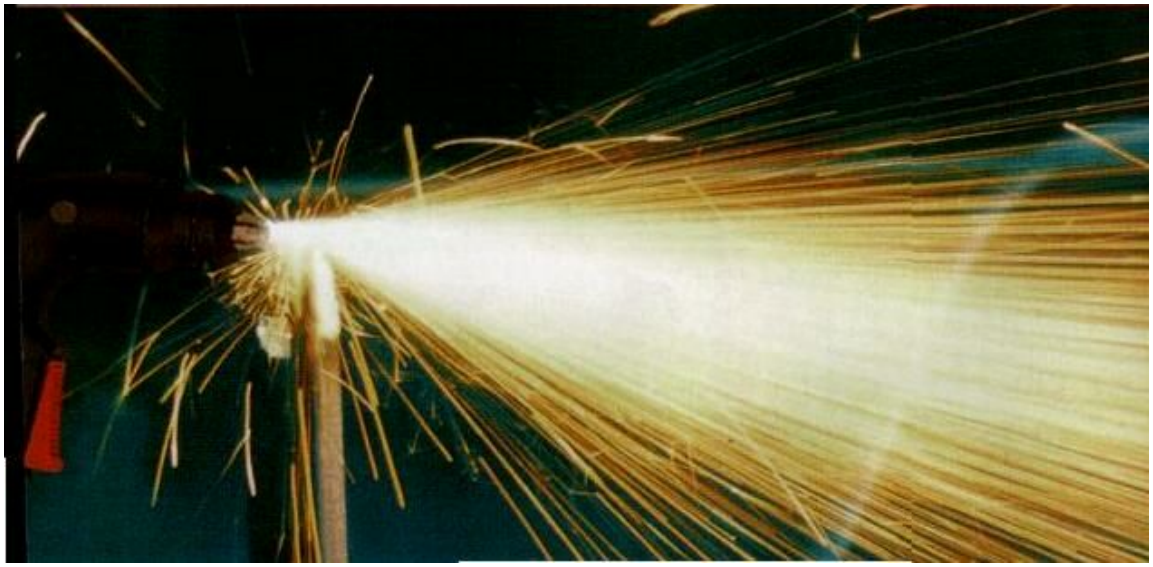
Б.Е.Сариев

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.И.САТПАЕВА

Кафедра: Металлургические машины и оборудование

Б.Е.Сариев

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Рекомендовано Республиканским учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия

Алматы 2008

УДК 621.771

Б.Е.Сариев. Сварочные материалы. Учебное пособие. Алматы: КазНТУ, 1–178с.

В пособии описаны различные сварочные материалы. Приведены их физико-химические, механические и эксплуатационные свойства, рассмотрены вопросы, связанные с применением сварочных материалов для различных видов сварки и даны рекомендации. Приводятся примеры расчетов образующихся шлаков, составов покрытий электродов и металлургических процессов при сварке. Описаны наиболее часто применяемые электроды.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 050709 – «Металлургия» при изучении курса «Сварочные материалы».

Ил. 20. Табл. 75. Библиогр.: 14 назв.

Рецензенты: Д.У. Смагулов, д-р. техн. наук, проф.
Т.А. Кетегенов, д-р.хим.наук
Е.А. Абдрахманов, канд. техн. наук, доц.

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2008 г.

© КазНТУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Соединения различных конструкций предназначены для сопряжения отдельных элементов между собой. Выбор вида соединения зависит от вида напряженного состояния соединяемых элементов, величины и характера действующей нагрузки, формы сопрягаемых элементов, условий работы соединения и др.

Сварные соединения – наиболее распространенные соединения. Они требуют на изготовление гораздо меньше времени и материала по сравнению с заклепочными и болтовыми соединениями. Применение сварки обеспечивает высокую прочность соединения, автоматизацию процесса сварки, высокое качество сварного шва при выполнении его не только в заводских условиях, но и в построечных. Благодаря этому сварные соединения применяются во всех металлических конструкциях.

Сварные соединения работают в различных условиях, в связи с чем к ним предъявляются и различные требования. Основным является – обеспечение необходимой механической прочности конструкции. В качестве других требований могут быть отмечены: обеспечение плотности (герметичности), химической стойкости, жаропрочности и пр.

Ассортимент сварочных материалов, их расход и режимы сварки определяются главным образом конструктивными особенностями и условиями работы машин и агрегатов. В большинстве случаев для обеспечения надежной работы конструкции должен быть правильно выбран материал для ее изготовления, что обеспечивает все необходимые эксплуатационные, рабочие характеристики сварной конструкции. Свойства металлов и сплавов, выбранных для сварки, определяются их химическим составом и исходной структурой. Выбирая для каждого конкретного способа сварки соответствующие основные и вспомогательные сварочные материалы, можно активно воздействовать на состав и свойства металла сварного шва. Эти сведения содержатся в данном учебном пособии.

1. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. Назначение сварочных материалов

При сварке плавлением монолитное, неразъемное сварное соединение получается в результате расплавления либо кромок свариваемого металла, либо кромок и дополнительного присадочного металла с образованием общей металлической сварочной ванны и последующей кристаллизацией этой ванны после прекращения действия теплоты источника нагрева. В большинстве случаев сварку проводят с введением присадочного металла в виде проволок, стержней, пластин и т. п., электрически связанных с источником теплоты (дуговая сварка плавящимся электродом, электрошлаковая сварка) или вводимых независимо (дуговая сварка неплавящимся электродом, электронно-лучевая, плазменная сварка).

Физико-металлургические процессы, протекающие при сварке (на торце электрода, в дуге, ванне), должны обеспечить металл шва такого химического состава, при котором были бы получены необходимые его свойства: отсутствие дефектов (трещин, пор и др.), равнопрочность с основным (свариваемым) металлом и другие свойства, определяемые условиями его работы. Этого можно достичь легированием металла шва присадочным металлом, покрытием, флюсом либо применением особых методов защиты зоны сварки (защитных газов, вакуума) при сварке без добавочных материалов.

Присадочный металл и другие вещества, используемые при сварке плавлением с целью получения непрерывного, неразъемного соединения, удовлетворяющего определенным требованиям, принято называть сварочными материалами.

К сварочным материалам относят сварочную проволоку, присадочные прутки, порошковую проволоку, плавящиеся покрытые электроды, неплавящиеся электроды, различные флюсы, защитные (активные и инертные) газы.

Указанные материалы должны обеспечить требуемые геометрические размеры и свойства сварного шва, хорошие технологические условия ведения процесса сварки, высокую производительность и экономичность процесса, необходимые санитарно-гигиенические условия труда при их производстве и сварке.

Это достигается тем, что сварочные материалы участвуют:

а) в защите расплавленного металла в зоне протекания металлургических процессов, а в некоторых случаях и нагретого твердого металла от вредного действия атмосферного воздуха (насыщения его газами атмосферы) в течение всего процесса сварки – в процессе расплавления, переноса в дуге, пребывания в сварочной ванне, кристаллизации;

б) в регулировании химического состава металла шва путем его легирования и раскисления;

в) в очистке (рафинировании) металла шва – удалении серы, фосфора, включений окислов и шлаков;

г) в очистке металла шва от водорода и азота;

д) в ряде случаев в модифицировании, измельчении первичной структуры шва.

Присадочный металл (в виде сварочной, электродной или присадочной проволоки, стержня электрода), имеющий определенный химический состав, и дополнительные средства (в виде толстого покрытия на электроде, флюса или защитного газа, либо порошка в порошковой проволоке) в комплексе обеспечивают газовую, шлаковую или комбинированную газошлаковую защиту зоны сварки от воздуха, стабилизацию горения дуги, раскисление и легирование металла шва, очистку его от вредных примесей и газов и предотвращают образование в нем трещин и т. п.

Следовательно, при сварке осуществляется сложная физико-химическая обработка электродного и основного металла, происходящая в газовой и шлаковой фазах и завершающаяся в сварочной ванне, что приводит к образованию шва нужного состава с требуемыми свойствами. Эту обработку обычно называют металлургическими или физико-металлургическими процессами сварки.

Присадочный (дополнительный) металл обычно требуется для получения шва с необходимыми геометрическими размерами, так как в большинстве случаев расплавление только кромок основного металла не обеспечивает получение усиления шва и заполнение зазора и разделки кромок (если она есть). Если дополнительный металл в процессе сварки расплавляется в виде сварочной (электродной) проволоки, стержней и т. д., включенных в сварочную цепь, он обычно называется электродным, а если он не включен в сварочную цепь – присадочным.

Закристаллизовавшийся металл шва состоит из смешанных в жидком состоянии (в сварочной ванне) расплавленных основного и присадочного металлов. Поэтому доли их участия определяют по исходной конфигурации кромок до расплавления и конечным геометрическим размерам шва.

Площадь поперечного сечения шва

$$F_m = F_{пр} + F_н,$$

где $F_{пр}$ и $F_н$ – площади поперечного сечения расплавленных основного и дополнительного металлов, $см^2$; $F_н$ обычно называют площадью поперечного сечения наплавленного металла.

Доля участия основного металла в формировании шва определяется отношением (рисунок 1, а)

$$\gamma_о = F_{пр}/(F_{пр}+F_н).$$

Соответственно доля участия наплавленного металла в образовании шва

$$\gamma_н = F_н/(F_{пр}+F_н).$$

При этом $\gamma_о + \gamma_н = 1$, а $\gamma_н = 1 - \gamma_о$. Величины $F_{пр}$ и $F_н$, $\gamma_н$ и $\gamma_о$ непосредственно зависят от метода и режима сварки, формы подготовки кромок и определяются расчетом по эмпирическим формулам или графикам.

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле

$$[X]_ш = \gamma_о[X]_{о.м} + (1-\gamma_о)[X]_э \pm \Delta X,$$

где„ $[X]_ш$, $[X]_{о.м}$, $[X]_э$ – концентрация рассматриваемого элемента соответственно в металле однослойного шва, основном и электродном металлах; ΔX – обобщенное изменение данного элемента в составе основного и электродного металлов вследствие неизбежного взаимодействия расплавленного металла с окружающей средой – газами и шлаками.

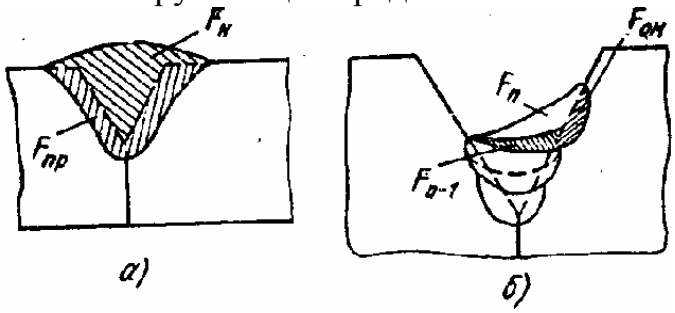


Рис. 1. Определение доли участия металла в формировании шва

При многослойной сварке, когда последующий валик (рисунок 1, б) накладывают в разделке на основной металл ($F_{о.м}$) и предыдущий валик ($F_{п-1}$), их долю в образовании металла п-го валика также следует учитывать. В этом случае площадь поперечного сечения шва

$$F_m = F_{о.м} + F_{п-1} + F_н.$$

Соответственно доли участия каждого компонента в формировании шва

$$\gamma_{о.м} = F_{о.м}/ F_ш;\ \gamma_{п-1} = F_{п-1}/ F_ш,\ \gamma_н = F_н/F_ш.$$

Если свариваются разнородные металлы, значительно различающиеся по химическому составу, участие их в формировании шва учитывается следующим образом:

$$F_{о.м} = F_{о.м\ 1} + F_{о.м\ 2},$$
$$F_ш = F_{о.м\ 1} + F_{о.м\ 2} + F_{п-1} + F_н.$$

Соответственно доля их участия в формировании шва

$$\gamma_{о.м\ 1} = F_{о.м\ 1}/F_ш;\ \gamma_{о.м\ 2} = F_{о.м\ 2}/F_ш.$$

Содержание рассматриваемого элемента в металле n-го шва

$$[X]_{п.ш}=\gamma_{о.м}[X]_{о.м}+\gamma_{п-1}[X]_{п-1}+(1-\gamma_{о.м}-\gamma_{п-1})[X]_{э} \pm \Delta X.$$

2. СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА, ЭЛЕКТРОДНЫЕ СТЕРЖНИ И ПРУТКИ, ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА, НЕПЛАВЯЩИЕСЯ ЭЛЕКТРОДЫ

Наиболее часто при сварке в качестве присадочного металла используют сварочную проволоку, полученную либо горячей прокаткой, либо волочением после горячей прокатки. При наплавке наряду с проволокой широко применяют металлическую ленту.

При механизированных способах сварки плавлением проволоку используют в виде непрерывного плавящегося электрода, намотанного на специальные кассеты; при ручной дуговой сварке - в виде прутка определенной длины (300–500 мм), т. е. плавящихся штучных электродов.

Если электродная проволока или электроды включены в сварочную цепь, скорость их введения, а следовательно, и доля электродного металла в образовании шва зависят от режима сварки и могут регулироваться только в определенных пределах. При сварке плавлением неплавящимися электродами (вольфрамовым, угольным) присадочный металл в зону сварки подают автономно, поэтому его долю в формировании шва можно регулировать в значительно более широких пределах. Дополнительная проволока, пруток или стержень, подаваемые в зону сварки, в этом случае называют присадочным прутком. По условиям удобства использования при ручной сварке пруток имеет длину до 1000 мм, при механизированной подаче специальным подающим механизмом – большую длину и сматывается со специальной кассеты.

Обычную сварочную проволоку изготовляют из хорошо деформируемых металлов. Однако, если металл шва должен иметь высокую твердость и исходный присадочный металл плохо деформируется в холодном и горячем состояниях, изготовление проволоки прокаткой или волочением невозможно; дополнительный металл изготовляют литьем в виде присадочных прутков.

Используют также специальную порошковую проволоку в виде металлической трубки, внутри которой заложены необходимые сварочные материалы (легирующие, раскисляющие и другие компоненты).

Для электрошлаковой сварки наряду с проволочными применяют пластинчатые электроды, изготовляемые из широкополосной ленты или крупногабаритных листов.

Однако в основном в качестве металлических присадочных материалов применяют сварочную проволоку – стальную или из цветных металлов и сплавов. На основании многолетнего опыта сварки разработаны государственные стандарты: на основные марки стальной проволоки для сварки ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная», для наплавки ГОСТ 10543-98 «Проволока стальная наплавочная», на марки сварочных проволок из

алюминия и его сплавов ГОСТ 7871-75 «Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов», на марки сварочной проволоки и прутки из меди и медных сплавов ГОСТ 16130-90 «Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные». Сварочные проволоки и прутки, применяемые для многих других металлов и сплавов, поставляют по различным техническим условиям, имеющим ведомственный характер.

Наиболее важное значение имеет стандарт ГОСТ 2246-70, в котором регламентирован химический состав 77 марок сварочных проволок. Стандарт регламентирует только химический состав и размеры проволоки, так как механические свойства металла шва зависят от многих других факторов (доли участия основного металла, марки флюса, режима сварки и т. д.). Стандартом регламентированы диаметры проволок (мм): 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0. Из этой номенклатуры проволоки диаметром 1,6-8 мм применяют для сварки и изготовления электродов, остальные только для сварки или наплавки.

В обозначении проволоки по стандарту указаны ее назначение «Св», т. е. что она сварочная, затем система легирования и примерное содержание элементов (табл. 1). По общепринятой символике химические элементы обозначены буквами: Б – ниобий; В – вольфрам; Г – марганец; Д – медь; М – молибден; Н – никель; С – кремний; Т – титан; Ф – ванадий; Х – хром; Ц – цирконий; Ю – алюминий. Средний процент содержания углерода указан без буквенного обозначения цифрой в сотых долях процента сразу за символом «Св». При содержании элементов менее 2 % цифра не ставится. Например, обозначение проволоки Св-08Г2С расшифровывается так: Св – сварочная, 08 – содержание углерода 0,08 %, марганца до 2 %, кремния до 1 %; проволоки Св-06Х19Н9Т расшифровывается: сварочная, среднее содержание элементов: углерода 0,06 %, хрома 19 %, никеля 9%, титана до 1 %.

Таблица 1

Химический состав некоторых марок сварочной проволоки (выдержки из ГОСТ 2246-70)

Марка проволоки	C, не более	Mn	Si, не более	Cr, не более	Ni, не более	Mo	Ti,V	S, не более	P, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Св-08	0,1	0.35-0.60	0.03	0.15	0.3	-	-	0.040	0.040
Св-08А	0.1	0.35-0.60	0.03	0.10	0.25	-	-	0.030	0.030
Св-08АА	0.1	0.35-0.60	0.03	0.10	0.25	-	-	0.020	0.020
Св-08ГА	0.1	0.80-1.10	0.03	0.10	0.25	-	-	0.025	0.030
Св-08 Г2	0.12	1.50-1.90	0.03	0.20	0.30	-	-	0.030	0.030
Св-08 ГС	0.10	1.40-1.70	0.60-0.85	0.20	0.25	-	-	0.025	0.030
Св-08Г2С	0.05-0.11	1.80-2.10	0.70-0.95	0.20	0.25	-	-	0.025	0.030
Св-08ГСМТ	0.06-0.11	1.00-1.30	0.40-0.70	0.30	0.30	0.20-0.40	0.05-0.12 Ti	0.025	0.030

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Св-06Х19Н9Т	0.08	1.0-2.0	0.4-1.0	18.0-20.0	8.0-10.0	-	0.5-1.0 Ti	0.015	0.030
Св-08Х19Н9 Ф2С2	0.10	1.0-2.0	1.3-1.8	18.0-20.0	8.0-10.0	-	1.8-2.4 V	0.25	0.030
Св-04Х19Н11М3	0.06	1.0-1.0	0.6	18.0-20.0	10.0-12.0	2.0-3.0	-	0.018	0.025

Более точное содержание элементов указано в стандарте. Диаметр проволоки указывается только при поставках в виде цифры, которая стоит перед маркой проволоки (например 2-Св-08Г2С, где 2 означает диаметр проволоки указанной марки).

Повышенные требования к чистоте проволоки по вредным примесям (снижение содержания серы и фосфора на 0,01 % каждого) отмечаются в марке проволоки (только углеродистой и легированной) буквой А и АА, например Св-08А. Для высоколегированных проволок вообще не допускается содержание серы свыше 0,030 % и фосфора свыше 0,035 %.

Стандарт ГОСТ 10543-98 регламентирует 30 марок проволоки для наплавки, из них 9 марок углеродистых, 11 марок легированных и 10 марок высоколегированных. Проволоки также классифицируются по химическому составу. Символ «Нп» означает, что проволока для наплавки (только для механизированной наплавки, но не для изготовления электродов). После символа «Нп» цифрами указано содержание углерода в сотых долях процента, затем буквами и цифрами – содержание других элементов. Например, проволока Нп-30 расшифровывается: проволока углеродистая для наплавки со средним содержанием углерода 0,30 % и содержанием других элементов до 2%; проволока «Нп-105Х» расшифровывается: проволока для наплавки со средним содержанием углерода 1,05 % и хрома менее 2 %.

При поставке диаметр проволоки указывается цифрой перед символом «Нп», в стандарте предусмотрены проволоки диаметром 0,3 – 8,0 мм. Например, полное обозначение проволоки для наплавки имеет вид: проволока 3Нп-105Х ГОСТ 10543-98.

ГОСТ 7871-75 регламентирует химический состав 14 марок тянутой и прессованной проволоки из алюминия от Св А97 до Св А5 (А1 > 99,5 %), алюминиево-марганцевого сплава (СвАМц), алюминиево-магниевых сплавов (СвАМг3, СвАМг4, СвАМг5, СвАМгб и Др.), алюминиево-кремнистых сплавов (СвАК5; СвАК10; Св1201).Состав проволок достаточно ясен из их обозначения, диаметры проволок 0,8 - 12,5 мм. Пример условного обозначения проволоки по этому ГОСТу: 2-СвАМц ГОСТ 7871-75.

ГОСТ 16130-90 регламентирует химический состав проволоки и прутков из меди и сплава на медной основе для сварки, наплавки и пайки. Стандарт регламентирует 17 марок проволоки и 12 марок прутков. Обозначение марок соответствует буквенным и цифровым обозначениям, принятым для меди и ее сплавов (без символа «Св»). Диаметры проволок 0,8 – 8,0 мм. Диаметры

прутков 6,0 и 8,0 мм. Этот стандарт содержит также рекомендации по применению проволок и прутков.

Порошковая проволока представляет собой трубчатую, часто сложного внутреннего сечения проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем (рис. 2). Порошкообразный наполнитель имеет состав, обычно соответствующий покрытиям основного типа с отношением его массы к массе металлической оболочки в пределах 15 – 40 %. Сохраняя технологические преимущества голой проволоки, порошковая проволока позволяет создавать газовую и шлаковую защиту металла сварочной ванны от воздуха, обеспечивать легирование металла шва и его очистку от вредных примесей. Надежность защиты металла сварочной ванны от атмосферного воздуха можно характеризовать по содержанию азота (попадающего в металл шва именно из воздуха); так, при сварке порошковой проволокой содержание азота обычно не превышает 0,02 - 0,025 %.

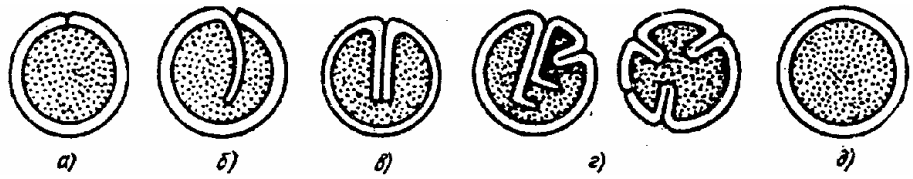


Рис. 2. Поперечные сечения порошковых проволок:
а - простая трубчатая; б - с одним загибом оболочки; в - с двумя загибами оболочки; г - фигурная с повышенной долей металла; *д* - из трубки сплошного сечения (бесшовной).

Порошковая проволока – универсальный сварочный материал, пригодный для сварки сталей практически любого легирования, для наплавки слоев с особыми свойствами, в ряде случаев начинает успешно конкурировать с такими сварочными материалами, как флюсы и защитные газы. Наиболее широко порошковую проволоку применяют для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей и наплавочных работ, что обусловлено возможностью варьирования химического состава и массы наполнителя - порошкообразной шихты, обеспечивающей высокое качество сварных соединений. В некоторых случаях порошковые проволоки (с наполнителем рутилового и рутил-флюоритового типов) выпускают для сварки с применением дополнительной защиты при сварке (флюса или углекислого газа). Наиболее часто порошковую проволоку изготовляют из ленты (рис. 3). Легко деформируемая лента из рулона 1 подается в специальное очистное устройство 2, откуда поступает в ролики 3, предварительно деформирующие из ленты желоб (сечение а – а). Затем из дозатора 4 желоб наполняется шихтой, после чего лента, уже имеющая форму желоба, заполненного шихтой, попадает в ролики 5, в которых формируется собственно сечение проволоки (см. сечения б - б и в – в). Проходя через фильеры 6, проволока деформируется до меньшего диаметра (2,0 – 2,5 мм), проходит через волочильный барабан 7 и наматывается на кассету 8.

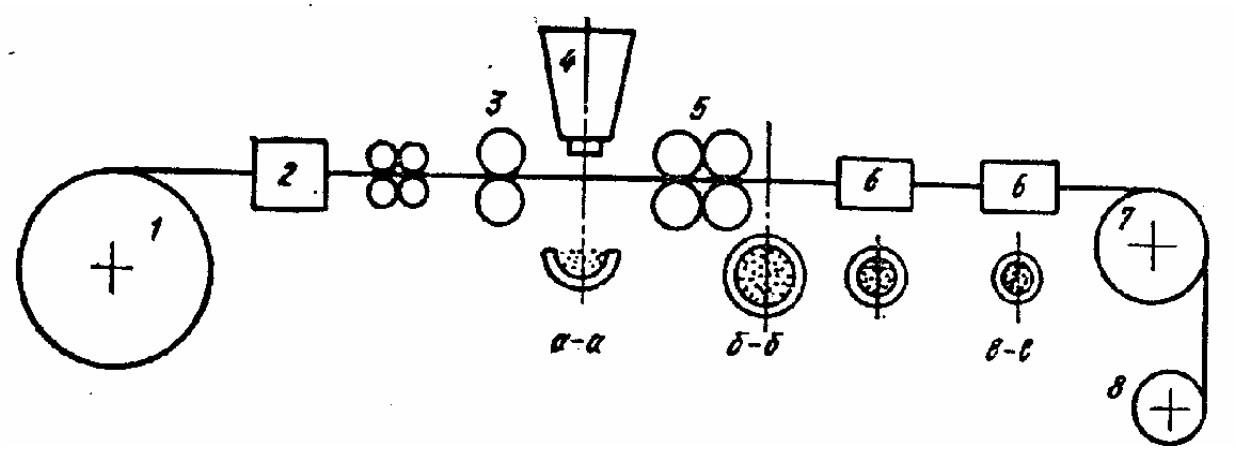


Рис. 3. Последовательность технологических операций при изготовлении порошковой проволоки

В связи с тем, что по рассмотренной технологии невозможно получить проволоку меньшего диаметра, в последние годы разрабатывают процессы изготовления порошковой проволоки из стальной пластичной сплошного сечения трубки. Трубку необходимого состава предварительно заполняют порошковым наполнителем, а затем путем волочения через несколько фильер уменьшают ее диаметр до 1 мм. Использование порошковой проволоки такого малого диаметра расширяет технологические возможности сварки и область их применения (табл. 2).

Таблица 2

Основные марки порошковых проволок и их назначение

Марка проволоки	Назначение
1	2
ПП-АН1	Механизированная сварка низкоуглеродистых сталей в нижнем положении
ПП-АН3	Механизированная сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении
ПП-АН7	То же, для сварки в любых пространственных положениях
ПП-1Х14Т-0	Механизированная наплавка уплотнительных поверхностей арматуры
ПП-3Х13-0	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях трения металла о металл
ПП-200Х10Г80	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях износа и удара
ПП-1Х18Н9С6Г2	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях высоких давлений и температур
ПП-25Х5ФМС	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях циклической термической нагрузки и износа
ПП-50ХН2МФ	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях высоких ударных нагрузок
ПП-У20Х12ВФ	Механизированная наплавка деталей, работающих в условиях износа и удара
ППК-300	Наплавка крановых колес над флюсом

Продолжение таблицы 2

1	2
ПП-Х6Г5СЮ-1	Наплавка молотков дробилки
От ПП-ТН200 до ПП-ТН450	Наплавка деталей подвижного железнодорожного состава, работающих в условиях износа и динамических нагрузок

2.1. Неплавящиеся электроды

По материалу, из которого они изготовлены, могут быть угольными, графитовыми, вольфрамовыми, циркониевыми, гафниевыми. Все эти материалы относятся к группе тугоплавких. Неплавящиеся электроды служат только для поддержания горения дуги и поэтому должны обладать высокой стойкостью при высоких температурах (расход их должен быть минимальным).

Графитовые и угольные электроды различаются строением углерода. В графитовых электродах углерод имеет кристаллическое строение, в угольных – аморфное. Для угольного электрода электрическое сопротивление кубика с ребром в 1 см составляет 0,0032 Ом, для графитового 0,0008 Ом. Температура начала окисления на воздухе угольного электрода 500 °С, графитового 640 °С; следовательно, по этим показателям предпочтительнее применение графитовых электродов.

Высокая температура кипения углерода (4500° К) обеспечивает его малый расход за счет испарения, но при взаимодействии с воздухом происходит его окисление и угар с возможным науглероживанием сварочной ванны. Уменьшить разогрев электрода можно за счет увеличения его сечения. По этой причине угольные и графитовые электроды обычно применяют больших диаметров (6-20 мм и выше), что затрудняет действия сварщика.

Уменьшить диаметр электродов, исключить опасность науглероживания металла шва можно при применении электродов из тугоплавких металлов. Наиболее широкое применение для сварки имеют вольфрамовые электроды диаметрами 1-6 мм, с высокой механической прочностью и сравнительно небольшим электрическим сопротивлением. Температура плавления вольфрама 3410°С, температура кипения 4700° С. Вольфрамовые стержни изготовляют из порошка (чистотой 99,7 %), который прессуют, спекают и проковывают, в результате чего отдельные его частицы свариваются. Заготовки подвергают волочению для получения стержней необходимых диаметров.

Вольфрамовые электроды изготовляют из чистого вольфрама и с присадками окислов лантана или иттрия, а также металлического тантала. Легирование вольфрама окислами иттрия или лантана в небольшом количестве резко увеличивает эмиссионную способность вольфрама – катода, в результате чего возрастает стойкость электродов (способность длительное время сохранять заостренную форму) при максимальных токах, повышается стабильность горения дуги. Однако все электроды на основе вольфрама требуют при сварке защиты их инертными газами от окисления кислородом воздуха.

Циркониевые и гафниевые электроды используют в плазматронах при тепловой резке металлов.

Таблица 3

Характеристики вольфрамовых электродов

Марка	Химический состав, %	Диаметр, мм		Длина, мм	Маркировка (цвет)
		номинальные размеры	предельные отклонения		
1	2	3	4	5	6
ЭВЧ	Вольфрам, не менее 99,92	0,5	±0,2	≥3000 (рулон)	Не обозначается
		1,0; 1,6; 2,0; 2,5	±0,1	75±1; 150±1	
		3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	±0,2	200±2; 300±2	
ЭВЛ	Оксид вольфрама и лантана (1,1–1,4)	1,0; 1,6; 2,0;2,5; 3,0; 4,0	±0,1	75±1; 150±1	Черный
		5,0; 6,0; 8,0; 10,0	±0,2	200±2; 300±2	
ЭВИ–1	Оксид вольфрама и иттрия (1,5 – 2,3)	2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0	±0,1	75±1; 150±1; 200±2; 300±2	Синий
		8,0; 10,0	±0,2		
ЭВИ–2	Оксид вольфрама и иттрия (2,0 – 3,0)	2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	±0,15	75±1; 150±1; 200±2; 300±2	Фиолетовый
ЭВИ–3	Оксид вольфрама и иттрия (2,5 – 3,5)	2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	±0,15	75±1; 150±1; 200±2; 300±2	Зеленый
ЭВТ–15	Диоксид вольфрама и тория (1,5 – 2,0)	2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	±0,15	75±1; 150±1; 200±2; 300±2	Красный

3. СВАРОЧНЫЕ ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой стержни длиной до 450 мм, наготовленные из сварочной проволоки (ГОСТ 2246-70), на поверхность которых нанесен слой покрытия различной толщины. Один из концов электрода на длине 20—30 мм освобожден от покрытия для зажатия его в электрододержателе с целью обеспечения электрического контакта. Торец другого конца очищают от покрытия для возможности возбуждения дуги посредством касания изделия в начале процесса сварки.

Покрытие предназначено для повышения устойчивости горения дуги, образования комбинированной газошлаковой защиты, легирования и рафинирования металла. Для изготовления покрытий применяют различные материалы (компоненты).

1. Газообразующие компоненты – органические вещества, крахмал, пищевая мука, декстрин либо неорганические вещества, обычно карбонаты (мрамор $CaCO_3$, магнезит MgCOз и др.).

2. Легирующие элементы и элементы-раскислители: кремний, марганец, титан и др., используемые в виде сплавов этих элементов с железом, так называемых ферросплавов. Алюминий в покрытие вводят в виде порошка–пудры.

3. Ионизирующие или стабилизирующие компоненты, содержащие элементы с низким потенциалом ионизации, а также различные соединения, в состав которых входят калий, натрий, кальций, мел, полевой шпат, гранит и др.

4. Шлакообразующие компоненты, составляющие основу покрытия, обычно это руды (марганцевая, титановая), минералы (ильменитовый и рутиловый концентраты, полевой шпат, кремнезем, гранит, мрамор, плавиковый шпат и др.).

5. Связующие – водные растворы силикатов натрия и калия, называемые натриевым или калиевым жидким стеклом, а также натриево-калиевым жидким стеклом.

6. Формовочные добавки – вещества, придающие обмазочной массе лучшие пластические свойства, – бентонит, каолин, декстрин, слюда и др.

Для повышения производительности сварки, увеличения количества дополнительного металла, вводимого в шов, в покрытии электродов может содержаться железный порошок до 60% массы покрытия. Многие материалы, входящие в состав покрытия, одновременно выполняют несколько функций, обеспечивая и газовую защиту в виде газа CO_2, и шлаковую защиту в виде CaO и т. д.

Газовая защита образуется в результате диссоциации органических веществ при температурах выше 200 °С;

$$C_n (H,0)_{n-1} \rightarrow (n-1)\ CO + (n-1)\ H_2 + C,$$

диссоциации карбонатов при температуре ~900 °С (при парциальном давлении в газовой фазе $p_{co2} \approx 0{,}1$мПа)

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2,$$
$$MgC0_3 \rightarrow MgO + CO_2,$$

а также последующей диссоциации CO_2

$$CO_2 \rightarrow CO + ½\ O_2.$$

Процесс диссоциации происходит недалеко от торца электрода. Расчеты показывают, что при температуре 0°С и давлении 0,1 МПа диссоциация 1 г органических соединений приводит к выделению примерно 1450 см^3 $CO + H_2$, а 1 г карбоната $CaCO_3$ – к выделению 340 см^3 газов. В столбе дуги газы нагреваются до средней температуры 550–800° С, объем выделившихся при этих температурах газов составляет соответственно 1000-1400 см^3 (при нагреве газа на 1° С его объем увеличивается на 1/273). При обычном составе

электродных покрытий на каждый грамм металла электродного стержня выделяется 90 - 120 $см^3$ защитного газа (CO_2, H_2), что обеспечивает достаточно надежное оттеснение воздуха от зоны сварки и попадание очень небольшого количества азота в металл шва (не свыше 0,02 - 0,03 %).

Состав шлакообразующих может быть различным – это окислы CaO, MgO, MnO, FeO, Al_2O_3, SiO_2, TiO_2, Na_2O, галогены CaF_2 и др.

При изготовлении электродов для сварки алюминия и его сплавов ввиду его большого сродства к кислороду применять покрытия из окислов нельзя, так как металл будет разрушать эти окислы и интенсивно окисляться. В этих случаях покрытия практически полностью состоят из бескислородных соединений, хлоридов и фторидов (KCl, NaCl, KF и т. п.), которые наносятся на стержни многократным окунанием стержней в водные растворы указанных компонентов.

Покрытие толстых электродов оказывает существенное влияние на весь процесс сварки. Поэтому общие требования к ним при сварке различных металлов: обеспечение стабильного горения дуги; получение металла шва с необходимым химическим составом и свойствами; спокойное, равномерное плавление электродного стержня и покрытия; хорошее формирование шва и отсутствие в нем пор, шлаковых включений и др.; легкая отделимость шлака после остывания с поверхности шва; хорошие технологические свойства обмазочной массы, не затрудняющие процесса изготовления электродов; удовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда при изготовлении электродов и сварке. Состав покрытия определяет и такие важные технологические характеристики электродов, как: род и полярность сварочного тока, возможность сварки в различных пространственных положениях или определенным способом (сварка опиранием, наклонным электродом и т. д.).

Технологические характеристики плавления электродов определяются экспериментально и позволяют судить о производительности и экономичности процесса сварки электродами той или иной марки.

Коэффициент расплавления (г/А·ч)

$$\acute{\alpha}_p = G_p / It,$$

где G_p - масса расплавленного металла электрода (г) за время t горения дуги (ч); I - сила сварочного тока, А.

Для электродов, содержащих в покрытии дополнительный металл (например, железный порошок), масса расплавленного металла

$$G_p = G_{ст.эл} + G_{доп.м},$$

где $G_{ст.эл}$ – масса расплавленной части металлического стержня электрода; $G_{доп.м-}$– масса расплавленного дополнительного металла, содержащегося в покрытии электрода. Коэффициент наплавки (г/А-ч)

$$\acute{\alpha}_н = G_н / It,$$

где $G_н$ – масса наплавленного металла (г) при силе сварочного тока I (А) за время t (ч), полученного за счет металлического стержня электрода и дополнительного металла, если он содержался в покрытии электрода. Коэффициент потерь (%)характеризует потери металла электрода на испарение, разбрызгивание и окисление.

$$\Psi = \frac{Gp - Gн}{Gp} 100.$$

Для электродов, содержащих в покрытии дополнительный металл,

$$\Psi_1 = \frac{(Gсс\ .эл + Gддо.м) - Gн}{(Gсс\ .эл + Gддо.м)}.$$

Коэффициент массы покрытия

$$k = Gn/Gm,$$

где Gn – масса покрытия на электроде; Gm – масса металла стержня па длине обмазанной части электрода.

Если известна масса 1 см электродной проволоки *m* (г/см^3), то

$$k = (Gэл - ml_э)/ml_о,$$

где Gэл и $l_э$ – масса всего электрода (г) и его длина (см); $l_о$ – длина обмазанной части электрода, см.

Иногда массу покрытия на электроде относят к массе всего электрода:

$$k_1 = (G_{эл} - ml_э)/ ml_о.$$

Значения рассмотренных коэффициентов зависят от марок электродов (состава металлического стержня и покрытия), рода и полярности тока и др. Для наиболее распространенных электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистых сталей, не содержащих в покрытии дополнительный металл, $\acute{\alpha}_р$ = 7 ÷13 г/А·ч; $\acute{\alpha}_н$ = 6 ÷12,5 г/А·ч; Ψ = 5 – 25%.

Рассмотренные характеристики электродов используют для нормирования сварочных работ и расхода электродов. Например, если известны $F_н$ (рис. 1) и длина шва $l_ш$, то

$$G_н = F_н l_ш \gamma,$$

где γ – плотность металла (для большинства сталей γ= 7,8 г/см^3). По паспорту выбранной марки электродов для соответствующего диаметра электрода и пространственного положения сварки определяют $I_{св}$ и коэффициенты $\acute{\alpha}_р$, $\acute{\alpha}_н$, Ψ и к. Основное время сварки определяют по формуле

$$T_о = t = G_н / \alpha_н I$$

и массу электродов, необходимых для сварки данного шва, по формуле

$$G_{эл} = G_н \, к_1 \, (1+\Psi).$$

3.1. Формирование состава шлаков при плавлении электрода

Состав покрытия электродов задается их рецептурой. Химический состав компонентов регламентирован стандартами и техническими условиями на их поставку. Поэтому при определении состава образующихся шлаков необходимо определить количества тех или иных компонентов покрытия при заданном количестве сухой смеси.

Приведем расчет состава защитного шлака, образующегося в результате плавления электрода, и определим коэффициент его кислотности, характеризующий многие особенности шлака, на примере электродов типа Э46А (ГОСТ 9467-75), марки УОНИ-13/45, с покрытием основного типа.

Состав электродов этого типа, %:

1 Мрамор .....54 (ГОСТ 4416-94)
2 Плавиковый шпат .....15 (ГОСТ 4421-73).
3 Кварцевый песок .....9 (ГОСТ 4417-75)
4 Ферросилиций ..... 5 (ГОСТ 1415-93) (ИСО 5445-80)
5 Ферромарганец ..... 5 (ГОСТ 4755-91) (ИСО 5446-80)
6 Ферротитан ..... 12 (ГОСТ 4761-91) (ИСО 5454-80)
100 %
7 Жидкое стекло в пересчете на сухой остаток
112 %

В связи с тем, что жидкое стекло вводят дополнительно к основным компонентам, необходимо рассчитать действительное содержание компонентов в составе покрытия с учетом жидкого стекла (Т.Е. принимая сумму 112 % за 100 %). Получим следующий состав покрытия, %:

1 мрамор ...…….. 48.3
2 Плавиковый шпат….13,2
3 Кварцевый песок….8
4 Ферросилиций….. 4.5
5 Ферромарганец…..4.5
6 Ферротитан……10.7
7 Жидкое стекло…..10.7
100 %

Для расчета химического состава шлака необходимо знать химический состав компонентов и количество легирующих элементов, переходящих в металл шва.

В мраморе содержится 93 % $CaCO_3$ и не более 3 % MgO. С учетом этого содержания в покрытии будет 48,3·0,93 = 44,5 % $CaCO_3$ и 48,3·0,03 = 1,45 % MgO.

При сварке происходит диссоциация CaCOз, в результате чего выделяется в газовую фазу $(CO_2)r$ = 44,5·44/100 = 19,5 %, в шлаковую фазу (Ca0)ш = 44,5·56/100 = 24,9%.

MgO в количестве 1,45 % переходит полностью в шлак. Плавиковый шпат содержит 92% CaF_2, и не более 5 % SiO_2. SiO_2 переходит в шлак полностью, т. е. (SiO_2)ш = 13,2-5/100 = 0,66 %. Количество CaF_2 в покрытии 13,2·0,95 =12,6% CaF_2 реагирует с SiO_2 по формуле:

$$nCaF_2 + mSiO_2 \rightarrow (n - 2m)\ CaF_2; + 2mCaO + mSiF_4.$$

При малом количестве CaF_2 и большом количестве SiO_2 $(n - 2m) = 0{,}55n$, т. е. m = 0,225n. При m = 1

$$12{,}6\ (CaF_2)+0{,}225 \cdot 12{,}6\ (SiO_2) \rightarrow 0{,}55 \cdot 12{,}6\ (CaF_2)+0{,}45\ -12{,}6\ (CaO)+ 0{,}225 \cdot 12{,}6\ (SiF_4);$$

следовательно, 6,9 % CaF_2; остается в шлаке, а на образование CaO и SiF_4 уходит 12,6 - 6,9 = 5,7 % CaF_2. Долю кальция и фтора находят из соотношения их молекулярных масс: молекулярные массы фтористого кальция 78, кальция 40 и фтора 19; следовательно, доля кальция 5,7·40/78 = 2,9 и доля фтора 5,7·38/78 = 2,8. С учетом всех элементов получим

$$Ca+0{,}5O_2=CaO;\ (CaO)_ш = 2{,}9 \cdot 56/40 = 4{,}1\ \%$$
$$40+0{,}5x32=56$$
$$Si + 4F \rightarrow SiF_4,\ (SiF_4)r = 2{,}8 \cdot 104/76 = 3{,}9\ \%$$
$$28+4x19=104$$

и $(Si)_ш = 2{,}8 \cdot 28/76 = 1{,}0$ %,

т. е. 1% Si был извлечен из шлака для реакции образования SiF_4. Расход SiO_2 из шлака составит

$$Si+02=SiOa;$$
$$28+32=60$$

следовательно, 1-60/28 = 2%SiOa необходимо вычесть из суммарного количества $(SiO_2)_ш$.

Кварцевый песок содержит 9,7 % SiO_2, что дает в шлак (SiO_2)ш = 8·0.97 = 7,75 %. Ферросилиций содержит 75 % Si, что дает количество Si=4,5·0,75 – 3,5 %, используемого для раскисления и легирования. На легирование металла шва

кремнием до 0,3 % необходимо израсходовать из покрытия (с учетом относительной массы покрытия 0,33)

$$(Si)_n = \frac{(Si)ш}{Gn \setminus Gc} = \frac{0/3}{0/33} \approx 0.9.$$

Остальное количество кремния из ферросилиция (3,5 - 0,9) = 2,6 % пойдет на раскисление металла шва с образованием $(Si0_2)_ш \sim 2,6 \cdot 60/28 = 5,55$ %.

Ферромарганец содержит 80 % Mn; 1 % С и 2 % Si, или с учетом долевого участия в покрытии Mn = 4,5·0,8 = 3,6 %; С - 2,5·0,01 = 0,045 % и Si = 4,5·0,02 = 0,09 %. Углеродом и кремнием из ферромарганца можно пренебречь (угар).

Из ферромарганца часть марганца пойдет на легирование шва п при коэффициенте перехода $К_{Mn}$ = 0,55 это составит $(Mn)_ш$ = 3,6-0,55 =1,9 %. Остальная часть марганца 3,6 - 1,9 = 1,7 % пойдет на образование MnO в шлаке:

$$Mn+0,5O_2 = MnO;\ (Mn0)_ш = 1,7x71/55 = 2,2\ \%$$
$$55+0,5x16=71.$$

Ферротитан содержит 23 % Ti; 4,6 % Si; 6 % A1; все эти элементы пойдут на соединение с кислородом. При этом титан в количестве 10,7·0,23 = 2,46 % дает $(TiO_2)_ш = 2,46 \cdot 80/48 = 4,1\%$, так как

$$Ti+O_2=TiO_2.$$
$$48+32=80.$$

Кремний в количестве 10,7·0,46 - 0,5 % образует l,l % $(SiO_2)_ш$. Алюминий в количестве 10,7.0,06 = 0,64 % образует $(Al_20_3)_ш = 0,64 \cdot 102/54 = 1,2$ %, так как

$$2A1+1,5O_2=A1_2O_3.$$
$$2x27+3x16=102$$

Жидкое стекло – натриевое с модулем m = $\%Si0_2 \cdot a/\%R_2O$, где а – отношение молекулярных масс R_2O (т. е. Na_20 или $К_2О$) к SiO;, содержит на молекулу Na_20 2,7 молекулы SiO_2. При молекулярных массах SiO_2- 60 и Na_20 – 62 это дает

$$(Si0_2)_ш = 10,7\% \ \frac{2,7}{2,7+1,0} \frac{60}{62} = 7,6\%;$$

$$(Na_20)_ш = 10,7 \frac{1,0}{2,7+1,0} \frac{60}{62} = 3,0\%.$$

Результаты расчета приведены в табл. 4.

Шлаки принято характеризовать коэффициентом кислотности, понимая под этим величину коэффициента $k_к$, определяемого отношением

$$k_к = \Sigma R0_2 / \Sigma RO,$$

где $\Sigma R0_2$ – сумма процентов по массе кислых окислов в шлаке; ΣRO – то же, основных окислов.

Если $k_к > 1,0$, шлак называют кислым; если $k_к < 1,0$, –основным. Исходя из этого шлак электродов УОНИ-13/45 имеет $k_к \approx 0,55$, т. е. явно относится к группе основных. К кислым окислам относят SiO_2, TiO_2; к основным – FeO, MnO, CaO, MgO, Na_2O, K_2O; амфотерные окислы Al_2O_3, Fe_20_3, Cr_2O_3. Образующиеся шлаки должны обладать определенными физико-химическими свойствами.

Таблица 4

Расчет состава шлаков при сварке электродами типа Э46А марки УОНИ-13/45 (ГОСТ 9467-75)

Составляющие электродного покрытия	Состав покрытия		Формула компонента	Содержание, %	Перешло в металл, %	Перешло в шлак, %								Перешло в газовую фазу, %
	по рецепту	по расчету на 100%				CaO	CaF_2	MgO	SiO_2	TiO_2	NaO_2	MnO	Al_2O_3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Мрамор	54,0	48.3	CaO_3, MgO	923	--	24,9	-	1,45	-	-	-	-	-	19,5 CO_2
Плавиковый шпат	15,0	13,2	CaF_2, SiO_2	925		4,1	6,9	-	[-2,0]	-	-	-	-	3,9 SiF_2
Кварцевый песок	9,0	8,0	SiO_2	97	-	-	-	-	7,75	--	-	-	-	-
Ферросилиций	5,0	4,5	Si	75	0.9	-	-	-	5,55	-	-	-	-	-
ферромарганец	5,0	4,5	Mn	80	111,9	-	-	-	-	-	-	2,2	-	-
ферротитан	12,0	10,7	Ti, Si, Al	234,66,0	-	-	-	-	1.1	4,1	-	-	1,2	-
Жидкое стекло в пересчете на сухой остаток	12,0	10,7	SiO_2, Na_2O	7327	-	-	-	-	7,6	-	3,0	-	-	-
Итого	112	100				29,0	6,9	1,45	20,0	4,1	3,0	2,2	1,2	Σ67,85
Расчетный состав шлака, %						42,8	10,2	2,1	29,4	6,05	4,4	3,25	1,8	100%

К физическим свойствам шлака относятся: теплофизические характеристики – температура плавления, температурный интервал затвердевания, теплоемкость, теплосодержание и т. п.; вязкость; способность растворять окислы, сульфиды и т. п.; определенная плотность; определенная

газопроницаемость; достаточное различие в коэффициентах линейного и объемного расширения по сравнению с металлом, что необходимо для легкой очистки металла шва.

К химическим свойствам относится способность шлака раскислять металл шва; связывать окислы в легкоплавкие соединения; легировать металл шва.

Наилучшие качества при сварке имеют шлаки, если температура их плавления составляет 1100-1200° С. Температурный интервал затвердевания должен быть небольшим или, как говорят, шлак должен быть «коротким». Шлаки, у которых переход от жидкого к твердому состоянию растянут на значительный температурный интервал (так называемые длинные шлаки), при прочих равных условиях хуже обеспечивают формирование шва. Вязкость шлака имеет важное значение. Чем менее вязок шлак, тем больше его подвижность, а следовательно, физическая и химическая активность, тем быстрее в нем протекают химические реакции и физические процессы растворения окислов, сульфидов и т. п. Однако для надежного закрытия металла шва шлак не должен быть чрезмерно жидким, это особенно важно при сварке на вертикальной плоскости и в потолочном положении. Для таких шлаков важно, чтобы переход из жидкого в твердое состояние совершался как можно быстрее. Кислые шлаки обычно бывают очень вязкими и длинными, при этом чем выше кислотность шлаков, тем больше их вязкость. Основные шлаки - короткие. Шлаки должны обладать небольшим удельным весом, чтобы легко всплывать на поверхность сварочной ванны. Слой шлака, покрывающий шов, в жидком виде и в процессе затвердевания должен легко пропускать газы, выделяющиеся из металла шва. Затвердевшие шлаки должны иметь небольшое сцепление с металлом, коэффициенты линейного расширения шлака и металла должны быть различными для более легкого удаления шлака со шва.

3.2. Изготовление покрытых электродов

Электрод, состоящий из металлического стержня и толстого покрытия, расплавляясь, должен обеспечивать постоянство вводимых в реакционную зону компонентов по объему, их химическому составу и реакционной способности.

Это достигается применением проволоки, имеющей стабильный химический состав и диаметр с отклонениями, регламентированными стандартом, Покрытие, состоящее из смеси различных порошкообразных компонентов, скрепленных между собой и со стержнем жидким стеклом, также должно быть однородным в массе, что достигается при достаточно мелком размоле составляющих компонентов и хорошем перемешивании обмазочной массы. Поэтому процесс изготовления электродов предусматривает ряд строго последовательных операций по подготовке проволоки, компонентов покрытия, сухой смеси компонентов (шихты) и обмазочной массы, нанесению ее на стержень с последующей сушкой и прокалкой электродов с целью придания необходимой прочности покрытию (табл. 5).

Рассмотрим основные операции изготовления электродов.

Сварочную проволоку в бухтах на специальных станках подвергают правке и рубке на стержни определенной длины. При изготовлении стержней из проволоки отбирают пробы для проверки соответствия ее техническим условиям, а также проверяют длину стержней, стрелу прогиба, волнистость и т. д. После правки и рубки стержни очищают, а затем закладывают в контейнеры для подачи их к электродообмазочным прессам. Компоненты покрытия после сушки при определенных для каждого компонента температурах (например, $CaCO_3$ при 650°С начинает диссоциировать) проходят контроль влажности и поступают на грубое и среднее дробление, а затем тонко измельчаются в шаровых и других конструкций мельницах. Конечный размер частиц разных компонентов различен, так как он влияет на характер участия компонента в металлургических взаимодействиях при сварке и на технологический процесс производства электродов. Частицы рудоминеральных компонентов должны иметь меньший размер, проходить через сито с размером ячейки 0,07 мм (6240 ячеек на 1 $см^2$), а ферросплавы – несколько больший, проходить через сито с размером ячейки 0,15– 0,2 мм (900–1600 ячеек на 1 $см^3$).

Таблица 5

Последовательность технологических операция при изготовлении покрытых электродов

Технологические операции	Контроль операции
1	2
А. Приготовление порошков из руд и концентратов	
Склад руд	Отбор проб для химического анализа и эталонирования материалов
Сушка	Контроль влажности после сушки
Размол	
Сепарирование крупных частиц и пыли	Контроль гранулометрического состава готовых порошков
Засыпка готовых порошков в бункера	
Б. Приготовление порошков из минералов	Отбор проб для химического анализа и эталонирования
Склад минералов	
Предварительное дробление кусков размером более 350 мм	
Промывка	Визуальный осмотр
Крупное дробление до величины размером 25 мм	
Среднее дробление до величины кусков размером 5 -10 мм	

Продолжение табл. 5

1	2
Размол и сепарирование	Проведение контроля грануляции помола
Готовый продукт тонкого помола	
В. Приготовление сухой шихты	
Компоненты тонкого помола 1	
Составление шихты по рецептуре	Контроль точности взвешивания
Перемешивание сухой шихты	Контроль перемешивания по однородности цвета; химическому анализу; контролю влажности
Засыпка готовой шихты в бункера и выдача для производства обмазочной массы	
Г. Приготовление обмазочной массы и брикетов	
Перемешанная сухая шихта + жидкое стекло с пассивирующей добавкой	
Приготовление обмазочной массы	
Приготовление брикетов	
Д. Нанесение покрытия	
Подача готовых стержней и подача обмазочной массы	
Нанесение покрытия в специальных прессах (опрессовка)	Контроль по эксцентричности и внешнему виду
Зачистка торцов и контактных концов электродов	
Е. Сушка и прокалка	
Укладка электродов (после их выхода из зачистной машины) на рамки для сушки и прокалки	
Подача в сушильно-прокалочную конвейерную печь непрерывного действия	Контроль влажности покрытия
Сортировка, сертификатные испытания, упаковка	

Измельченные ферросплавы подвергают пассивированию, которое заключается в том, что при выдержке их во влажной атмосфере или замачивании водой (подкисленной марганцовокислым калием $KMn0_4$ или хромпиком $K_2Cr_2O_7$) на поверхности ферросплавов создается окисная пленка, предотвращающая возможное преждевременное реагирование ферросплавов с жидким стеклом при изготовлении обмазочной массы.

На электродных заводах предпочитают наиболее простой способ пассивирования, при котором заранее (в жидкое стекло при его приготовлении) добавляют в сухом виде хромпик (0,5 % массы силикатной глыбы).

Из подготовленных материалов приготовляют сухую шихту путем взвешивания компонентов согласно рецептуре покрытия и тщательно перемешивают ее в цилиндрических барабанах, эксцентрично насаженных на вал, контролируя равномерность перемешивания и влажность.

Жидкое стекло, используемое как связующее в электродном производстве, получают из так называемой силикатной глыбы, т. е. силиката натрия (Na_2O)• n SiO_2) или калия, не содержащего воды. Для приготовления жидкого стекла силикатную глыбу разваривают в автоклаве с подачей воды или пара. Общая формула наиболее широко применяемого натриевого стекла $Na_2O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$.

Жидкое стекло, используемое в качестве связующего, имеет различную плотность (т. е. степень разведения водой), модуль, характеризуемый молекулярным соотношением SiO_2 и Na_2O или K_2O, вязкость и клеющую способность. Важную характеристику жидкого стекла – сухой остаток учитывают при расчете состава сухой смеси и состава шлаков, образующихся при плавлении покрытия.

Из подготовленных материалов приготовляют обмазочную массу путем смешения сухой смеси с жидким стеклом до определенной консистенции. Обмазочная масса должна иметь густоту и вязкость оконной замазки.

Покрытие на электроды наносят опрессовкой на специальных прессах. Электродные стержни специальным механизмом проталкиваются через фильер обмазочной головки, в которую при давлении 70–90 МПа выжимается обмазочная масса (заложенная предварительно в цилиндре в виде брикета). Электрод выталкивается из обмазочной головки полностью покрытый обмазочной массой и попадает на транспортер зачистной машины, на которой есть устройство для зачистки торца электрода и снятия с другого его конца покрытия на длине 20–30 мм. С конвейера электроды укладывают на специальные рамки и подвергают сушке на воздухе в течение 18–24 ч или в сушилке при температуре до 100° С в течение 3 ч, после чего подают на прокалку, режим которой зависит от состава покрытия (наличия органических соединений, ферросплавов и т. д.).

В результате сушки и прокалки содержание влаги в покрытии снижается с 3–3,5 % до 0,1–0,3 % и покрытие приобретает довольно высокую прочность. На современных заводах обычно электроды после зачистной машины поступают для сушки и прокалки в конвейерные печи непрерывного действия.

После прокалки электроды подвергают контролю, упаковке во влагостойкую парафинированную битумную бумагу или пластмассовую пленку в пачки по 3–8 кг, либо в герметически закрывающуюся металлическую тару.

На пачку наклеивают паспорт электрода, на котором указано наименование или товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение электродов, номер партии и дата изготовления, область применения электродов, особые условия выполнения сварки или наплавки, допустимое содержание влаги, режим повторного прокаливания, рекомендуемый режим сварки, масса электродов в коробке или пачке.

3.4. Классификация и характеристика электродов

Электроды, предназначенные для ручной дуговой сварки, в стандартах классифицируются по следующим признакам: металлу, для сварки которого они предназначены; толщине и типу покрытия; механическим свойствам металла шва; способу нанесения покрытия (опрессовкой или окунанием) и др.

Согласно ГОСТ 9466-75 электроды для сварки и наплавки сталей в зависимости от назначения разделены на классы: для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с $\sigma_в$ < 600 МПа – У (условное обозначение); для сварки легированных конструкционных сталей с $\sigma_в$ > 600 МПа – Л; для сварки теплоустойчивых сталей – Т; для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – В; для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – Н, Этот ГОСТ регламентирует размеры электродов, толщину и типы покрытий, условные обозначения, общие технические требования, правила приемки и методы испытания.

В этом стандарте в зависимости от отношения полного диаметра электрода D к диаметру стержня *d* покрытые электроды разделяются на следующие виды: с тонким покрытием *(D/d* ≤ 1,2) присвоен индекс М; со средним покрытием (1,2 < *D/d* ≤ 1,45) – С; с толстым покрытием (1,45 < *D/d* ≤ 1,8) – Д; с особо толстым покрытием (*D/d*> 1,8) – Г.

В зависимости от требований к качеству электродов – точности изготовления, состояния поверхности покрытия, сплошности полученного данными электродами металла шва и содержанию серы и фосфора в наплавленном металле – электроды подразделяют на группы 1, 2 и 3 (табл. 6).

По видам покрытий электроды подразделяются на следующие виды: с кислым покрытием – индекс А; с основным покрытием – индекс Б; с целлюлозным покрытием – индекс Ц; с рутиловым покрытием – индекс Р; с покрытием смешанного вида – соответствующее двойное условное обозначение; с прочими видами покрытий – индекс П. Если покрытие содержит железный порошок в количестве более 20 %, к обозначению вида покрытия добавляют букву Ж.

По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки электроды подразделяют на четыре вида: для всех положений – индекс 1; для всех положений, кроме вертикального сверху вниз – индекс 2; для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх – индекс 3; для нижнего и нижнего в лодочку – индекс 4.

Таблица 6

Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных сталей (выдержки из ГОСТ 9467-75)

Типы электродов	Механические свойства при нормальной температуре					Предельное содержание в наплавленном металле, %					
	металла шва или наплавленного металла			сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм		серы			фосфора		
	Временные сопротивления разрыву $\sigma_в$, мПа	Относительное удлинение, δ_5, %	Ударная вязкость $a_н$, Дж/м^2	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, мПа	Угол изгиба, град.	Группа электродов по ГОСТ 9466-75					
	Не менее					1	2	3	1	2	3
Э38	3,8	14	3	3,8	60	0,045	0,040	0.035	0,050	0,045	0,040
Э42	4,2	18	8	4,2	150						
Э46	4,6	18	8	4,6	150						
Э50	5,0	16	7	5,0	120						
Э42А	4,2	22	15	4,2	180	0,035	0,030	0,025	0,040	0,035	0.030
Э46А	4,6	22	14	4,6	180						
Э50А	5,0	20	13	5,0	150						
Э55	5,5	20	12	5,5	150						
Э60	6,0	18	10	6,0	120						
Э70	7,0	14	6	-	-						0,035
Э85	8,5	12	5	-	-						
Э100	10,0	10	5	-	-						
Э125	12,5	8	4	-	-						
Э150	15,0	6	4	-	-						

По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока, а также номинальному напряжению холостого хода, используемого источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц электроды подразделяются на виды, указанные в табл. 7.

С учетом приведенных данных условное обозначение электродов должно, содержать следующие данные, расположение которых указано на рис. 6: 1 –

тип; 2 – марка; 3 – диаметр, мм; 4 – назначение электродов; 5 – обозначение толщины покрытия; 6 – группа электродов; 7 – группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75; 8 – обозначение вида покрытия; 9 – обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки; 10 – обозначение рода применяемого при сварке или наплавке тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц; 11 – обозначение стандарта ГОСТ 9467-75; 12 – обозначение стандарта на типы электродов.

Таблица 7

Обозначения видов электродов в зависимости от рода и полярности сварочного тока

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение электродов	Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение электродов
	номинально	пределы отклонений			номинальное	пределы отклонений	
Обратная	—	—	0	Любая Прямая	70	±10	4 5
Любая			1	Обратная			6
Прямая	50	5	2	Любая Прямая	90	±5	7 8
Обратная				Обратная			9
Обратная			3				

Такое полное условное обозначение должно быть указано на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами.

Во всех видах документаций условное обозначение электродов должно состоять из марки, диаметра, группы электродов и обозначения стандарта ГОСТ 9466-75. Так, например, для электродов типа Э46А (по ГОСТ 9467-75), марки УОНИ-13/45, диаметром 3 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей У, с толстым покрытием Д, 2-й группы с установленной по ГОСТ 9467-75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, с основным покрытием Б, для сварки во всех пространственных положениях 1**,** на постоянном токе обратной полярности О полное обозначение будет иметь следующий вид:

$$\frac{Э46А - УОНИ - 13/45 - 3{,}0 - УД2}{Е - 432(5) - Б10}\text{-ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75,}$$

а обозначение в технических документах:

электроды УОНИ-13/45-3,0-2 -ГОСТ 9466-75.

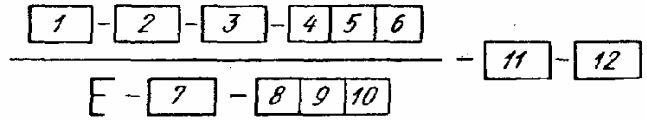


Рис. 6. Структура условного обозначения электродов согласно ГОСТ 9466-75

Сущность букв и цифр в знаменателе полного обозначения, характеризующих свойства наплавленного металла, указана в ГОСТ 9467-75. В ГОСТ 9467-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей» регламентировано 14 типов электродов для сварки конструкционных сталей и 9 типов электродов для сварки теплоустойчивых сталей.

Для сварки конструкционных сталей тип электрода содержит букву Э, вслед за которой цифрами указана величина временного сопротивления при разрыве, например: Э38, Э42, Э50 ... Э150. У некоторых типов электродов после цифр поставлена буква А, что характеризует более высокие характеристики пластичности наплавленного металла (табл. 5). Электроды этого типа регламентированы только по характеристикам механических свойств (δ_5; $\sigma_в$; $a_н$, угол загиба) и содержанию серы и фосфора в наплавленном металле.

Типы электродов для сварки теплоустойчивых сталей в своем обозначении содержат характеристики химического состава наплавленного металла; например: Э - 09М; Э - 09МХ; Э-09Х1М; Э-05Х2М; Э-09Х2М1; Э-09Х1МФ; Э-10Х1М1НФБ и т. д. Стандарт регламентирует эти электроды как по химическому составу наплавленного металла, так и по его механическим свойствам (δ_5; $\sigma_в$; $a_н$).

Согласно требованиям ГОСТ 9467-75 в условном обозначении электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву менее 600 МПа в знаменателе (во второй строке рис. 6) группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла, должна быть записана следующим образом: первые два индекса указывают минимальное значение величины $\sigma_в$ (МПа), а третий индекс одновременно условно характеризует минимальные значения показателей δ_5 и температуры $T_х$ при которой определяется ударная вязкость.

Таким образом, третья цифра будет означать 0 – δ_s <. 20 и $T_х$ не регламентированы; 1 – δ_5 = 20 % и $T_х$ = +20° С; 2 – δ_5 = 22 % и $T_х$ = 0°; 3 – δ_5 = 24 % и $T_х$ = -20° С; 4 – δ_5 = 24 % и $T_х$ = -30° С; 5 – δ_5 = 24 % и $T_х$ =-40° С; 6 – δ_5 = 24 % и $T_х$ = -50° С; 7 – δ_5 = 24 % и $T_х$ = - 60° С. Если показатели δ_5 и $T_х$ различны, то третий индекс соответствует минимальному значению показателя δ_5, а для $T_х$ вводится дополнительно, в скобках, четвертый индекс, характеризующий показатель $T_х$. Так, например, для электродов УОНИ-13/45 этот показатель был 432 (5), что соответствует $\sigma_в$ = 430 МПа; δ_5 = 22% и $T_х$ = -40° С.

В условном обозначении электродов для сварки сталей с $\sigma_в$ > 600 МПа группа индексов, обозначающих характеристики наплавленного металла и металла шва, указывает среднее содержание основных химических элементов в наплавленном металле и минимальную температуру, при которой ударная вязкость металла составляет не менее 3,5 Дж/м^2. Эта запись включает:

а) первый индекс из двузначного числа, соответствующего среднему содержанию углерода в сотых долях процента;

б) последующие индексы, каждый из которых состоит из буквенного обозначения соответствующего химического элемента и стоящего за ним числа, показывающего среднее содержание элемента в наплавленном металле (с погрешностью до 1 %);

в) последний индекс, характеризующий минимальную температуру, при которой $a_н \geq 3{,}5$ Дж/м^2.

У электродов для сварки теплоустойчивых сталей вслед за индексом, характеризующим $a_н$, вводится дополнительный индекс, который указывает максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности наплавленного металла и металла шва (0 – ниже 450°; 1 – 450 - 465°; 2 – 470 - 485°; 3 – 490 - 505°; 4 – 510 - 525°; 5 – 530 - 545°; 6 – 550 - 565°; 7 – 570 - 585°; 8 – 590 - 600°;9 – свыше 600°С).

Так, например, электроды для сварки теплоустойчивых сталей типа Э-09Х1МФ по ГОСТ 9467-75 имеют маркировку

$$\frac{Э-09Х11МФ-ЦЛ-20-4{,}0-ТД3}{Е-27-Б10}-\text{ГОСТ 9466-75 ГОСТ9467-75,}$$

т. е. марка покрытия ЦЛ-20, диаметр 4 мм, сварка теплоустойчивых сталей Т, толстое покрытие Д, 3-я группа, $T_х$ = 0° С (индекс 2) и температура эксплуатации 570–585° С (индекс 7), основное покрытие Б, сварка во всех пространственных положениях (индекс 1) на постоянном токе обратной полярности (индекс 0).

Органические соединения, используемые в покрытиях – мука, крахмал, декстрин, целлюлоза, дают в основном только газовую защиту. В качестве шлакообразующих добавок используют рутил, титановый концентрат, марганцевую руду, окислы марганца и железа чаще всего в виде руд (гематита, марганцевой руды), алюмосиликаты (гранит), полевой шпат, карбонаты (мрамор) и т. д.

Газовая защита обеспечивается за счет разложения органических составляющих и в результате образования углекислого газа при диссоциации мрамора (СаСОз) в процессе нагрева. Имеющиеся в покрытии ферросплавы связывают кислород, который отдают при нагревании шлакообразующие окислы, входящие в покрытие.

При плавлении кислых покрытий (А) большая часть введенных в них ферросплавов окисляется рудами; легирование металла кремнием и марганцем идет по схеме кремнемарганцевосстановительного процесса; оно не позволяет легировать металл элементами с большим сродством к кислороду.

Образующиеся шлаки, обычно кислые, не содержат CaO и не очищают металл от фосфора. В наплавленном металле много растворенного кислорода и неметаллических включений.

В результате швы обладают пониженной стойкостью против горячих трещин, ударная вязкость металла шва обычно не превышает 12 Дж/м^2. В связи с высоким содержанием в покрытии ферромарганца и окислов железа они более токсичны, так как аэрозоли в зоне сварки и зоне дыхания сварщика содержат большое количество вредных соединений марганца.

Основу рутиловых покрытий (Р) составляют шлакообразующий компонент - рутиловый концентрат TiO_2 (до 45 %), а также алюмосиликаты (слюда, полевой шпат и др.) и карбонаты (мрамор, магнезит); ферромарганца в покрытии обычно меньше 10 – 15 %. Газовая защита обеспечивается введением органических соединений (до 5 %), а также разложением карбонатов. Покрытия этого вида обеспечивают высокое качество металла шва, малотоксичны и обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами.

Покрытия основного типа (Б) в качестве основы содержат карбонаты (мрамор, мел, магнезит) и плавиковый шпат; газовая защита обеспечивается разложением карбонатов. Металл раскисляется марганцем, кремнием, титаном, вводимыми в покрытие в виде ферросплавов, или алюминием, вводимым в виде порошка.

Эти покрытия слабо окислительные, поэтому позволяют легировать металл шва элементами с большим сродством к кислороду. Наличие большого количества соединений кальция, хорошо связывающих серу и фосфор и выводящих их в шлак, обеспечивает высокую чистоту наплавленного металла, его повышенные пластические свойства, а легирование марганцем и кремнием обеспечивает высокую прочность. Швы, выполненные такими электродами, обладают высокой стойкостью против образования горячих трещин и наиболее высокой (по сравнению с любыми другими покрытиями) ударной вязкостью. Величина $a_н$ составляет не менее 13 Дж/м^2 и может достигать 25 Дж/м^2.

При использовании этих электродов металл шва склонен к образованию пор при загрязнении кромок маслом и ржавчиной, а также при увеличении толщины покрытия и длины дуги.

На базе покрытий основного типа (Б) обычно составляют композиции покрытий электродов для сварки ответственных конструкций из низколегированных и углеродистых сталей, среднелегированных сталей и всех электродов для сварки высоколегированных сталей.

Покрытия, наносимые на стержни слоем 0,8–1,5 мм на сторону, относятся к виду С или Д. Коэффициент массы покрытия электродов этого вида k = 0,3–0,45, а для покрытия типа тонкого (М) только 0,1. Покрытия кислого типа обеспечивают наплавленному металлу прочность и пластичность, соответствующую электродам типа Э42 и выше. Электроды, дающие наплавленный металл повышенной пластичности, могут быть получены только при основном покрытии.

Типу Э38 соответствуют электроды с тонким стабилизирующим, чаще всего меловым покрытием. Коэффициент массы такого покрытия 0,03-0,05. Оно практически не защищает металл от воздействия воздуха и предназначено только для стабилизации дуги (прежде всего при переменном токе). Вследствие низких механических свойств металла шва, недостаточно стабильного горения дуги (по сравнению с толстопокрытыми электродами) и невысокой производительности электроды с меловым покрытием применяют очень редко.

На основе электродов с особо толстым покрытием (Г) разработаны электроды для специальных целей.

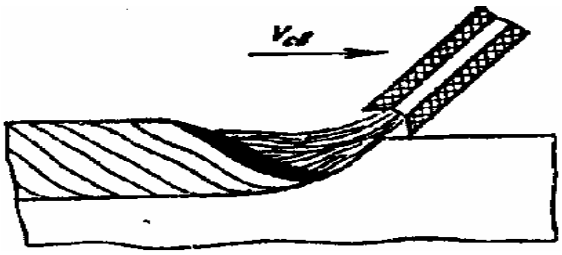


Рис. 7. Образование провара специальными электродами для сварки с глубоким проплавлением

В покрытие электродов для сварки глубоким проплавлением вводят повышенное количество органического вещества - целлюлозы (до 30 %), рутила, карбонатов и железа. Покрытие наносят слоем повышенной толщины (коэффициент массы покрытия 0,8–1). В результате этого при сварке на торце электрода образуется глубокая втулка (рисунок 7) из нерасплавившегося покрытия, что способствует направленному мощному потоку газов, выделяющихся в большом количестве при разложении органических веществ, а это обеспечивает оттеснение жидкого металла из-под дуги и более глубокое проплавление основного металла.

Введение в покрытие железного порошка до 20 % (покрытие с индексом Ж) улучшает технологические свойства электродов (стабильность дуги, равномерность расплавления покрытия и др.). При содержании порошка до 60% повышается производительность сварки, так как в шов вводится дополнительный металл. Коэффициент массы покрытий таких электродов составляет k = 1,2–1,8.

Для сварки лежачим и наклонным электродом применяют удлиненные электроды (до 2 м) диаметром до 8 мм. Покрытие этих электродов обычно также имеет повышенную толщину. Одному и тому же типу электрода могут соответствовать электроды с покрытиями различного вида и различным составом стержня. Покрытия одного вида могут иметь различный состав. Конкретный состав покрытия и стержня в данном электроде определяет так называемая марка электрода. Обозначения марок часто содержат начальные буквы названия организации, в которой были разработаны электроды, и порядковый номер.

Электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10052-75. Большое разнообразие служебного назначения этих сталей определяет и большой типаж электродов для их сварки. Стандартом предусмотрено 49 типов электродов для сварки хромистых и хромоникелевых сталей, коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких высоколегированных сталей мартенситно-ферритного, ферритного, аустенитно-ферритного и аустенитного классов.

В основу классификации электродов по типу положены химический состав наплавленного металла и механические свойства. Для некоторых типов электродов нормируется также содержание в структуре металла шва ферритной фазы, его стойкость против межкристаллитной коррозии и максимальная температура, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва.

Обозначения типов электродов состоят из индекса Э (электроды для дуговой сварки) и следующих за ним цифр и букв. Две цифры, следующие за индексом, указывают среднее содержание углерода в наплавленном металле в сотых долях процента. Цифры, следующие за буквенными обозначениями химических элементов, показывают среднее значение элемента в процентах (табл. 7).

Если содержание элемента в наплавленном металле менее 1,5 %, цифры не проставляют. При среднем содержании в наплавленном металле кремния до 0,8 % и марганца до 1,6 % буквы С и Г не ставят (тип Э-12Х11НВМФ в таблице 8). Показатели механических свойств приведены в состоянии после сварки либо после термообработки.

С учетом требований ГОСТ 9466-75 полное обозначение электродов этого типа, например Э-10Х25Н13Г2Б с покрытием марки ЦЛ-9, имеет следующий вид:

$$\frac{Э-10Х25Н13Г22Б-ЦЛ-9{,}5-ВД1}{Е-2075-Б30}$$ -ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75,

а в технической документации:

электроды ЦЛ-9-5,0-1-ГОСТ 9466-75.

Это обозначение имеет следующие данные: электроды типа Э-10Х25Н13Г2Б по ГОСТ 10052-75, марки ЦЛ-9, диаметром 5 мм для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами В, с толстым покрытием Д, 1-й группы, с установленной по ГОСТ 10052-75 группой индексов, характеризующих наплавленный металл 2075 (2 - стойкость металла против межкристаллитной коррозии при испытании по методу АМ; 0 - требований по максимальной рабочей температуре наплавленного металла и металла шва нет; 7- максимальная рабочая температура сварных соединений 910-1000° С, до которой допускается применение электродов при сварке жаростойких сталей, 5 - содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2–10 %).

Если структура наплавленного металла не двухфазная (А + Ф), числовой индекс, характеризующий наплавленный металл, будет содержать только три цифры. Далее Б означает основное покрытие, цифра 3 – пригодность для сварки в нижнем горизонтальном на вертикальной плоскости и в вертикальном снизу вверх положении, О – для сварки на постоянном токе обратной полярности.

Таблица 8

Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки некоторых марок высоколегированных сталей с особыми свойствами (выдержки из ГОСТ 10052-75)

Типы электродов	Химический состав наплавленного металла, %											Механические свойства металла шва и наплавленного металла		
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	V	прочие элементы	S	P	временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, мПа	относительное удлинение δ, %	ударная вязкость $a_н$, Дж/м^2
										Не более		Не менее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Э-12Х13	0.08-0.16	0.3-1.0	0.5-1.5	11.0-14.0	До 0.6	-	-	-	-	0.03	0.035	6.0	16	5
Э-10Х17Т	До 0.14	До 1.0	До 1.2	15.0-18.0	До 0.6	-	-	-	0.05-0.2 Ti	0.03	0.04	6.5	-	-
Э-12Х11НВМФ	0.09-0.15	0.3-0.7	0.5-1.2	10.0-12.0	0.6-0.7	0.6-0.9	-	0.2-0.4	0/8-1.3 W	0.03	0.035	7.5	14	5
Э-07Х20Н9	До 0.09	0.3-1.2	1.0-2.0	18.0-21.5	7.5-10.0	-	-	-	-	0.02	0.03	5.5	30	10
Э-08Х20Н9Г2Б	0.05-0.12	До 1.3	1.0-2.5	18.0-22.0	8.0-10.5	-	0.7-1.30	-	-	0.02	0.030	5.5	22	8
Э-08Х19Н9Ф2С2	До 0.10	1.0-2.0	1.0-2.0	17.5-20.5	7.5-10.0	-	-	1.5-2.30	-	0.03	0.035	6.0	225	88
Э-07Х19Н11М3Г2ф	До 0.09	До 0.6	1.5-3.0	17.0-20.0	9.5-12.0	2.0-3.5	-	0.35-0.75	-	0.02.	0.03	5.5	25	88
Э-10Х25Н13Г2Б	До 0.12	0.4-1.2	1.20 2.5	21.5-26.5	11.5-14.0	-	0.7-1.30	-	-	0.02	0.03	6.0	25	7
Э-09Х15Н25М6Г2Ф	0.06-0.12	До 0.7	1.5-3.0	13.5-17.0	23.0-27.0	4.5-7.0	-	0.9-1.60	-	0.02	0.02	6.5	30	10
Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т	0.22-0.32	До 0.7	1.5-2.5	13.5-16.0	33.0-36.0	-	1.7-2.5	-	0.05-0.25 Ti	0.018	0.03	6.5	20	5

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Э-08Х25Н60М10Г2	До 0.16	До 0.35	1.5-2.5	23.0-26.0	основа	8.5-11.0	-	-	До 0.05 Ti	0.015	0.02	6.5	24	12
Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	До 0.14	До 1.0	1.20 2.5	18.0-22.0	основа	1.2-2.7	1.5-3.0	-	0.1-0.3 W	0.015	0.02	6.5	25	-

Существует также стандарт на электроды для наплавки ГОСТ 10051-75 «Электроды металлические для дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами», который регламентирует 43 типа электродов для наплавочных работ. В этом стандарте регламентирован химический состав наплавленного металла и его твердость. Особенности обозначения этих электродов видны из примера, приведенного в табл. 9. Так, например, электрод Э-65Х11Н3 означает электрод наплавочный, со средним содержанием 0,65 % С, 11% Сг, 3 % Ni, дающий наплавленный металл с твердостью не ниже 25–33 единиц по шкале С Роквелла (HRC).

Таблица 9

Некоторые типы электродов для дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (выдержки из ГОСТ 10051-75)

Типы электродов	Химический состав наплавленного металла, %							Твердость при нормальной температуре.
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Прочие элементы	
Э-10Г3	0.08-0.12	До 0.15	2.90-3.60	-	-	-	-	28-35
Э-15Г5	0.13-0.18	До 0.15	4.20-5.00	-	-	-	-	40-44
Э-35Х9С3	0.25-0.45	1.80-3.20	0.40-1.00	8.00-11.00	-	-	-	52-58
Э-80Х4С	0.70-0.90	1.00-1.50	0.50-1.00	3.50-4.20	-	-	-	56-62
Э-65Х11Н3	0.50-0.80	До 0.30	До 0.70	10.00-12.00	2.50-3.50	-	-	25-33
Э-100Х12М	0.85-1.15	До 0.50	До 0.51	11.00-13.00	-	0.40-0.60	-	53-60
Э-320Х23С2ГТР	2.90-3.50	2.00-2.50	1.00-1.50	22.00-24.00	-	-	0.50-1.50 Ti 0.50-1.50 B	55-62
Э0350Х26Г2Р2СТ	3.10-3.90	0.60-1.20	1.50-2.50	23.00-29.00	-	-	1.80-2.50 B 0.20-0.40 Ti	58-63
Э-225Х10Г10С	2.00-2.50	0.50-1.50	8.00-12.00	8.00-12.00	-	-	-	40-50
Э-09Х31Н8АМ2	0.06-0.12	До 0.50	До 0.50	30.00-33.00	7.00-9.00	1.80-2.40	0.30-0.40 N_2	40-48
Э-200Х29Н6Г2	1.60-2.40	0.30-0.60	1.50-3.00	26.00-32.00	5.00-8.00	-	-	40-50

Принцип обозначения химического состава наплавленного металла прежний – углерод дан в сотых долях процента, среднее содержание основных химических элементов указано с точностью до 1 % после следующих буквенных символов: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С - кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром. Показатели твердости наплавленного металла в зависимости от типа электрода даны либо в исходном поело наплавки состоянии, либо после термообработки.

Для характеристики твердости наплавленного металла предусмотрено два цифровых индекса: первая цифра характеризует твердость (0 – не менее HRC 19; 1 – HRC 19-27; 2 – HRC 28-33; 3 – HRC 34-38; 4 – HRC 39-44; 5 – HRC 45-50; 6 – HRC 51-56; 7 – HRC 57- 60; 8 – HR*C* 61–63; 9 – свыше HRC 63); вторая цифра показывает условия получения регламентируемой твердости (1 – в состоянии после наплавки, 2 – после термообработки). С учетом сказанного и согласно ГОСТ 9466–75, например, электрод типа Э-ЮГЗ будет иметь полное обозначение в следующем виде:

$$\frac{Э-10Г3-О3Н-300У-4{,}0-НД1}{Е-300/2-1-Б40}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75,

и в технических документах электроды:

ОЗН - ЗООУ - 4,0 -1 - ГОСТ 9466-75.

Здесь указано: тип электрода Э-10ГЗ по ГОСТ 10051-75, марки ОЗН - ЗООУ, диаметром 4 мм, для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (Н), с толстым покрытием Д, 1-й группы с установленной по ГОСТ 10051-75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла 300/2-1, что означает среднюю твердость HV 300 (HRC32 – индекс 2) в исходном состоянии после наплавки (индекс 1), с основным покрытием (Б), для наплавки в нижнем положении (4) на постоянном токе обратной полярности (0).

Ввиду малого объема применения электродов для ручной сварки меди и ее сплавов, алюминия и алюминиевых сплавов ГОСТов на них нет.

Металлические стержни электродов для сварки меди и ее сплавов изготовляют из сварочной проволоки и прутков согласно ГОСТ 16130-90 или литых стержней другого состава. В состав покрытия могут входить такие же компоненты, как и в покрытия электродов для сварки сталей (шлакообразующие, раскислители и т. д.). Сухую шихту также замешивают на жидком стекле.

Металлические стержни электродов для сварки алюминия и его сплавов изготовляют из сварочной проволоки (ГОСТ 7871-75). Основу покрытия составляют галлоидные соли щелочных и щелочноземельных металлов и криолит. Сухую шихту замешивают на воде или водяном растворе поваренной соли, так как при использовании жидкого стекла ввиду его химического взаимодействия с компонентами шихты замес быстро твердеет. Кроме того, кремний, восстанавливаясь из жидкого стекла в металл шва, ухудшает его свойства.

Металлические стержни электродов для сварки чугуна могут быть стальными, из медно-никелевых сплавов, комбинированными (медно-стальными, железоникелевыми). В этих случаях для покрытия электродов используют те же компоненты, что и для стальных электродов. В покрытие электродов со стальным стержнем вводят углерод, кремний и другие графитизаторы, титан, ванадий и т. п. как карбидообразующие. Применяют и электроды, металлические стержни которых изготовляют из чугуна, отлитого в кокиль или песчаную форму. Сухие компоненты покрытия замешивают на жидком стекле. При изготовлении электродов для сварки меди, алюминия и чугуна, покрытие на металлический стержень наносят методом окунания.

4. ФЛЮСЫ СВАРОЧНЫЕ

Сварочными флюсами называют специально приготовленные неметаллические гранулированные порошки с размером отдельных зерен 0,25–4 мм (в зависимости от марки флюса). Флюсы, расплавляясь, создают газовый и шлаковый купол над зоной сварочной дуги, а после химико-металлургического воздействия в дуговом пространстве и сварочной ванне образуют на поверхности шва шлаковую корку, в которую выводятся окислы, сера, фосфор, газы.

В зависимости от свариваемых металлов и требований, предъявляемых при этом к металлургическим процессам, флюсы могут иметь самые различные композиции. Флюсы принято разделять в зависимости от способа их изготовления, назначения и химического состава. По способу изготовления флюсы разделяют на неплавленые (керамические) и плавленые.

Технология изготовления керамических флюсов сходна с технологией изготовления покрытий электродов. Сухие компоненты шихты замешивают на жидком стекле, полученную массу измельчают путем продавливания ее через сетку на специальном устройстве типа мясорубки, сушат, прокаливают при тех же режимах, что и электродные покрытия и просеивают для получения частиц зерен определенного размера. Частицы сухой смеси компонентов могут скрепляться спеканием при повышенных температурах без расплавления. Полученные комки гранулируют до необходимого размера (так называемые спеченные флюсы).

Неплавленые флюсы могут быть приготовлены и в виде простой механической смеси (флюсы – смеси). Из группы неплавленых флюсов наибольшее распространение получили керамические флюсы, состав которых близок к составу покрытий основного типа. Легирование металла такими флюсами достигается введением в них необходимых ферросплавов. Флюсы при изготовлении не подвергаются операции расплавления, поэтому количество и сочетание ферросплавов и других легирующих элементов может быть различным, что позволяет легко получать любой требуемый состав металла наплавки.

Эта особенность флюсов является главным их преимуществом. Однако при использовании таких флюсов химический состав металла шва сильно

зависит от режима сварки. Изменение величины сварочного тока, и особенно напряжения дуги, изменяет соотношение масс расплавленных флюса и металла, а следовательно, и состав металла шва, который может быть неоднородным даже по длине шва.

Керамические флюсы обладают и другим серьезным недостатком – легко разрушаются вследствие малой механической прочности его частиц, что делает его разнородным по размерам. Эти флюсы имеют большую стоимость и при сварке обычных сталей не применяются. Основная область их использования – сварка высоколегированных специальных сталей и наплавочные работы.

Плавленые флюсы представляют собой сплавы окислов и солей металлов. Процесс изготовления их включает следующие стадии: расчет и подготовку шихты, выплавку флюса, грануляцию, сушку после мокрой грануляции и просеивание. Предварительно измельченные и взвешенные в заданной пропорции компоненты смешивают и загружают в дуговые или пламенные печи. После расплавления и выдержки, необходимой для завершения реакций, жидкий флюс при температуре около 1400° С выпускают из печи.

Грануляцию можно осуществлять сухим и мокрым способами. При сухом способе флюс выливают в металлические формы, после остывания отливку дробят в валках до крупки размерами 0,1-3 мм, затем просеивают. Сухую грануляцию применяют для гигроскопичных флюсов (содержащих большое количество фтористых и хлористых солей). Преимущественно это флюсы для сварки алюминиевых и титановых сплавов. При мокром способе грануляции выпускаемый из печи тонкой струёй жидкий флюс направляют в бак с проточной водой. В некоторых случаях струю флюса дополнительно над поверхностью воды разбивают сильной струёй воды.

Высушенную при температуре 250-350° С массу дробят и пропускают через два сита с 16 и 400 отверстиями на 1 $см^2$. Остаток на втором сите представляет собой готовый флюс. Обычно это неровные зерна от светло-серого до красно-бурого или коричневого цвета (в зависимости от состава).

Хранят и транспортируют флюсы в стальных бочках полиэтиленовых мешках и другой герметичной таре.

Принципиальное отличие плавленого флюса от керамического состоит в том, что плавленый флюс не может содержать легирующих элементов в чистом виде, так как в процессе выплавки они неизбежно окислятся. Легирование плавленными флюсами происходит путем восстановления элементов из окислов, находящихся во флюсе.

В основу классификации флюсов по химическому составу положено содержание в них окислов и солей металлов. Различают окислительные флюсы, содержащие в основном окислы MnO и SiO_2. Для получения необходимых свойств флюса в него вводят и другие составляющие, например плавиковый шпат а также весьма прочные окислы CaO, MgO, Al_20_3, которые в сварочных условиях практически не реагируют с металлом.

Чем больше содержится во флюсе MnO и SiO_2, тем сильнее флюс может легировать металл кремнием и марганцем, но и одновременно тем сильнее он

окисляет металл. Чем сложнее легирована сталь, тем меньше должно содержаться во флюсе MnO и $Si0_2$ в противном случае недопустимо возрастает окисление легирующих элементов в стали; нежелательным может быть и дополнительное легирование металла кремнием и марганцем. Поэтому окислительные флюсы преимущественно применяют при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Безокислительные флюсы практически не содержат окислов кремния и марганца или содержат их в небольших количествах. В них входят фториды CaF_2 и прочные окислы металлов. Их преимущественно используют для сварки высоколегированных сталей.

Бескислородные флюсы целиком состоят из фторидных и хлоридных солей металлов, а также других составляющих, не содержащих кислород. Их используют для сварки химически активных металлов (алюминия, титана и др.).

В связи с широким применением плавленых флюсов на основные .марки флюсов существует ГОСТ 9087-81 «Флюсы сварочные плавленые», в котором регламентирован химический состав 10 марок плавленых флюсов, указаны цвет, строение и размеры зерна и даны рекомендации по области их применения (табл. 10).

Для двух марок флюсов АН-20 и АН-26 сделано разделение не только по размеру зерна, но и в зависимости от строения зерен флюса – стекловидного или пемзовидного характера. Строение зерен флюса зависит от состава расплава флюса, степени перегрева в момент выпуска в воду, в связи с чем флюс может получиться плотным, с прозрачными зернами – «стекловидный», либо пористым, рыхлым – «пемзовидным». Пемзовидный флюс при том же составе имеет в 1,5-2 раза меньший удельный вес. Эти флюсы хуже защищают металл от действия воздуха, но обеспечивают лучшее формирование швов при больших силах тока и скоростях сварки.

Флюсы различают также и по размеру зерен. Так, флюсы АН-348-А; ОСЦ-45; АН-20-С; АН-26-П имеют размер зерен 0,35-3 мм; флюсы АН-348-АМ; ОСЦ-45-М; ФЦ-9; АН-20-0 25-1,6 мм; флюсы АН-8; АН-22 и АН-26С - 0,35-4 и флюс АН-26-СП - 0,25-4 мм. Стекловидные флюсы с размером зерен не более 1,6 мм предназначены для сварки электродной проволокой (диаметром не свыше 3 мм).

В обозначении марки флюса буквы означают: М – мелкий, С – стекловидный, П – пемзовидный, СП – смешанный. Пример условного обозначения флюса по стандарту: флюс АН-348-АМ- ГОСТ 9087-81.

Так как химический состав металла шва тесно связан с химической активностью флюса и составом сварочной проволоки, флюс для сварки различных марок углеродистой и низколегированной стали и марку проволоки выбирают одновременно, т. е. выбирают систему флюс – проволока. Для предупреждения образования в швах пор металл швов должен содержать не менее 0,2–0,4 % кремния и марганца. Это и определяет систему выбора флюса и сварочной проволоки. В настоящее время используют три основные системы.

1. Низкоуглеродистая электродная проволока (Св-08, Св-08А и т. п.) и высокомарганцовистый (35-45 % MnO) флюс с высоким содержанием кремнезема (40-45 % SiO_2). Легирование шва кремнием и марганцем происходит за счет кремнемарганцевосстановительных процессов, количество восстанавливаемого из флюса в шов легирующего элемента сравнительно невелико (Si ≤ 0,4 %; Mn ≤ 0,7 %). При использовании керамического флюса легирование металла шва марганцем и кремнием происходит путем их введения во флюс в виде ферросплавов.

2. Низкоуглеродистая проволока, легированная до 2 % Mn (типа Св-10Г2), и высококремнистый (кислый) флюс, содержащий 40-42 % SiO_2, и не более 15 % MnO. В этом случае легирование шва марганцем происходит за счет проволоки, а кремнием - за счет восстановления его из флюса.

3. Среднемарганцовистая электродная проволока (≈1 % Mn) и среднемарганцовистый (≈ 30 % Mn) кислый флюс. Легирование металла шва марганцем происходит за счет проволоки и марганцевосстановительного процесса из флюса, кремнием – за счет кремневосстановительного процесса из флюса. Другие марки флюса, предназначенные для сварки различных высоко- или сложнолегированных сталей и цветных металлов, не стандартизованы и поставляются по различным ведомственным техническим условиям (таблица 10).

Для электрошлаковой сварки применяют флюсы общего назначения (АН-348-А, АН-22, 48-ОФ-6, АНФ-5) и флюсы, предназначенные именно для данного процесса (АН-8 и АН-25). Содержание в этих флюсах окислов титана обеспечивает высокую электропроводность их в твердом состоянии, что важно в начале процесса, при возбуждении дуги для создания начального объема шлаковой ванны. Лучшим с технологической точки зрения является флюс АН-8.

При механизированной сварке меди и ее сплавов успешно используют обычные марки флюсов ОСЦ-45, АН-348-А, АН-20, АН-26, т. е. флюсов, широко применяемых для сварки сталей. Для сварки алюминия и его сплавов по слою флюса разработаны две основные марки бескислородных флюсов: АН-А1 и АН-А4 (табл. 12).

Таблица 10

Флюсы сварочные плавленые (выдержки из ГОСТ 9087-69)

Марка флюса		Содержание (не более), % по массе											Назначение
		SiO_2	MnO	CaO	MgO	Al_2O_3	CaF_2	K_2O и Na_2O	Fe_2O_3	S	P	C	
Ан-348-А	Сильноокислительные флюсы	41-44	34-38	6.5	5-7..5	4.5	4-5.5	-	2.0	0.15	0.12	-	Сварка углеродистых и низколегированных сталей углеродистой и низколегированной проволокой диаметром более 3 мм
ОСЦ-45		38-44	38-44	6.5	2.5	5.0	6-9	-	2.0	0.15	0.15	-	
АН-60		42.5-46.5	36-41	3-11	0.5-3.0	5.0	5-8	-	1.5	0.15	0.15	-	
АН-348-АМ	Слабоокислительные флюсы	41-44	34-38	6.5	5-7.5	4.5	3.5-4.5	-	2.0	0.15	0.12	-	Тоже, проволокой диаметром до 3 мм
ОСЦ-45М		38-44	38-44	6.5	2.5	5.0	6-9	-	2.0	0.15	0.10	-	
ФЦ-9		38-41	38-41	6.5	2.5	10-13	2-3	-	2.0	0.10	0.10	-	
АН-8		33-36	21-26	4-7	5-7.5	11-15	13-19	-	1.5-3.5	0.15	0.15	-	Электрошлаковая сварка
АН-20		10-24	0.5	3-9	9-13	27-32	25-33	2-3.0	1.0	-.-8	0.05	-	Сварка легированных сталей
АН-22		18-21.5	7-9	12-15	11.5-15	19-23	20-24	1-2	1.0	0.05	0.05	-	
АН-26		29.0-33.0	2.5-4.0	4-8	15-18	19-23	20-24	-	1.5	0.10	0.10	0.05	Сварка коррозионностойких и жаропрочных легированных сталей

Таблица 11

Флюсы сварочные плавленые безокислительные и бескислородные

Марка флюса	Особенности	Содержание (не более), % по массе										Примерное назначение
		SiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	CaF_2	NaF	FeO	S	P	
АН-30	Безокислительный	2--5	-	39-44	16-20.5	13-16	19-23	-	1.0	0.08	0.05	Сварка хромоникелевых сталей
АН-70	То же	8.0	-	30-40	25-35	-	20-30	1-3	-	0.09	0.05	Наплавка высоколегированных сталей
48-ОФ-6	То же	3.5-6.0	0.3	20-24	16-20	2.0	50-60	-	1.0	0.025	0.025	Дуговая и электрошлаковая сварка хромоникелевых сталей при работе сварных соединений в сильно агрессивной среде
АНФ-8	То же	2.0	-	25-35	12-18	-	45-55	-	1.0	0.05	0.05	
АНФ-5	Бескислородный	2.0	-	-	-	-	75-80	17-25	1.0	0.05	0.05	

Таблица 12

Составы флюсов, предназначенных для сварки алюминия и его сплавов, титана и его сплавов

Марка флюса	Состав, %	Назначение
АН-А1	Хлористый калий-50 Хлористый натрий-20 Криолит -30	Дуговая сварка алюминия
АН-А4	Хлористый калий-50 Криолит-30 Хлористый литий-20	Дуговая сварка алюминиево-магниевых сплавов
АН-А301 АН-А302 АН-304	Хлористый калий-20-60 Хлористый литий-10-40 Хлористый барий-5-30 Фтористый литий 2-20	Электрошлаковая сварка алюминия
АН-Т1	Фтористый кальций-79.5 Хлористый барий-19 Фтористый натрий-1.5	Дуговая сварка титана толщиной 2-8 мм
АН-Т3	Фтористый кальций-85.5 Хлористый барий-10 Фтористый натрий-1.5	Дуговая сварка титана толщиной 2-8 мм

Эти флюсы изготовляют сплавлением входящих в их состав солей или механическим их смешиванием. Флюс АН-А1 пригоден только для сварки алюминия. При сварке алюминиево-магниевых сплавов натрий, входящий в состав флюса в виде NaCI, попадая в сварочную ванну, восстанавливается магнием, что приводит к пористости швов, а это существенно снижает

пластичность металла шва. По указанной причине для сварки алюминиево-магниевых сплавов применяют флюс АН-А4, который не содержит солей натрия. Для электрошлаковой сварки алюминия также разработаны специальные флюсы.

При сварке титана используют бескислородные флюсы типа АН-Т1, АН-Т3 и др., в состав которых в основном входят фтористые и хлористые соединения. Фтористые соединения могут реагировать с окислами титана и растворять их, но для обеспечения необходимых технологических свойств флюса в них вводят хлористые соединения.

5. ЗАЩИТНЫЕ ГАЗЫ

Защитные газы делятся на две группы: химически инертные и активные. Газы первой группы с металлом, нагретым и расплавленным, не взаимодействуют и практически не растворяются в них. При использовании этих газов дуговую сварку можно выполнять плавящимся или неплавящимся электродом. Газы второй группы защищают зону сварки от воздуха, но сами либо растворяются в жидком металле, либо вступают с ним в химическое взаимодействие.

Ввиду химической активности углекислого газа по отношению к нагретому вольфраму (окисление и разрушение вольфрама) для дуговой сварки в углекислом газе используют плавящиеся электроды или неплавящиеся (угольные или графитовые).

К химически инертным газам, используемым при сварке, относятся аргон и гелий (табл. 13). Из химически активных газов основное значение имеет углекислый газ.

Таблица 13

Свойства инертных газов - аргона и гелия

Газ	Атомный вес	Плотность при 20 °С, кг/м^3	Температура кипения, °С	Коэффициент теплопроводности, кал/см • с • °С	Потенциал ионизации, В
Аргон	39,944	1,662	—185,5	$0{,}378 \cdot 10^{-4}$	15,7
Гелий	4,003	0,1785	—268,9	$3{,}32 \cdot 10^{-4}$	24,5

Аргон – газообразный чистый поставляется по ГОСТ 10157-79 трех сортов: высший, первый и второй. Содержание аргона соответственно равно: 99,99 %; 99,98 %; 99,95 %. Примесями служат кислород, азот и влага.

Хранится и транспортируется аргон в газообразном виде в стальных баллонах под давлением 150 атмосфер, т. е. в баллоне находится 6,2 м^3 газообразного аргона в пересчете на температуру 20 °С и давление 15 МПа. Возможна также транспортировка аргона в жидком виде в специальных цистернах или сосудах Дьюара с последующей его газификацией. Баллон для хранения аргона окрашен в серый цвет, надпись зеленого цвета.

Аргон высшего сорта предназначен для сварки химически активных металлов (титана, циркония, ниобия) и сплавов на их основе. Аргон первого сорта рекомендуется для сварки неплавящимся электродом сплавов алюминия, магния и других металлов, менее чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон второго сорта используют при сварке коррозионно-стойких сталей.

Гелий – газообразный чистый поставляют по техническим условиям ТУ 51-689-75. Содержание примесей в гелии высокой частоты не более 0,02 %, в техническом до 0,2 %. Примеси: азот, водород, влага. Хранят и транспортируют гелий так же, как и аргон, в стальных баллонах водяной емкостью 40 л при давлении 150 атмосфер. Цвет баллона коричневый, надпись белого цвета. В связи с тем, что гелий в 10 раз легче аргона, расход гелия при сварке увеличивается в 1,5-3 раза.

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050-85. Для сварки используют сварочную углекислоту сортов I и II, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,178 и 0,515 H_2O в 1 $м^3$ CO_2). Применяют иногда и пищевую углекислоту, имеющую в баллоне в виде примеси свободную воду, в связи с чем требуется особенно тщательное осушение газа. Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой емкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением сварочных постов через рампы. В баллоне емкостью 40 л содержится 25 кг CO_2, дающего при испарении 12,5 $м^3$ газа при давлении 10 МПа. Баллон окрашен в черный цвет, надписи желтого цвета. При применении углекислого газа вследствие большого количества свободного кислорода в газовой фазе сварочная проволока должна содержать дополнительное количество легирующих элементов с большим сродством к кислороду, чаще всего Si и Mn (сверх того количества, которое требуется для легирования металла шва). Наиболее широко применяется проволока Св-08Г2С. При применении защитных газов следует учитывать технологические свойства газов (например, значительно больший расход гелия, чем аргона), влияние на форму проплавления и форму шва и стоимость газов. Стремление уменьшить повышенное разбрызгивание металла и улучшить формирование шва при сварке в углекислом газе дало толчок к применению смесей углекислого газа с кислородом (2-5 %). В этом случае изменяется характер переноса металла (он переходит в мелкокапельный); потери металла на разбрызгивание уменьшаются на 30-40 %.

При сварке сталей по узкому зазору с целью стабилизации процесса сварки и уменьшения расхода дорогого и дефицитного аргона вполне целесообразно применение двойных смесей (75 % Ar + 25 % CO_2) и тройных смесей (аргона, углекислого газа и кислорода). Для алюминиевых сплавов весьма эффективно с точки зрения производительности применение смеси, состоящей из 70 % He и 30 % Ar. В этом случае значительно увеличивается толщина металла, свариваемого за один проход, и улучшается формирование шва. Газовые защитные смеси имеют весьма значительные перспективы, но широкое их применение требует организации централизованного снабжения сварочного

производства смесями нужного состава. Только в этом случае применение смесей может дать значительный экономический эффект.

6. МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Материал и конструкция электродов определяют качество сварного соединения, а в некоторых случаях и возможность ведения процесса контактной сварки.

Требования к материалам электродов контактных машин целесообразно рассматривать в зависимости от их конкретного назначения. Например, электроды точечных и шовных машин работают при высокой плотности тока (до 250-300 А/мм^2). Материал электродов этой группы должен обладать высокой электро – и теплопроводностью, малой склонностью к взаимодействию с металлом свариваемых деталей, особенно при сварке легких сплавов, большой твердостью и высокой температурой рекристаллизации при сварке коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов. Электропроводность электродов не ниже 70 % электропроводности меди при твердости НВ 100-160 и температуре рекристаллизации 250-500º С. Чем выше электропроводность и твердость свариваемых материалов, тем выше должны быть эти показатели у материалов электрода (ГОСТ 14111-90) (ИСО 5184-79).

Электроды контактных машин для стыковой и рельефной сварки работают при сравнительно малых плотностях тока (до 12-15 А/мм^2). К материалам этих электродов предъявляют пониженные требования по тепло- и электропроводности (до 35 % электропроводности меди) и повышенные требования по твердости в условиях эксплуатации (НВ до 180-200). Последнее условие позволяет обеспечить меньший износ электродов, более точную центровку заготовок при стыковой сварке и более равномерное распределение сил и тока при групповой рельефной сварке.

Для изготовления электродов применяют холоднокатаную технически чистую медь. Однако при высокой тепло - и электропроводности она имеет низкое сопротивление деформации при повышенной температуре, в связи с чем наибольшее распространение получили различные сплавы на медной основе. Наилучшим комплексом свойств обладают дисперсионно-твердеющие электродные сплавы. В качестве легирующих элементов используют Cr, Cd, Zr, Mg, Zn, Ag, Co. Для сохранения высокой тепло- и электропроводности их количество обычно не превышает 1–1,5 %. Для упрочнения в сплавы вводят Ni, Si, Fe, а для повышения температуры рекристаллизации – в малых количествах B, Be, Ti, Zr. Сопротивление меди окислению при 500–700º С можно повысить небольшими добавками Al, Mg, Be. Присадка серебра и магния в медь способствует увеличению числа сваренных точек без потемнения поверхности изделия из алюминиевых сплавов.

Наиболее высокой электропроводностью обладают сплавы БрКд1 (МК) и МС1, применяемые в наклепанном состоянии для сварки алюминиевых и магниевых сплавов. При сварке сплавов АМг6Н, АМц и Д16 большей стойкостью по сравнению с кадмиевой бронзой обладают медные сплавы

высокоэлектропроводные с малыми добавками серебра или магния и бора, имеющие мелкозернистую структуру. Незначительные добавки серебра (≈0.1%) повышают температуру рекристаллизации меди на 100-150ºС при снижении электропроводности на 1 %. Для значительного повышения стойкости электродов при сварке алюминиевых сплавов в медно-магниевый сплав (Mg до 0.3 %) вводят до 0,01 %В. Можно также применять электроды с цирконием (0,27-0,31 % Zr, остальное медь). Предложенные для сварки алюминиевых и магниевых сплавов металлокерамические электроды системы $Cu\text{-}Al_2O_3$ с содержанием окислов около 3% имеют электропроводность не менее 80 % электропроводности технически чистой меди, твердость НВ 105-108 и температуру рекристаллизации 600-650º С. Электроды из этого материала применяют без дополнительной термомеханической обработки. Высокая температура разупрочнения позволяет замедлить процесс химического взаимодействия со свариваемым материалом – потемнение поверхности детали из сплава Амг6 наступает через 80-90 точек. При применении электродов из сплава БрКд1 аналогичный эффект обнаруживается через 18-20 точек.

Для сварки сталей и титановых сплавов используют более твердые, но не менее электропроводные сплавы меди с хромом и добавками Cd, Al, Mg, Zr. Среди них наибольшее распространение нашли дисперсионно-твердеющие сплавы БрХ, БрХЦр, Мц5Б, упрочняемые термомеханической обработкой. Сплав Мц5Б является наиболее универсальным, его можно использовать при сварке большинства рассматриваемых материалов. Сплав Мц4 применяют в основном для литья фигурных электродов. Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей одним из лучших является сплав меди с 0,25-0,45 % Cr и добавками Zr и Ti (по 0,04-0,08 %). Такой сплав обеспечивает в термически обработанном состоянии крупнозернистую структуру, твердость НВ 140-150, высокую пластичность в интервале рабочих температур и электропродность 70-80 % электропроводности технически чистой меди.

Наиболее высокой твердостью и жаропрочностью из сплавов на основе меди обладает бронза БрНБТ, применяемая для сварки жаропрочных сталей, никелевых и кобальтовых сплавов. Для сварки материалов с высоким электросопротивлением, преимущественно коррозионно-стойких и жаропрочных сталей при соотношении толщин более 2:1, а также для сварки материалов с резко различными теплофизическими свойствами предложен сплав: 2-3 % Ni; 0,2-0,6 %Ti; 0,3-0,6 % Be; 1,5-2 % Fe; 0,1-0,25 % B, остальное медь. Условиям работы электродов для стыковой и рельефной сварки наиболее удовлетворяют сплавы БрНБТ, ЭВ, БрАЖН11, БрКН1- 4.

Особую группу материалов представляют W, Mo, эльконайт ВМ и др. Они имеют высокую твердость и жаропрочность, целесообразную для вставок составных электродов при рельефной сварке, и низкую электро - и теплопроводность, используемую, например, при сварке деталей с большой разницей толщин, деталей из разнородных металлов, а также металлов (латунь, медь, серебро), имеющих малое удельное электросопротивление.

Таблица 14

Химический состав, основные свойства и область применения материалов для электродов контактных машин

Материал электродов	Содержание легирующих элементов, % (остальное медь)	Вид ТМО *	Электро-проводность (к технически чистой отожженной меди)	Твер-дость по НВ **	Температура рекристал-лизации, ºС	Область применения
1	2	3	4	5	6	7
Медь холоднотянутая М1	-	Д, 50%	98	80	200	Электроды для точечной и шовной сварки Al и Cu сплавов
Сплав меди с серебром МС1	0,07-0,12 Ag	Д, 50%	97-99	90-100	350	
Сплав меди с магнием и бором	До 0,3 Mg, до 0,1 B	З, 960º, 1,5 ч Д, 40-50% О,460º,5ч	92	110	350-390	
БрКд1 (МК)	0,9-1,2 Cd или 0,4-0,7 Cd	З,760-80º, 2-3ч, Д,40-60%	85-90	95-115	250-300	
БрЦр	До 0,37 Zr	З,920-960º Д. 50%, О,450-460º, 5ч	90-95	130-150	480	Электроды для точечной, шовной, стыковой и рельефной сварки легких сплавов, сталей различных марок, титана, никеля, бронз, латуней
Бронза хромо-кадмиевая Мц5Б (БрХкД-0,5-0,3)	0,2-0,4 Cr 0,2-0,35 Cd	З,940-960, 0,5-1 ч Д,20-30% О,470-490º, 4 ч	80-95	110-130	350-400	
Бронза хромоциркониевая БР ХЦр-0,6-0,05	0,5-0,7 Cr 0,03-0,06 Zr	З,940-960º, 1-1,5 ч Д, 40-60% О. 470-490º, 4 ч	80-82	140-160	500	Электроды для шовной и точечной сварки низколегированных сталей, латуни, никеля, титана, бронз Губки стыковых машин
Бронза хромовая БрХ	0,4-1,0 Cr (в прутках 0,4-0,7 Cr)	З.980-1000º 1,5-2 ч Д. 15-30% О.460-480º, 5 ч	80-85	140-180	370-420	

Продолжение табл. 14

1	2	3	4	5	6	7
Сплав Мц4	0,4-0,8 Cr 0,1-0,2 Al 0,1-0,2 Mg	З.1000-1200º, 1-1,5ч О.470-490º, 4ч	75-78	110-120	400	Электроды для шовной, точечной и стыковой сварки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей, титана
Бронза никельберил лийтитано вая БрНБТ	1,4-1,6 Ni 0,2-0,4 Be 0,05-0,15 Ti	З.900-950º, 2-2,5ч О.475-550º, 2-3ч	50-55	170-220	500-510	
Бронза кремненике левая БрКН-1-4 (или БрКН-0,5-0,25)	0,6-1,0 Si 3-4 Ni	-	40-45	140	430-450	Электроды для шовной, стыковой и рельефной сварки с большой тепловой нагрузкой и большим истиранием
Бронза алюминийже лезоникеле вая БрАЖН11	1,1-1,2 Al 3,5-4,0 Fe 0,4-0,6 Ni	-	40	225	550	
Эльконайт БМ	70-80 W	Спекание	25-30	200-220	900	Вставки в электроды для точечной, рельефной и стыковой сварки. Электроды для сварки серебра, платины, меди и луженой стали
Молибден	98-99 Mo	-	34-37	250-300	850	
Вольфрам	100 W	-	30-32	440-450	1000	
• З - закалка (нагрев, выдержка), Д - пластическая деформация, О – отпуск (нагрев, выдержка); охлаждение после закалки в воде, после отпуска – на воздухе. ** Твердость указана после термомеханической обработки.						

В зарубежной практике из высокоэлектропроводных материалов для электродов контактных машин применяют кадмиевую(1 % Cd) и циркониевую (0,15 % Zr) бронзы, медь с присадками серебра до 1 %, теллура и др. Хромовые бронзы с небольшими добавками (до 0,1 %) циркония рекомендуются как лучшие по стойкости для сварки углеродистых сталей. Для сварки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей наибольшее распространение нашли сплавы на основе тройной системы Cu-Co-Be (2–2,5 % Co; 0,3–0,5 Be; остальное Cu).

7. ЧУГУННЫЕ ПРУТКИ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Чугунные прутки для газовой сварки и наплавки серого чугуна и электродные стержни для дуговой сварки и наплавки чугуна изготавливают в соответствии с ГОСТ 2671-70*.

В зависимости от назначения чугунные прутки подразделяются на следующие марки:

А – для горячей газовой сварки;

Б – для газовой сварки с местным нагревом и для электродных стержней;

НЧ-1 – для низкотемпературной газовой сварки тонкостенных отливок;

НЧ-2 – для низкотемпературной газовой сварки толстостенных отливок;

БЧ и ХЧ – для износостойкой наплавки.

Размеры прутков всех марок должны соответствовать указанным в табл. 15.

Таблица 15

Размеры прутков

Диаметр, мм		Длина (предельные отклонения ±0,15), мм	Стрела прогиба, не более, мм
номинальная	предельные отклонения		
4	±0,6	250	1,5
6	±0,8	350	2,0
8-10	±0,8	450	3,0
12-16	±1,0	450	3,0

Химический состав прутков должен соответствовать нормам, указанным в табл. 16.

Таблица 16

Химический состав прутков

Марка прутка	Основные компоненты, %						Примеси не более, %	
	C	Si	Mn	S	P	прочие элементы	Cr	Ni
А	3,0-3,5	3,0-3,4	0,5-0,8	≤0,08	0,2-0,4	-	0,05	0,3
Б	3,0-3,5	3,5-4,0	0,5-0,8	≤0,08	0,3-0,5	--		
НЧ-1	3,0-3,5	3,0-3,4	0,5-0,8	≤0,05	0,2-0,4	0,03-0,06 Ti		-
НЧ-2	3,0-3,5	3,5-4,0	0,5-0,8	≤0,05	0,2-0,4	0,4-0.6 Ni		-
БЧ	2,5-3,0	1,0-1,5	0,2-0,6	≤0,05	≤0,01	-	-	-
ХЧ	2,5-3,0	1,2-1,5	0,5-0,8	≤0,05	≤0,01	1,2-1.6 Cr	-	-

В условном обозначении чугунных прутков указывают их диаметр, марку и обозначение стандарта. Пример условного обозначения чугунного прутка марки НЧ-1 диаметром 12 мм:

Пруток 12 НЧ-1 ГОСТ 2671-70*

Овальность прутков не должна превышать предельного отклонения на диаметр. На поверхности прутков не допускаются формовочная земля, пригар, шлак, ржавчина и другие загрязнения. Прутки не должны иметь видимых

дефектов типа наростов, раковин и трещин размером выше предельного отклонения на диаметр прутка. Внутри прутков не должно быть более одной пустоты и поры диаметром свыше 1 мм на 100 мм длины прутка.

Твердость поверхности наплавленного слоя образца должна соответствовать нормам, указанным в табл. 17.

Таблица 17

Твердость поверхности наплавленного слоя образца

Марка прутка	HB, не более	HRC
А и Б	230	-
НЧ-1 и НЧ-2	240	-
БЧ	-	44-46
ХЧ	-	48-52

За партию принимают прутки одной шихтовки и одной плавки. Масса партии не должна превышать 500 кг.

8 ПОРОШКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ

Для дуговой наплавки неплавящимся электродом износостойкого слоя на детали, работающие в условиях интенсивного абразивного изнашивания, используют механические смеси порошков по ГОСТ 11546-75. В зависимости от химического состава смеси порошков для наплавки разделены на марки С-2М, ФБХ6-2,БХ и КБХ. Химический состав смесей порошков для наплавки должен соответствовать номам, указанным в табл. 18.

Таблица 18

Химический состав смесей порошков

Марка	Легирующие элементы, % (основа железо)					Примеси, не более, %	
	C	Cr	Si	Mn	B	S	P
С-2М	7,0-10,0	24,0-26,0	0,5-3,0	6,0-8,5	-	0,4	0,3
ФБХ-6-2	3,5-5,5	28,0-37,0	1,0-2,5	2,5-5,5	1,3-2.2	0,4	0,3
БХ	0,3-1,0	35,0-44,0	0,5-1,0	-	7,0-9,0	-	-
КБХ	4,0-6,0	42,0-52,0	0,5-1,4	-	0,7-0,9	-	-

Гранулометрический состав смесей порошков для наплавки должен соответствовать нормам, указанным в табл. 19.

Таблица 19

Гранулометрический состав смесей порошков

Марка	Величина частиц, мм, не более	Остаток на сите, %, не более				Прохождение через сито, %, не менее			
		номер сеток по ГОСТ 6613-73							
		1,25	1,0	05	045	1,25	1,0	05	045
С-2М	1,0	0	5	-	-	100	95	-	-
ФБХ-6-2	1,0	0	5	-	-	100	95	-	-
КБХ	0,45	-	-	0	5	-	-	100	95
БХ	0,45	-	-	0	5	-	-	100	95

Влажность смесей порошков для наплавки не должна превышать 0,3 %. Насыпная плотность смесей и твердость наплавленного слоя должны соответствовать нормам, указанным в табл. 20.

Таблица 20

Плотность порошков и твердость наплавленного слоя

Марка	Насыпная плотность, г/см^3	Твердость, HRC
	Не менее	
С-2М	2,7	54
ФБХ-6-2	2,9	53
БХ	2,4	63
КБХ	3,6	60

Смеси порошков для наплавки принимают партиями. Масса партии смесей для наплавки должна быть не более 2 т. Партия состоит из смеси порошков разового перемешивания, одной марки, оформленной одним документом о качестве.

ГОСТ 11546-75 содержит рекомендуемое приложение, в котором указана область применения смесей порошков различных марок (табл. 21).

Таблица 21

Область применения смесей порошков

Марка	Применение
С-2М	Для наплавки бил дробильных аппаратов, ножей бульдозеров и грейдеров, ковшей экскаваторов и драг, шнеков кирпичных прессов, лопастей глиномешалок, катков, поддонов и отвалов бегунковых смесителей, коксовыталкивателей и т.п.
ФБХ-6-2	Для наплавки деталей горнодобывающего и торфоперерабатывающего оборудования, работающего в условиях интенсивного абразивного изнашивания с умеренной ударной нагрузкой.
БХ	Для наплавки лопастей глиномешалок, деталей кирпичных прессов, пресс-форм для брикетирования угля и торфа, лопастей вентиляционных дымососов, деталей земснарядов, колец дезинтеграторов и т.п.
КБХ	Для наплавки лопастей глиномешалок, деталей кирпичных прессов, пресс-форм для брикетирования угля, зубьев одноковшовых и роторных экскаваторов, ножей бульдозеров и грейдеров, лопастей вентиляционных дымососов, лопаток дробеметов и т.п.

Кроме смесей порошков по ГОСТ 11546-75 для наплавки и напыления износостойкого слоя на детали, работающие в условиях абразивного износа, коррозии, эррозии, при повышенных температурах или в агрессивных средах, используют порошки из сплавов по ГОСТ 21448-75, которые в зависимости от химического состава подразделяются на восемь марок (типов): ПГ-С27 (тип ПН-!40Х28Н2С2ВМ); ПГ-С1 (тип ПН-У30Х28Н4С4); ПГ-УС25 (тип ПН-У50Х38Н); ПГ-ФБХ-6-2 (тип ПН-У45Х35ГСР); ПГ-АН1 (тип ПН-У25Х30СР); ПГ-СР2 (тип ПН-ХН80С2Р2); ПГ-СР3 (тип ПН-ХН80С3Р3); и ПГ-СР4 (тип ПН-ХН80С4Р4). Основу сплавов для порошков первых пяти марок составляет

железо, последних трех – никель. Порошки в зависимости от их гранулометрического состава изготавливают четырех классов: крупный (К), средний (С), мелкий (М) и очень мелкий (ОМ). Влажность порошков не должна превышать 0,1 %. Порошки упаковывают в банки из тонколистовой стали. Масса брутто банки не более 50 кг.

9. ЛИТЫЕ ПРУТКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ И НАПЛАВОЧНЫЕ ЛЕНТЫ

Для наплавки износостойкого слоя на детали, работающие в условиях абразивного изнашивания, ударных нагрузок, коррозии, эрозии при повышенных температурах или агрессивных средах, используют литые прутки по ГОСТ 21449-75, которые в зависимости от химического состава подразделяются на пять марок (типов): Пр-С27 (типПрН-У45Х28Н2СВМ); Пр-С1 (тип ПрН-У30Х28Н4С3); Пр-С2 (тип ПрН-У20Х17Н2); Пр-В3К (тип ПрН-У10ХК63В5) и Пр-В3К-Р (тип ПрН-У20ХК57В10). Прутки изготовляют с номинальными диаметрами: 4 мм при длине 300 и 350 мм; 5 и 6 мм при длине 350 и 400 мм; 8 мм при длине 450 и 500 мм. Предельные отклонения по диаметру ±0,5 мм, по длине ±25 мм. Поверхность прутков из сплавов марок Пр-В3К и Пр-В3К-Р должна быть шлифованной, из сплавов остальных марок – шлифованной или необработанной. На поверхности прутков не допускаются облои, заусенцы свыше 0,5 мм, включения шлака и пригар. Твердость слоя металла, наплавленного прутками марки Пр-С27, должна составлять не менее HRC 52, марки Пр-С1 – не менее HRC 50, марки Пр-С2 – не менее HRC 44, марки Пр-В3К – не менее HRC 40, марки Пр-В3К-Р не менее HRC 46. Прутки для наплавки принимают партиями массой не более 500 кг. Партия должна состоять из прутков одной марки, одной плавки и одного размера, оформленных одним документом о качестве.

Для наплавки используют стальную холоднокатаную, порошковую и металлокерамическую ленты. Все указанные наплавочные ленты изготавливают по техническим условиям (государственные стандарты отсутствуют). В ряде случаев для наплавки используют стальную холоднокатаную, изготовляемую по действующим стандартам, но предназначенную для другого применения. В частности, для наплавки некоторых деталей используют холоднокатаную ленту из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали по ГОСТ 4986-79.

В технических условиях на стальную холоднокатаную наплавочную ленту часто регламентируют только химический состав металла ленты и некоторые специальные требования, а все общие требования принимают по ГОСТам на холоднокатаную ленту из соответствующей стали. Например, в технических условиях на стальную ленту для наплавки антикоррозионного покрытия общие требования приняты по ГОСТ 4986-79. В некоторых технических условиях на стальную холоднокатаную наплавочную ленту конкретных марок химический состав металла лента аналогичен химическому составу сварочной или наплавочной проволоки соответствующих марок по ГОСТ 2246-70 и ГОСТ 10543-98. Используемая для наплавки обрезная холоднокатаная лента в

большинстве случаев имеет толщину 0,4 до 1,0 мм при ширине от 20 до 100 мм. Ленту поставляют в рулонах.

Порошковая наплавочная лента состоит из стальной секционной оболочки, заполненной смесью порошков из газообразующих, шлакообразующих и легирующих компонентов. Порошковую ленту некоторых изготовляемых марок используют при автоматической наплавке открытой дугой. Ленту поставляют в рулонах.

Металлокерамическую ленту изготавливают методом прокатки и спекания смеси порошкообразных материалов. Размер ленты: толщина от 0,8 до 1,2 (±0,1) мм, ширина от 25 до 100 мм. Металлокерамическая лента обладает достаточной гибкостью и прочностью (минимальное временное сопротивление разрыву для ленты различных марок от 400 до 600 МПа). Ленту поставляют в рулонах. Металлокерамическую ленту большинства изготовляемых марок используют для автоматической дуговой наплавке под флюсом.

Технические условия на порошковую и металлокерамическую ленты предусматривают изготовление ленты конкретных марок и устанавливают назначение (область применения) ленты каждой марки.

10. САМОЗАЩИТНАЯ ПРОВОЛОКА И ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

В качестве самозащитной проволоки при сварке открытой дугой наиболее широко применяют стальную проволоку марок СВ-15ГСТЮЦА и СВ-20ГСТЮА по ГОСТ 2246-70. Благодаря легированию цирконием, церием, титаном и алюминием проволока указанных марок обеспечивает стабильность горения дуги и раскисление металла в сварочной ванне. Следует указать, что пластичность и ударная вязкость металла шва при этом сравнительно невелики, вследствие чего применение самозащитных проволок для сварки ответственных конструкций не рекомендуется.

К присадочным материалам для электрошлаковой сварки относятся электродные проволоки, пластинчатые и ленточные электроды, плавящиеся и подплавляемые мундштуки.

В качестве электродных проволок используют сварочную проволоку по соответствующим стандартам или техническим условиям. В качестве ленточных электродов используют холоднокатаную ленту толщиной 1-2 мм, имеющую химический состав, близкий к химическому составу основного металла. Пластинчатые электроды, плавящиеся и подплавляемые мундштуки изготавливают из металла той же марки, что и основной металл, или из металла, по химическому составу близкого к основному металлу.

11. ПРИСАДОЧНЫЕ КОЛЬЦА И ВСТАВКИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБ

При дуговой сварке труб присадочные кольца и вставки используют в случае выполнения корневого слоя шва дуговой сварки в защитных газах

неплавящимся электродом (вне зависимости от способа дуговой сварки, применяемого для выполнения последующих слоев шва).

Для изготовления присадочных колец и вставок обычно используют сварочную проволоку, применяемую для сварки соединяемых труб. Присадочные кольца и вставки изготавливают грибовидными или плоскими (в сечении). Размеры присадочных колец и вставок определяют в зависимости от размеров, конструкции и типа сварного соединения.

При сварке труб из хромоникелевых сталей аустенитного класса во многих случаях применяют присадочные кольца и вставки из сварочной проволоки с регламентированным содержанием ферритной фазы.

12. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

В качестве горючих газов при газопламенной обработке металлов применяют различные горючие газы, имеющие низшую теплоту сгорания не менее 4000 ккал/м^3 (исключением является водород, низшая теплота сгорания которого 2400 ккал/м^3). В качестве окислителя обычно используется кислород.

12.1. Свойства газообразного и жидкого кислорода

Кислород при нормальных условиях – газ без запаха, цвета и вкуса. Его плотность 1,43 кг/м^3 при 0º С и давлении 0,1 МПа. При охлаждении до -182,97º С при 0,1 МПа кислород превращается в голубоватую жидкость.

В среде кислорода очень активно поддерживается процесс горения. При соприкосновении сжатого кислорода, находящегося под давлением свыше 0,3 МПа, с маслами и жирами происходит их мгновенное окисление, сопровождающееся выделением теплоты, вследствие чего масло или жир могут воспламениться. При работе с кислородом необходимо следить, чтобы аппаратура, баллоны и одежда персонала не имели следов масел и жиров. В случае обнаружения засаленных поверхностей категорически запрещается использовать загрязненное оборудование для работы с кислородом. Жидкий кислород при попадании на кожу вызывает обмораживание ткани.

Кислород газообразный технический, согласно ГОСТ 5583-78, выпускается трех сортов, отличающихся количеством допустимых примесей (азота и аргона). Наивысшей чистотой обладает кислород первого сорта; его чистота должна быть не менее 99,7 % (по объему); кислород второго и третьего сортов соответственно должен иметь чистоту не менее 99,5 % и 99,2 %. Содержание влаги в газообразном кислороде не должна превышать 0,07 г/м^3. Кислород жидкий технический, согласно ГОСТ 6331-78, в зависимости от содержания кислорода и его примесей выпускается также трех сортов.

Для неответственных видов газовой сварки, пайки, поверхностной закалки и других видов нагрева газовым пламенем может быть использован кислород чистотой 92-98 %, получаемый в специальных установках металлургического производства, а также как побочный продукт при производстве азота. Сжатый

газообразный кислород хранится и транспортируется в пустотелых баллонах по ГОСТ 9490-75. Количество сжатого кислорода в баллонах может быть 8 кг, или 6 $м^3$, оно равно произведению емкости баллона в $дм^3$ на давление в баллоне в МПА, определенное манометром. Допустимое давление кислорода в баллонах зависит от температуры окружающей среды:

Температура, ºС	–50	-40	–30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
Давление в баллоне, МПа	9,9	10,7	12,4	2,95	13,45	13,95	14,5	15,0	15,5	16,0	7,2

Жидкий кислород хранят и транспортируют в специальных сосудах – танках. При газопламенной обработке жидкий кислород предварительно испаряют и подают к месту работы в газообразном состоянии под давлением до 1,6 МПа. Кислородопроводы в зависимости от допустимого максимального давления делятся на четыре категории, для которых рабочие давления соответственно равны (МПа): 16 – IV; св. 16 до 25 – III; св. 25 до 64 – II; св. 64 до 200 – I. При перевозке жидкого кислорода масса тары, приходящаяся на 1 кг кислорода, уменьшается по сравнению с массой тары при перевозке газообразного кислорода более чем в 10 раз. В газообразном кислороде, получаемого испарением жидкого кислорода, влага отсутствует. Смеси кислорода с горючими газами взрывоопасны. Пределы взрываемости для смеси горючих газов с кислородом выше пределов взрываемости тех же газов с воздухом.

12.2. Свойства горючих газов

Для газопламенных работ необходимо осуществить передачу тепла от пламени в металл в количестве, достаточном для конкретных условий работ. В смеси с кислородом горючие газы, как правило, сгорают. Наибольшая температура у ацетилено-кислородного пламени (3200º С), что позволяет использовать ацетилен при любых видах газопламенной обработки. Интенсивность горения пламени определяется произведением нормальной скорости горения на теплоту сгорания смеси. Ацетилен обладает максимальной «интенсивностью горения», которая для смеси стехиометрического состава составляет 27700 ккал/($м^2$·с).

12.2.1 Ацетилен

Ацетилен относится к группе непредельных углеводородов ряда C_nH_{2n-2}. Это бесцветный горючий газ со специфическим запахом; благодаря наличию в нем примесей – фосфористого водорода, сероводорода и пр. плотность ацетилена при 20 ºС и 0,1 МПа равна 1,091 кг/$м^3$; при 0º С и 0,1 МПа – плотность 1,171 кг/$м^3$. Ацетилен легче воздуха; плотность по сравнению с плотностью воздуха 0,9; молекулярная масса 26,038. Критическая точка для ацетилена характеризуется давлением насыщенного пара, равным 6,165 МПа, и температурой 35,54º С. При 0,1 МПа и температуре -84º С ацетилен переходит в жидкое состояние, при температуре - 85º С – затвердевает.

Ацетилен – единственный широко используемый в промышленности газ, относящийся к числу немногих соединений, горение и взрыв которых возможны в отсутствии кислорода и других окислителей. Ацетилен высокоэндотермическое соединение; при разложении 1 кг ацетилена выделяется более 2000 ккал, т.е. примерно в 2 раза больше, чем при взрыве 1 кг твердого ВВ тротила. Температура самовоспламенения колеблется в пределах 500-600º С при давлении 0,2 МПа и заметно снижается с увеличением давления; так, при давлении 2,2 МПа температура воспламенения ацетилена равна 350º С, а при наличии катализаторов, таких, как железный порошок, силикагель, активированный уголь и др. разложение ацетилена начинается при 280-300º С. Присутствие окиси меди снижает температуру самовоспламенения до 246º С. При определенных условиях ацетилен взаимодействует с медью, образуя взрывоопасные соединения; поэтому при изготовлении ацетиленового оборудования запрещается использовать сплавы, содержащие более 70 % меди.

Взрывчатый распад ацетилена, как правило, начинается при интенсивном нагреве со скоростью 100-500º С/с. При медленном нагреве происходит реакция полимеризации ацетилена, идущая с выделением тепла, которая, как правило, при температуре свыше 530º С приводит к взрывчатому распаду ацетилена. Минимальное предельное давление, при котором возможно разложение ацетилена – 0,65 МПа. Пределы взрываемости для ацетилена широки. Наиболее опасными являются смеси ацетилена с кислородом стехиометрического состава (~30 %). Скорости распространения пламени и детонации достигают максимального значения при соотношении ацетилена и кислорода 1:2,5 и соответственно равны 13,5 и 2400 м/с при нормальных условиях. Давление, образующееся при взрыве, зависит от начальных параметров и характера взрыва. Оно может возрасти примерно в 10-12 раз по сравнению с начальным при взрыве в небольших сосудах и может быть увеличено в 22 раза при детонации чистого ацетилена и в 50 раз при детонации ацетилено-кислородной смеси.

При газопламенной обработке металлов ацетилен используют либо в газообразном состоянии при получении его в переносных или стационарных ацетиленовых генераторах, либо в растворенном состоянии. Растворенный ацетилен представляет собой раствор ацетилена в ацетоне, распределенный равномерно в пористом наполнителе под давлением. Растворимость ацетилена зависит от температуры и давления. Пористая масса в баллоне обеспечивает рассосредоточение ацетилена по всему объему и локализацию его взрывчатого распада. При отсутствии пористой массы в баллоне инициированный взрывной распад ацетилена, растворенного в ацетоне, происходит при давлении менее 5 МПа. В качестве пористых наполнителей могут быть использованы не только насыпные пористые массы, но литые пористые массы, которые нашли применение за рубежом.

Физико-химические показатели газообразного и растворенного технического ацетилена оговорены ГОСТ 5457-75. По содержанию допустимого количества примесей различают ацетилен растворенный (со знаком качества), растворенный м газообразный. Допустимое содержание

примесей (в объемных долях) соответственно равно: воздуха и других малорастворимых в воде газов – не более 0,9, 1,0, 1,5; фосфористого водорода – 0,01, 0,04, 0,08; сероводорода – 0,005, 0,05, 0,15; водяных паров при 20ºС и 0,1 МПа – 0,5, 0,6.

Технический растворенный ацетилен транспортируют в стальных баллонах по ТУ 6-21-32-78. Допустимое максимальное давление не должно превышать 1,34 МПа при температуре -5º С и давлении 0,1 МПа и 3,0 МПа при температуре +40º С и давлении 0,1 МПа. Остаточное давление в баллоне при тех же параметрах не должно превышать соответственно 0,05 и 0,3 МПа.

Для газопламенной обработки металлов, наряду с ацетиленом, полученным из карбида кальция, применяют пиролизный ацетилен, полученный из природного газа термоокислительным пиролизом метана с кислородом. Пиролизный ацетилен также хранят и транспортируют в баллонах в растворенном виде. Наполнитель и растворитель тот же, что и для ацетилена из карбида кальция.

При применении растворенного ацетилена по сравнению с газообразным обеспечивается наибольший коэффициент использования карбида, чистота рабочего места сварщика, устойчивая работа аппаратуры и безопасность труда. Основным сырьем для получения ацетилена является карбид кальция. Ацетилен получают в результате разложения (гидролиза) карбида кальция водой. Действительный «литраж» ацетилена из 1 кг технического карбида кальция при 20º С и 0,1 МПа не превышает 285 л и зависит от грануляции карбида. С увеличением размеров кусков карбида «литраж» увеличивается, однако скорость разложения его уменьшается, т.е. увеличивается длительность разложения карбида.

Таблица 22

Физико-химические показатели карбида кальция

Размеры кусков, мм	Обозначение	«Литраж», л/кг, не менее	
		первый сорт	второй сорт
25 – 80	25/80	285	265
15 –25	15/25	275	255
8 – 15	8/15	265	250
2 – 8	2/8	255	240
Для кусков смешанных размеров	-	275	255

Содержание фосфористого водорода в ацетилене по объему не более 0,08 %, содержание сульфидной серы не более l,2%. В ГОСТ 1460-81 оговаривается также допустимое количество кусков карбида кальция других размеров в партиях указанной грануляции. Большой тепловой эффект реакции разложения карбида создает опасность сильного перегрева. Без отвода тепла при взаимодействии стехиометрического количества карбида кальция и воды

реакционная масса разогревается до 700-800° С. Разложение карбида при недостаточном охлаждении и особенно в присутствии воздуха может привести к взрыву, поэтому необходимо процесс осуществлять при значительном избытке воды. Для разложения 1 кг карбида необходимо 5-20 л воды. Особое внимание необходимо обращать на наличие карбидной пыли в карбиде. Пыль разлагается почти мгновенно; за счет мгновенного разогрева может возникнуть взрыв ацетилена. Поэтому переработка пыли в обычных генераторах, не приспособленных для использования пыли, не допускается. Если содержание пыли значительно, карбид кальция перед загрузкой в генератор просеивают через сито с ячейками диаметром 2 мм. Накопившуюся пыль следует разложить на открытом воздухе в специальном сосуде вместимостью - не менее 800-1000 л при интенсивном помешивании, одновременно высыпая не более 250 г карбидной пыли. Воду следует менять после разложения пыли в количестве до 100 кг.

Карбид кальция транспортируют и хранят в железных барабанах с толщиной стенки не менее 0,51 мм и массой 50-130 кг. Боковую поверхность барабанов делают гофрированной для большей жесткости. Карбид кальция интенсивно поглощает влагу даже из воздуха, поэтому при плохой герметичности тары возможно образование ацетилена непосредственно в барабане. Герметичность барабанов следует тщательно проверять; при перевозке барабанов на открытых машинах необходимо покрывать барабаны брезентом. При обнаружении повреждения барабана, карбид должен быть пересыпан в другую герметичную тару.

При обслуживании стационарных генераторов карбид из барабанов пересыпают в специальные приемники-бункеры. Вскрытие барабанов на станции, как правило, механизировано. Для этих целей применяют станки, в которых верхняя крышка вырезается специальным режущим роликом или клиновыми ножами. Ножи и ролик изготовляют из неискрящегося материала. Кроме того, к месту реза подастся масло или азот.

Транспортировка карбида кальция в барабанах для стационарных генераторов производительностью свыше 20 $м^3$/ч экономически не оправдана, так как раскупорка барабанов занимает значительное время; накапливается большое количество порожней тары, которая вторично не может быть использована; потери карбида за счет его дробления при перекатывании барабанов и последующего отсева от пыли значительны. Поэтому можно считать наиболее перспективным контейнерный способ перевозки и хранения карбида для стационарных установок.

При газопламенной обработке алюминия, латуни, свинца и других металлов, имеющих температуру плавления ниже температуры плавления стали, в качестве горючего газа целесообразно применять не ацетилен, а газы - заменители ацетилена или жидкие горючие.

Основные физические и тепловые свойства горючих газов приведены в табл. 23.

Газы можно разделить на сжиженные, сжитые охлаждением, газовые смеси, растворенные газы, а также простые.

12.2.2. Сжимаемые газы

Сжимаемыми или сжатыми газами – заменителями ацетилена называют такие газы, которые при обычных условиях хранения и транспортировки не переходят в жидкое состояние ни при каких давлениях. К сжимаемым горючим газам относятся водород, метан, окись углерода, коксовый, пиролизный, природные, нефтяные и сланцевые газы.

Водород выпускают марок А, Б, В, Г. Водород марки А получают электролизом воды; марки Б – железопаровым способом и взаимодействием ферросилиция с раствором щелочи; марки В – электролизом хлористых солей; марки Г – при паровой конверсии углеводородных газов.

Водород представляет собой газ без цвета и запаха, практически нерастворим в воде; применяемый для газопламенной обработки металлов должен удовлетворять требованиям, предусмотренным ГОСТ 3022-80, которым регламентировано допустимое содержание примесей: кислорода, окиси углерода, щелочей, сероводорода, хлора и влаги. Для марки Л содержание водорода должно быть 98,8 %, для марки Б – 98 %. Водород марок К и Г выпускают двух сортов (первого и второго): для марки В - предусмотрена чистота 98,5 и 97,5 %, а для марки Г - 97,5 и 95 % .

Водородно-кислородное пламя бесцветно. Зоны пламени водорода не имеют резких очертаний, что затрудняет ее регулировку. На 1 $м^3$ водорода в горелку подается 0,25-0,35 $м^3$ кислорода, тогда как теоретически для полного сгорания необходимо 0,5 $м^3$ кислорода. В смесях с кислородом и воздухом водород образует взрывоопасные смеси, поэтому при работе необходимо обращать особое внимание на герметичность аппаратуры и коммуникацию. В чистом виде водород для газопламенной обработки применяют сравнительно редко: в основном при сварке и пайке свинца и при особых видах кислородной резки, где требуется подача горючего в резак под высоким давлением. Чаще водород является одним из компонентов составного горючего газа. Чем больше водорода в горючем, тем ниже тепловые характеристики последнего, выше скорость воспламенения и верхний предел взрываемости.

Метан имеет широкий диапазон взрываемости. Метан получают из природного или коксового газа методом глубокого охлаждения. Температура воспламенения метана 340 ºС. Для полного сгорания 1 $м^3$ метана необходимо 2 $м^3$ кислорода. Максимальная скорость распространения пламени в смеси с кислородом 3,3 м/с. Метан является единственным углеводородом, имеющим критическую температуру значительно ниже температуры окружающей среды, наряду с водородом и углекислым газом. В чистом виде для газопламенной обработки метан применяют редко. Он является основным компонентом природных газов и входит в состав других сжимаемых горючих газов.

Природные и городские газы представляют собой смеси газообразных предельных углеводородов с преобладающим количеством метана (75,7-99,4 %) и небольшим количеством инертных газов и азота. Низшая теплота сгорания природных газов также колеблется в пределах 7480-9060 ккал/$м^3$. Природный газ почти не имеет запаха, поэтому в газ, идущий к потребителю, добавляют

одорант, придающий ему резкий запах, по которому можно установить утечку газа. Природный газ может поступать к потребителю либо в баллонах, либо по газопроводу. Смесь природных газов с низкокалорийными (коксовым, генераторными и др.) называют городским газом и применяют для бытовых целей, а также для кислородной резки.

Окись углерода входит в состав коксового (5-12 %), городского (5-15 %), нефтяного пиролизного газа (1-11 %) и др. Окись углерода ядовита. Предельно допустимая концентрация ее в производственных помещениях 0,03 мг/л.

Коксовый газ представляет собой смесь газообразных продуктов сухой перегонки каменного угля. В зависимости от места добычи угля и технологии выработки коксовый газ содержит: 40-60 % H_2, 20-30 % CH_4, 5-12 % CO, 1,5-4% тяжелых углеводородов, 2-3 % CO_2, 0,4-1,0 % O_2. Коксовый газ имеет сравнительно низкую теплоту сгорания, но, несмотря на это, находит широкое применение на металлургических заводах, где он является побочным продуктом. Для газопламенной обработки применяют только хорошо очищенный газ, так как в противном случае узкие каналы аппаратуры засоряются смолистыми веществами, находящимися в виде паров в составе газа, или стенки газопроводов разъедаются сернистыми соединениями, имеющимися в коксовом газе. При использовании коксового газа мундштуки следует изготовлять из латуни или чугуна. Для полного сгорания 1 $м^3$ коксового газа необходимо обеспечить подачу 0,9 $м^3$ кислорода. К месту потребления коксовый газ транспортируют либо в баллонах под давлением 15,0 мПа, либо по газопроводу под низким давлением (30-50 мм вод. ст.). Давление может быть повышено до 0,1- 0,15 МПа с помощью газодувок. В коксовом газе содержится до 12 % окиси углерода.

Нефтяные газы представляют собой смесь горючих газов. В зависимости от способов получения нефтяные газы подразделяют на естественные, являющиеся спутниками нефти при ее добыче, и искусственные (заводские). Естественные нефтяные газы иногда называют сопутствующими или попутными. Основными компонентами естественных нефтяных газов являются метан, этан, пропан, бутан и более высокомолекулярные углеводороды парафинового ряда. В состав заводских нефтяных газов, кроме того, входят углеводороды олефинового ряда: этилен, пропилен, бутилен, амилен. Искусственные нефтяные газы в отличие от естественных содержат до 60 % H_2.

Сланцевый газ получают при газификации горючих сланцев в специальных генераторах и применяют для химической переработки и бытовых целей как городской газ. С некоторыми ограничениями он может быть использован и для процессов газопламенной обработки металлов.

Пиролизный газ – продукт термического разложения нефтяного мазута. После очистки в газе образуются сернистые соединения, взаимодействующие с| медью. Рекомендуется тщательная очистка газа, так как в противном случае медные мундштуки газоаппаратуры разрушаются после 3-4 ч работы. Мундштуки, так же как и при работе с коксовым газом, следует изготовлять из латуни или чугуна.

Таблица 23

Основные физические и тепловые свойства горючих газов

Наименование горючего газа и химическая формула	Низшая теплота сгорания при 20ºС и 0,1 мПа	Температура пламени смеси с кислородом ºС	Коэффициент замены ацетилена	Плотность при 20ºС и 0,1 мПа, кг/м^3	Критическое давление, мПа	Температура,ºС			Пределы взрываемости, % содержания горючего в смеси		Оптимальное соотношение между кислородом и др.	Относительная скорость распространения пламени
						критическая *[1]	плавления	кипения	с воздухом	с кислородом		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ацетилен C_2H_2	12600	3100-3200	1.0	1,09	61,65	+35,54	-81,0	-83,6	2,1-100	2,3-100	1,7	1,0
Водород H_2	2400	2100-2500	5,2	0,084	12,8	-239,8	-259,2	252,8	3,1-81,5	2,6-95	0,4	1,2
Метан CH_4	8000	2000-2200	1,6	0,67	45,7	-82,5	-182,5	-161,7	4,8-16,7	5-59,2	2,0	-
Этан C_2H_6	14400	2200	1,27	-	-	-	-172,1	-88,5	3,1-15,0	4,1-50,1	-	-
Пропан C_3H_8	20800	2600-2750	0,65	1,88	42	+96,8	-189,9	-42,6	2,0-11	2,0-48	-	0,3
Пропан-бутан	20600	2000-2100	0,6	1,867	-	-	-	-	2,17-9,5	-	-	-
Бутан C_4H_{10}	27800	2400-2500	0,45	2,54	36	+152	-139	-0,6	1,5-8,5	3,0-45	3,5-4,0	-
Этилен C_2H_4	14200	2900	0,9	1,17	-	-	-	-	2,7-36	2,6-80	-	-
Окись углерода CO	2800	2600-2800	4,5	1,16	34,5	-140,2	-205	-191,5	11,4-77,5	15,5-93,9	-	-
Сланцевый газ[*2]	3000-3400	1500-2000	4,0	0,74-1,0	-	-	-	-	-	-	0,7	0,5
Коксовый газ[*2]	3500-4400	2000-2200	3,2	0,4-0,55	-	-	-	-	7-21	-	0,8-0,9	0,7
Природный газ[*2] (метан 98%)	7500-9000	2000-2200	1,8	0,68-0,9-	-	-	-	-	4,8-14,0	-	1,7-2,1	0,4
Нефтяной (попутный) газ[*2]	8700-14800	2000-2400	1,2	0,87-1,37	-	-	-	-	3,5-16,3	-	1,9-2,9	0,5
МАПП (МАФ)	21200	2800-2900	0,55	1,76	-	-	-	+120,0	3,4-10,8	2,5-60	-	-

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Городской газ*2	4100-5000	2000-2300	3,0	0,84-1,05	-	-	-	-	3,8-40	8,5-73,6	1,2	0,5
Пиролизный газ	7500-9000	2000-2400	1,8	0,65-0,85	-	-	-	-	-	-	-	-
Пары бензина ($\sim C_7H_{15}$)	10000 ккал/кг	2400	-	0,7-0,74 кг/л	-	-	-	-	0,7-6,0	2,1-28,4	-	--
Пары керосина ($\sim C_7H_{14}$)	10000 ккал/кг	2300	-	0,79-0,82 кг/л	-	-	-	-	1,4-5,5	-	-	-

*1 Критической температурой называется такая температура, выше которой газ не переходит в жидкое состояние ни при каком давлении

*2 Для горючих газовых смесей приводимые данные относятся к средним составам этих газов

Широкие пределы изменения плотности, температуры пламени и теплоты сгорания объясняются изменяющимся химическим составом указанных газов, зависящим от месторождения или места производства.

12.2.3. Сжиженные газы

Сжиженными газами называют углеводороды и их смеси, находящиеся при температуре 20°С и давлении 0,1 мПа в газообразном состоянии, а при сравнительно небольшом повышении давления или понижении температуры переходящие в жидкое состояние. Сжиженные газы даже в газообразном состоянии имеют плотность более высокую, чем плотность воздуха, поэтому они могут скапливаться на поверхности земли или пола. В жидкой фазе сжиженные газы отличаются большим коэффициентом объемного расширения, значительно превышающим коэффициент объемного расширения воды, Эти свойства сжиженных газов требуют особой осторожности и соблюдения мер безопасности при работе с ними. К сжиженным газам, используемым для газопламенной обработки металлов, относятся смеси технического пропана и бутана, а также смеси метилацетилена и пропадиена.

Пропан-бутановые смеси получают при добыче природных (попутных) газов, а также при переработке нефти и нефтепродуктов. Пропан-бутановые смеси могут быть переведены в жидкое состояние. Так, при температуре -40ºС даже при атмосферном давлении пропан-бутановая смесь представляет собой жидкость. Хранить пропан-бутан следует в емкостях, рассчитанных на работу под давлением. Хранить сжиженные газы в открытых емкостях запрещено, так как испарение этих газов происходит даже при Оº С, а смеси пропан-бутановых паров с воздухом взрывоопасны. Упругость паров с увеличением температуры резко возрастает. При испарении 1 кг жидкого пропана получается 0,535 $м^3$ паров, а при испарении того же количества бутана – 0,406 $м^3$ паров. Пропан-бутановая смесь, по сравнению с другими горючими газами, обладает самой большой теплотой сгорания. Количество тепла, передаваемое металлу в единицу времени пламенем, называемое эффективной мощностью пламени, для пропан-бутановых смесей выше, чем для ацетилена, однако скорость распространения пламени для этой смеси значительно ниже и длина конуса резко увеличена, в результате пропан-бутановое пламя менее концентрировано. Пропан-бутан может поступать к потребителю либо в баллонах под давлением до 1,6 МПа, либо по газопроводам от перепускной рампы или стационарно1 емкости с испарителем. Состав сжиженных газов регламентируется по ГОСТ 10196-62. Сжиженные углеводородные топливные газы изготовляют следующих марок: пропан технический, состоящий в основном из пропана или пропана и пропилена; бутан технический, состоящий из бутана или бутана и бутилена, и смесь пропана и бутана технических.

Метилацетилен-пропадиен МАПП (широко применяемый в США) - смесь горючих газов; по физическим свойствам близок к пропану. Пределы взрывае-мости МАПП в смеси с воздухом 3,4 -10,8 %, в смеси с кислородом 2,5-60 %. Смеси метилацетилена и пропадиена термодинамически нестойки, поэтому в состав МАППа вводят стабилизатор. Распад метилацетилена, аналогично ацетилену, происходит с большим выделением тепла.

Температура пламени МАПП (2900° С) близка к температуре ацетилена. МЛП11 используют для кислородной резки и сварки и других газопламенных процессов.

Горючее МАФ – метилацетиленовая пропадиеновая фракция является отходом олифинового производства, а также отходом производства этилена и моновинилацетилена. Эта фракция содержит 48-75 % смеси метилацетилена и пропадиена и стабилизаторы: 3% пропилена, 15 % пропана, 7 % других углеводородов. Пределы взрываемоести для МАФа те же, что и для МАППа. МАФ нечувствителен к удару. Баллоны с МАФом не взрываются, находясь рядом с горящим баллоном. Смесь инертна при температуре до 215º С и давлении до 2,0 МПа. При соприкосновении с медью образуются взрывоопасные соединения – ацетилениды меди. Скорость распространения пламени МАФ равна 470 см/с. Вместимость баллонов для сжиженных газов 40 или 55 дм3; толщина стенки 3 мм. Предельное рабочее давление (МПа) в баллонах для сжиженных газов различно: для пропана не более 1,6, для пропилена 2,0, для бутана и бутилена 0,38. Коэффициент наполнения баллонов сжиженными газами (в МПа) соответственно будет равен: 42,5 для пропана, 44,5 – пропилена, 44,8 – бутана и 52,6 – бутилена. Коэффициент наполнения обозначает массу газа в кг на 1 $м^3$ вместимости баллона и не должен превышать значении, указанных для каждого газа.

Сжиженные газы можно транспортировать также в железнодорожных цистернах и автоцистернах, вместимость которых соответственно равна 51–54 и 2–10 $м^3$. Сжиженные газы в больших количествах хранят в сферических или горизонтальных цилиндрических резервуарах.

12.2.4. Жидкие горючие

Бензин и керосин – летучие и огнеопасные жидкости, являются продуктами переработки нефти. В газопламенной обработке их используют виде паров, которые получают в специальной аппаратуре, обеспечивающей давление до 0,3 МПа. К потребителю они поступают в цистернах или бочках под атмосферным давлением. Основная характеристика паров бензина и керосина - коэффициент замены, равный 1,0-1,3. Температура пламени при сгорании в кислороде 2400-2500º С, низшая теплотворная способность 10200-11000 ккал/кг, пределы взрываемости с воздухом 2,6-6,7 для бензина и 1,4-5,5 для керосина. Пары бензина и керосина ядовиты и при продолжительном вдыхании могут вызвать сильную головную боль и головокружение. Пары бензина и керосина находят применение при сварке легкосвариваемых металлов, пайке и кислородной резке.

12.3. Горючие газы – заменители ацетилена

В связи с дефицитностью и высокой стоимостью карбида кальция – основного сырья для получения ацетилена, для многих газопламенных процессов следует использовать не ацетилен, а горючие газы-заменители ацетилена.

При правильном выборе мощности пламени газа-заменителя, несмотря на некоторое снижение скорости процесса, увеличение длительности

начального подогрева и увеличение расхода кислорода, достигается заметная экономия средств, повышается безопасность работ и экономится время газосварщиков и газорезчиков на обслуживание средств газопитания.

Давление горючих газов перед огневой аппаратурой устанавливается в соответствии с ГОСТ 8856-72. Согласно ГОСТу давления делятся на первый, второй и третий разряды, для которых нижние пределы давления ацетилена соответственно равны 0,001; 0,01 и 0,03 МПа, а верхний предел давления ацетилена не должен превышать 0,1 МПа. Для газов-заменителей первый разряд давления отсутствует, а пределы для второго и третьего разряда соответственно равны: нижние пределы 0,02 и 0,05 МПа; верхние пределы 0,3 и 0,6 МПа.

12.3.1. Основные расчетные характеристики газов—заменителей ацетилена

Горючие газы имеют различные температуры воспламенения, поэтому форма и размеры конуса пламени также различны для каждого из них. При одинаковом соотношении скоростей истечения и горения длина конуса ацетилено-кислородного пламени меньше, чем длина конуса для ацетилено-заменителей. Так как при более длинных конусах пламени увеличивается зона нагрева металла и возрастают тепловые потери из пламени, то для сообщения металлу необходимого количества тепла потребуется гораздо большее количество газов-заменителей ацетилена.

При расчете основных размеров каналов огневой аппаратуры для газов, образующих горючую смесь (горючего газа и кислорода), необходимо знать расход ($\upsilon_к$, м^3/ч) кислорода и расход ($\upsilon_г$, м^3/ч) горючего, объемное (для жидких горючих - весовое) соотношение ($\beta_г$) между кислородом и горючим в смеси и относительную скорость (s_o) распространения пламени. На тепловые свойства газового пламени (температуру и эффективную мощность) влияет соотношение кислорода и горючего газа в смеси.

Оптимальное соотношение для сжимаемых горючих газов при полном сгорании горючей смеси

$$B_г = \frac{\upsilon_к}{\upsilon_г} = 0{,}009[0{,}5H_2+2CH_4+3{,}5(C_3H_6+C_4H_{10})+(m+\frac{n}{4})C_mHn+0{,}5CO+1{,}5H_2S]-0{,}01O_2,$$

где H_2, CH_4, C_3H_8, C_4H_{10}, C_mH_n, CO, H_2S, и O_2 – содержание элементарных составляющих горючего газа в процентах (по объему).

Входящие тяжелые углеводороды C_nH_{2n} считают как этилен C_2H_4. Оптимальные соотношения кислорода и некоторых горючих газов приведены в табл. 23. Соотношение окислителя и горючего устанавливают по внешнему виду пламени; при этом рабочее значение $\beta_г$ обычно ниже оптимального.

12.3.2. Коэффициент замены ацетилена

По технологическим данным конкретного газопламенного процесса известен необходимый расход υ_a ацетилена. При замене ацетилена другим горючим газом следует произвести расчет расхода $\upsilon_г$ горючего с учетом

условий получения оптимальной производительности процесса. Применительно к этому все виды газопламенной обработки металлов можно разделить на две группы. К первой группе относятся такие процессы, как кислородная разделительная резка, пайка, нагрев металла с целью правки, для которых количество горючего газа выбирают по эффективной мощности движущегося пламени, равной эффективной мощности движущегося ацетилено-кислородного пламени, используемого для этих процессов.

Таблица 24

Область применения горючих газов при газопламенной обработке металлов *

Виды газопламенной обработки металлов	Горючие-заменители									
	Ацетилен	Водород	Природные и городские газы	Коксовый газ	Нефтяные и пиролизные газы	Сланцевые газы	Пропанбутановые смеси	МАПП (МАФ)	Бензин	Керосин
Соединение:										
Газовой сваркой	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Газопрессовой сваркой	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
Наплавкой	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
Сваркой плавлением	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
Пайкой	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Нагрев:										
При поверхностной пламенной закалке	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
При огневой правке	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
При поверхностной пламенной очистке	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
При местном газопламенном нагреве	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Напыление:										
Газопламенное	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Плазменное	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Резка:										
Кислородно-ацетиленовая жидким горючим	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Кислородно-флюсовая	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Безгратовая	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Скоростная	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Скоростная высококачественная кислородная	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Кислородом высокого давления больших толщин	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-
С предварительным подогревом	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Сплошная огневая зачистка	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Кислородная подводная	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Газолазерная	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Плазменно-дуговая	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

* Знаком (+) обозначены те виды газопламенной обработки, при которых использование данного горючего технически возможно.

Отношение количества горючего газа - заменителя ацетилена к количеству ацетилена для указанной выше группы процессов называется коэффициентом замены первого рода:

$$\Phi_1 = \frac{\upsilon_г}{\upsilon_a},$$

Ко второй группе относятся такие процессы, как поверхностная кислородная резка, закалка, сварка, для которых количество горючего газа выбирают из расчета равенства времени нагрева металла до определенной температуры пламенем газа - заменителя ацетилена и ацетилено-кислородным пламенем. В этом случае устанавливается коэффициент $\varphi_г$ замены второго рода. Коэффициенты замены первого и второго рода могут быть определены по графикам, приведенным на рисунке, в зависимости от низшей теплоты сгорания $Q_н$ горючих газов. Графики построены для газов с температурой горения в смеси с кислородом 1800-2900ºС при условии замены ими ацетилено-кислородной смеси с соотношением газов $\beta_г = 1,15$.

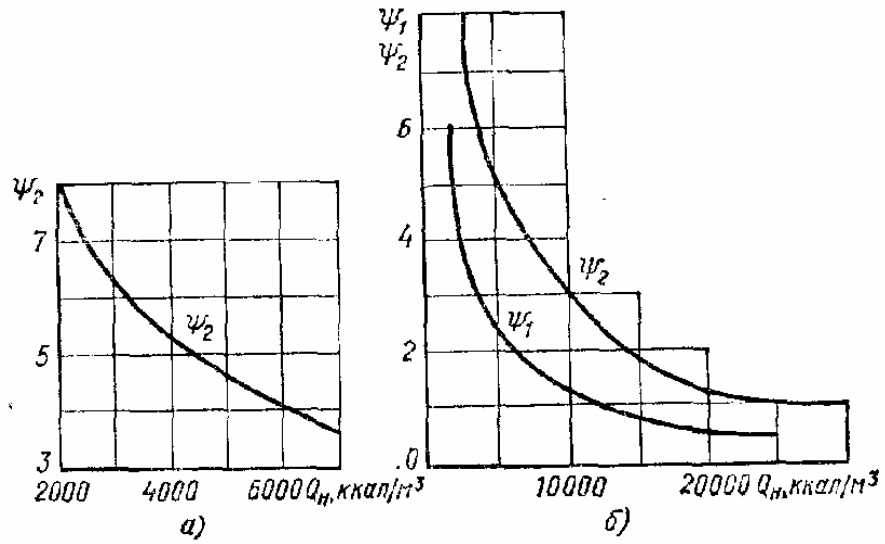


Рис. 8. Зависимость коэффициентов замены ацетилена ψ_1 и ψ_2 от низшей теплоты сгорания Qu газа-заменителя: а - с теплотой сгорания до 10 000 ккал/м^3; б - с теплотой сгорания св. 10 000 ккал/м^3

Низшая теплотворная способность горючего газа (ккал/м^3), состоящего из нескольких горючих газов при 20ºС и давлении 0,1 МПа,

$$Q_н = 24\ H_2 + 80CH_4 + 208C_3H_8 + 278C_4H_{10} + 160C_mH_n + 28CO + 53H_2S,$$

где H_2, CH_4, C_3H_8, C_4H_{10}, C_mH_n, CO, H_2S - составляющие горючих газов в процентах (объемных).

Относительная скорость S_o распространения пламени по сравнению со скоростью распространения пламени ацетилено-кислородной смеси нормального состава, принимаемой за единицу, для пламени горючих смесей, состоящих из нескольких горючих газов,

$$S_o = \frac{1{,}2H_2 + CH_4 + 3(C_3H_8 + C_mH_n) + 0{,}15CO}{H_2 + 2{,}3CH_4 = 6{,}2(C_3H_8 + C_mH_n) + CO} - 0{,}07(CO_2 + N_2),$$

где H_2, CH_4, C_3H_8, C_mH_n, CO, CO_2, N_2 - содержание элементарных составляющих горчего газа в балласте в процентах (объемных).

12.3.3. Основы расчета огневой аппаратуры

Мундштуки огневой аппаратуры могут быть разделены на односопловые, многосопловые и щелевые. Многосопловые мундштуки делят на однорядные линейные, однорядные кольцевые, многорядные линейные и многорядные кольцевые. Щелевые мундштуки делят на линейные и кольцевые. Допустимая скорость u, м/с истечения газа из огневой аппаратуры при нормальном горении регламентируется пределами: верхним, при котором не происходит отрыва пламени от мундштука; нижним, при котором пламя не втягивается в сопло мундштука, т. е. не происходит хлопка или обратного удара.

Диаметр внутреннего отверстия цилиндрического сопла, исходя из условия соблюдения допустимых скоростей истечения,

$$d_c = 2{,}37\sqrt{\frac{2{,}8\upsilon_г}{s_o n}},$$

где n - число сопл в мундштуке, которым следует задаться исходя из конструктивных и технологических соображений.

При конструировании щелевых мундштуков задаются внутренним диаметром *d* щели; наружный диаметр щели

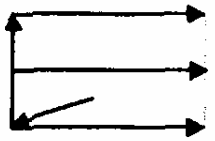
$$D = \sqrt{2{,}8\frac{\upsilon_г}{s_0}} + d,$$

можно также задаться наружным диаметром щели и определить ее внутренний диаметр.

13. ТИПЫ ЭЛЕКТРОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

13.1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Электрод **МР-3**	
$\frac{Э46-МР-3-\varnothing-УД}{Е431(3)-Р23}$ ГОСТ 9466 – 75, ГОСТ 9467 – 75	Обозначения по международным стандартам ISO 2560 E 433 R 23 DIN 1913 E 4330 R3 AWS A5.1 E 6013 BS-639 E 4330 R 23

Область применения	Положение свариваемых швов
Для сварки ответственных конструкций из углеродистых сталей.	

Вид покрытия рутиловое

Режим сварки

Ток Переменный и постоянный обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	100-140 160-220 160-260	80-110 140-180 160-200	80-110 140-180 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
0,08-0,12	0,5-0,8	0,07-0,20	не более	
			0,03	0,03

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, ºС	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	450	370	20	78

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **АНО-4**

$\frac{Э46-АНО-4-\varnothing-УД}{Е430(3)-Р21}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

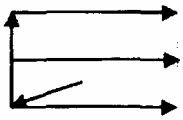
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560 E 433 R 21
DIN 1913 E 4330 R3
AWS A5.1 E 6012
BS-639 E 4330 R 21

Область применения

Для сварки рядовых и ответственных конструкций из углеродистых сталей.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия рутиловое

Режим сварки

Ток Переменный и постоянный, любой полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5.0	100-140 170-210 190-270	90-110 140-150 150-170	100-120 140-170 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
не более	0.55-0.80	не более		
0.10		0,20	0,035	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	450	340	18	78

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства

Электрод **ОЗС-12**

$\frac{Э46-ЮЗС-12-\varnothing-УД}{Е432-Р12}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

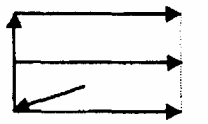
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560 E 430 R 12
DIN 1913 E 4300 R2
AWS A5.1 E 6012
BS-639 E 4300 R 12

Область применения

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву не более 500МПа.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия рутиловое

Режим сварки

Ток Переменный и постоянный, любой полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	90-100 160-200 180-240	70-90 150-160 170-180	70-90 150-160 -

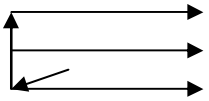
Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
не более	0.50-0.70	0,10-0,20	не более	
0.10			0,04	0,04

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивле-ние, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20±10	480	290	22	110

Электрод **ЭЛ3-С-1**

$\frac{Ý46 – ÝËÇ – Ñ – 1 – ∅ – ÓÑ}{Å – 433 – Ð21}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75	*Область применения* Для сварки ответственных конструкций из низко- и среднеуглеродистых сталей
Положение свариваемых швов 	*Вид покрытия* рутиловое

Режим сварки

Ток Переменный, с напряжением холостого хода не менее 65 В и постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	60-100 120-160 160-200	60-80 110-140 140-180	60-80 110-140 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
0,06-0,10	0,5-0,8	0,08-0,14	не более	
			0,040	0,040

Механические свойства металла шва (типичные)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	484	395	29	167

Электрод **ТМУ-46**

$\frac{Э46А-ОМУ-46-\varnothing-УД}{Е-432(3)-Б26}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

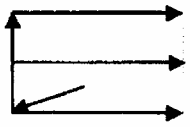
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560	E 433 B26H
DIN 1913	E 4330 B16
AWS A5.1	E 6015
BS-639	E 4330 B26H

Область применения

Для сварки ответственных металлоконструкций и трубопроводов из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

Положение свариваемых швов



Вид покрытия Основное

Режим сварки

Ток Переменный, с напряжением холостого хода не менее 65 В и постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	70-85	65-85
3,0	90-115	75-100	60-90
4,0	130-170	110-140	100-120
5,0	170-200	140-170	-

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод*	Кремний*	Марганец*	Сера	Фосфор
0,07-0,12	0,20-0,45	0,50-0,90	не более	
			0,030	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	450	22	135

* Справочные данные

Электрод **ТМУ-50**

$\frac{\text{Ý50À} - \text{ÒÌÓ} \ -50 - \varnothing - \text{ÓÄ}}{\text{Å} - 513 - \text{Á26}}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

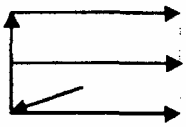
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560	E 513 B26
DIN 1913	E 5130 B16
AWSA 5.1	E 7015
BS-639	E 5130 B26

Область применения

Для сварки ответственных металлоконструкций и трубопроводов из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Переменный, с напряжением холостого хода не менее 65 В и постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	70-85	65-85
3,0	90-115	75-100	60-90
4,0	130-170	110-140	100-120
5,0	170-200	140-170	-

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод*	Кремний*	Марганец*	Сера	Фосфор
0,07-0,12	0,20-0,45	0,75-1,10	не более	
			0,030	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	490	20	127

* Справочные данные

Электрод **ТМУ-21У**

$\frac{Э50А-ТМУ-21У-Ø-УД}{Е513-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

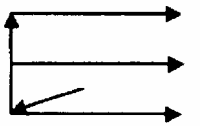
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560	E 513 B20
DIN 1913	E 5130 B10
AWS A5.1	E 7015
BS-639	E 5130 B20

Область применения

Для сварки ответственных металлоконструкций и корневых швов трубопроводов из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей энергетического оборудования тепловых и атомных электростанций.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	70-85	65-85
3,0	90-115	75-100	60-90
4,0	130-170	110-140	100-120
5,0	170-200	140-170	-

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод*	Кремний*	Марганец*	Сера	Фосфор
0.07-0,12	0,20-0,43	0,70-1,0	не более	
			0,030	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	490	20	127

* Справочные данные

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **УОНИ-13/45А**

$$\frac{Э46А - УОНИ - 13/45 - Ø \text{ - УД}}{\text{Е433 - Б20}}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

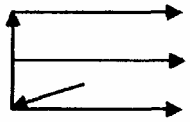
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560 E 435 B20
DIN 1913 E 4350 B10
AWS A5.1 E 6015
BS-639 E 4350 B20

Область применения

Для сварки сталей марок 09Г2, МС-1, 10Г2С1Д-35, 10ХСНД, 10Г2С1Д-40, 20Л, 25Л и др. с углеродистыми сталями марок СтЗ, БСтЗ, Ст4, поковок из сталей 08ГДН, 08ГДНФ и сварки монтажных стыков из углеродистых сталей

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	100-130 160-210 220-280	90-120 130-160 160-210	90-120 130-160 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Сера	Фосфор
не более	0,18-0,35	0,35-0,65	не более	
.. 0,11			0,03	0,03

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	450	24	140

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства

Электрод **УОНИ-13/55**

$\frac{Э50А-УОНИ-13/55-\varnothing-УД}{Е-513-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

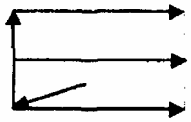
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560	E 513 B20
DIN 1913	E 5130 B10
AWSA5.1	E 7015
BS-639	E 5130 B20

Область применения

Для сварки конструкций из стали марок 10ХСН2Д, 48КС. Для сварки перечисленных марок сталей со сталями марок СтЗ, БСтЗ, 09Г2, 10Г2С1Д-35, 10Г2С1Д-40, 10ХСНД, МС-1, СтЗс, 10, 15, 20.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-100 130-160 180-210	70-90 130-140 160-180	70-90 130-140 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод*	Кремний*	Марганец*	Сера	Фосфор
не более	0,18-0,50	0,65-1,20	не более	
0,11			0,03	0,03

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	510	20	130

* Справочные данные

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства

Электрод **УОНИ-13/65**

$\frac{Э60-УОНИ-13/65-\varnothing-УД}{Е-513-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

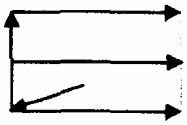
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560	E 513 B20
DIN 1913	E 5130 B10
AWSA5. 1	E 8015
BS-639	E 5130 B20

Область применения

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590 МПа

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-110 130-160 160-210	70-90 120-140 150-170	70-90 120-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Сера	Фосфор
не более	0,35-0,55	1,00-1,50	не более	
0,17			0,030	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	590	20	150

Особые свойства: металл шва характеризуется высокой стойкостью к кристаллизационным трещинам и низким содержанием водорода. Электроды

склонны к порообразованию при удлинении дуги и при сварке по окисленной поверхности.

Электрод **ЦУ-5**

$\frac{Ý50À-ÖÓ-5-\varnothing-ÓÄ}{Å-513-Á20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

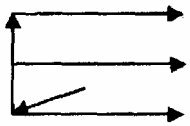
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560 E 513 B20
DIN 1913 E 5130 B10
AWSA5.1 E 7015
BS-639 E 5130 B20

Область применения

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	70-85	65-85

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Сера	Фосфор
0,06-0,12	0,20-0,50	1,00-1,60	не более	
			0,030	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	490	20	137

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

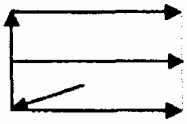
Электрод **УОНИ-13/85**

$\frac{Ý85-ÓÎÍÈ\quad -13/85-\varnothing-ËÄ}{Å-12Ã2ÑÌ\quad -0-Á20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

Область применения

Для сварки ответственных и особо ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву 690-980 МПа

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	90-120 140-170 180-220	80-100 130-150 150-180	80-100 130-150 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Молибден	Сера	Фосфор
не более	0,6-0,9	0,95-1,40	0,80-1,20	не более	
0,17				0.030	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытании, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
после т/о	+20	835	16	80

Особые свойства: металл шва характеризуется высокой стойкостью к кристаллизационным трещинам и низким содержанием водорода. Электроды

склонны к порообразованию при удлинении дуги и при сварке по окисленной поверхности,

13.2. Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Электрод **ТМЛ-1У**

$$\frac{Э09Х1М - ТИЛ - 1У - Д - ТД}{Е - 15 - Б20}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

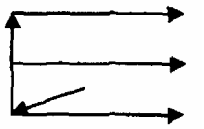
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580	E 1 CrMoB20
DIN 8575	E Kb, CrMo 120
AWS A5.5	E 6015 B2
BS 2943	E 1 CrMo B

Область применения

Для сварки оборудования и трубопроводов из сталей марок 12МХ, 15ХМ, 20ХМЛ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФБ и 12Х2МФСР, работающих при температурах до 540° С

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90-115	75-100	60-90
4,0	130-170	110-140	100-120
5,0	170-200	140-170	-

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Сера	Фосфор
0,06-0,12	0,15-0,4	0,5-0,9	0.8-1,2	0,4-0,7	не более	
					0,025	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2

Высокий отпуск 725±15°С 1+0,5 ч	+20	470	18	88

Электрод **ТМЛ-3У**

$\frac{Э09Х1МО - ТМЛ - 3У - Д - ТД}{Е - 16 - Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

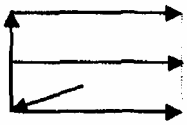
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 1 CrMoV B20
DIN 8575 E Kb, CrMoVI 20
AWS A5 5 E 8015-G
BS 2943 E 1 CrMoV B

Область применения

Для сварки оборудования и трубопроводов из сталей марок 12МХ, 15ХМ, 20ХМЛ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФБ, 12Х2МФСР, 20ХМФЛ, 15Х1М1Ф и 15Х1М1ФЛ, работающих при температурах до 570° С

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	90-115 130-170 170-200	75-100 110-140 140-170	60-90 100-120 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Ванадий	Сера	Фосфор
0,08-0,12	0,15-0,40	0,50-0,90	0,80-1,25	0,40-0,70	0,15-0,30	не более	
						0,025	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2

Высокий отпуск 735±15°С 1+0,5 ч	+20	490	16	78,5

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **АНО-4**

$\frac{Э46-АНО-4-\varnothing-УД}{Е-430(3)-Р21}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

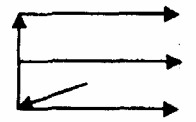
Обозначения по международным стандартам

ISO 2560 E 43 3 R 21
DIN 1913 E 43 30 R3
AWSA5.1 E6012
BS-639 E 43 30 R 21

Область применения

Для сварки рядовых и ответственных конструкций из углеродистых сталей.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия рутиловое

Режим сварки

Ток Переменный и постоянный, любой полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	100-140 170-210 190-270	90-110 140-150 150-170	100-120 140-170 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
не более	0.55-0.80	не более		
0.10		0,20	0,035	0.035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. Удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2

без т/о	+20	450	340	18	78

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства

Электрод **ЦЛ-39**

$\frac{Ý09ÕÌÔ - ÖË - 39 - 2{,}5 - ÒÄ}{Å - 16 - Á20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

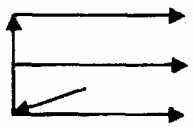
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 1 CrMoV B20
DIN 8575 E Kb, CrMoVI 20
AWS A5.5 E6015-G
BS 2943 E 1 CrMoV B

Область применения

Для сварки трубных деталей и сборочных единиц поверхностей теплообмена котлоагрегатов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей, работающих при температуре до 565° С

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	70-85	65-85

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Ванадий	Сера	Фосфор
0,06-0,12	0,20-0,40	0,60-0,90	0,80-1,25	0.40-0,70	0,12-0,30	не более	
						0,025	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2

Высокий отпуск 735±15°С 5 часов	+20	490	16	78

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **ТМЛ-5**

$\frac{Э-06Х1М-ТИЛ-5-Д-ТА}{Е-15-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75

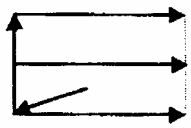
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 1 CrMo B20
DIN 8575 E Kb, CrMo 1 20
AWS A5.5 E6015-B2
BS 2943 E 1 CrMo B

Область применения

Для заварки дефектов в литых деталях энергооборудования из сталей 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ, 20ХМЛ и им подобных без последующей термообработки

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0	80-110 120-170	60-90 100-130	60-90 100-130

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Сера	Фосфор
не более	0,25-0,40	0,50-0,70	0,55-0,80	0,45-0,60	не более	
0,065					0,025	0,025

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	550	18	88

13.3. Электроды для сварки высоколегированных сталей

Электрод **ЭА-395/9**

$$\frac{Э-11Х15Н\ 25М\ 6АГ2-ЭА-395/9-\varnothing-ЕД}{Е-001-Б20}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 100**52-75**

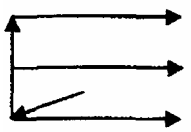
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 16.25.6 B20
DIN 8575 E 16.25.6 B20
BS 2943 E 16.25.6B

Область применения

Для сварки ответственных конструкций из легированных высокопрочных сталей и из разнородных сталей, а также для выполнения первого слоя при двух- и трехслойной наплавке коррозионностойкого покрытия и для облицовки кромок изделий из сталей перлитного класса в их соединениях с аустенитными сталями.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-100 100-150 150-180	70-90 100-130 -	70-90 100-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Азот	Сера	Фосфор
не более	0,35-0,70	1,20-2,80	13,5-17,0	20,0-27,0	4,5-7,0	0,08-0,20	не более	
0,12							0,018	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний,ºС	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Относит. сужение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	608	392	30	45	120

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства.

Электрод **ЭА-400/10У**

$$\frac{Э-07Х19Н\ 11М\ 3Г2О-ЭА-400/10У-\varnothing-ВД}{Е-2241-Б20}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

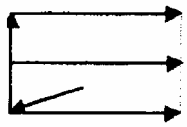
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 19,12.3 B20
DIN 8575 E 19.12.3 B20
AWS A 5.5 E 317-15
BS 2943 E 19.12.3 B

Область применения

Для сварки оборудования из коррозионностойких хромоникелевых и хромоникелемолибденовых сталей работающих в агрессивных средах и не подвергающегося термообработке после сварки, а также для наплавки второго слоя на поверхность изделий из перлитных сталей.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-100 130-150 150-170	60-80 110-130 -	60-80 110-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Ванадий	Сера	Фосфор
не более		1,1-3,1	16,8-19,0	9,0-12,0	2,0-3,5	0,30-0,75	не более	

0,10	0,60						0,025	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость,, Дж/см^2
без т/о	+20	540	340	25	90

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства.

Особые свойства: Содержание ферритной фазы в наплавленном металле: 2 – 8 %.Наплавленный металл обеспечивает стойкость против образования горячих трещин, а также против межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМ ГОСТ 6032-89.

Электрод **ЭА-400/10Т**

$$\frac{Э-07Х19Н\ 11М\ 3Г2Ф-ЭА-400/10Т-\varnothing-АД}{Е-2214-Б20}$$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

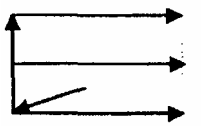
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 19.12.3 B20
DIN 8575 E 19.12.3 B20
AWS A 5.5 E 317-15
BS 2943 E 19.12.3B

Область применения

Для сварки оборудования из коррозионностойких хромоникелевых . и хромоникелемолибденовых сталей работающих в агрессивных средах и не подвергающегося термообработке после сварки, а также для наплавки второго слоя на поверхность изделий из перлитных сталей.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-100 130-150 150-170	60-80 110-130 -	60-80 110-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Ванадий	Сера	фосфор
не более		1,1-3,1	16,8-19,0	9,0-12,0	2,0-3,5	0,30-0,75	не более	
0,10	0,60						0,025	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20 +350	540	340 280	25	90

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО, Сертификат об одобрении Морского Регистра Судоходства.

Особые свойства: Содержание ферритной фазы в наплавленном металле: 2 – 8 %. Наплавленный металл обеспечивает стойкость против образования горячих трещин, а также против межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМ ГОСТ 6032-89.

Электрод **ЭА-981/15**

$\frac{Э-09Х15Н\ 25М\ 6Г2Ф-ЭА-981/15-\varnothing-ВД}{Е-000-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

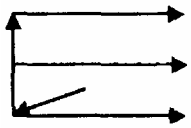
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 16.25.6 B20
DIN 8575 E 16.25.6 B20
BS 2943 E 16.25.6 B

Область применения

Для сварки высоколегированных нержавеющих сталей, а также теплоустойчивых и высокопрочных легированных сталей.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-100 120-150 150-180	70-90 100-130 130-150	70-90 100-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Ванадий	Молибден	Азот	Сера	Фосфор
0,06-0,12	0,30-0,65	1,50-3,00	13,5-17,0	22.0-27,0	0,9-1,6	4,5-7,0	0.08-0,20	не более	
								0,018	0,018

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, ºС	Временное сопротивле-ние, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Относит. сужение. %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	677	490	26	45	100

Электрод **ЦТ-15**

$\frac{Э-08Х19Н10Г2Б-ОЦ-15-\varnothing-ВД}{Е-2453-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

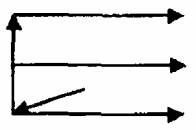
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E 19.9 Nb B20
DIN 8575 E 19.9 Nb B20
AWS A 5.5 E 347-15
BS 2943 E19.9NbB

Область применения

Для сварки ответственных узлов конструкций из аустенитных сталей марок Х20Н12ТЛ, Х16Н13Б, 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т и им подобных, работающих при температуре 570-650°С и высоком давлении, а также для сварки сталей тех же марок, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75-90	60-80	60-80
3,0	80-100	70-90	70-90
4,0	110-140	100-130	100-120
5,0	150-180	135-160	-

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Хром	Ниобий	Сера	Фосфор
0,05-0,12	0,15-0,70	1,0-2,5	8,5-10,5	18,0-20,5	0,7-1,3	не более	

						0,020	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	588	не норм.	24	78

Особые свойства: металл шва стоек к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ по ГОСТ 6032–89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле: 2,5–5,5 %.

Электрод **ЦЛ-11**

$\frac{Э-08Х20Н9Г2Б-ОЛ-11-\varnothing-ВД}{Е-2005-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

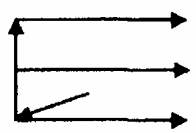
Обозначения по международным стандартам

ISO 3580 E19.9NbB20
DIN 8575 E 19.9 Nb B20
AWS A 5.5 E 347-15
BS 2943 E19.9NbB

Область применения

Для сварки высоколегированных коррозионностойких сталей марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Т и др., когда к металлу шва предъявляются требования стойкости к межкристаллитной коррозии.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

	Положение швов		
Диаметр, мм	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
3,0 4,0 5,0	70-90 130-150 150-180	50-80 110-130 120-160	50-80 110-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

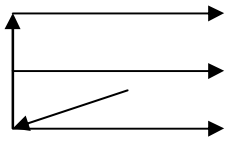
Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Хром	Ниобий	Сера	Фосфор
0,05-0,12	не более	1,0-2,5	8,0-10,5	18,0-22,0	0,7-1,3	не более	
	1,30					0,020	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	540	22	80

Особые свойства: Содержание ферритной фазы в наплавленном металле: 2,5–10 %. Наплавленный металл обеспечивает стойкость против межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМ ГОСТ 6032–89.

Электрод **ЦТ-28**

Ý – 08Õ14Í 65Ì 15Â4Ã2 – ÖÒ – 28 – ∅ – ÂÄ / Å – 000 – Á20 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75		**Область применения** Для сварки ответственного оборудования из сплавов на никелевой основе марок ХН78Т, ХН70ВМЮТ и им подобных, также разнородных металлов (перлитных, хромистых сталей со сплавами на никелевой основе)
Положение свариваемых швов		**Вид покрытия** основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3.0 4,0	80-100 110-140	70-80 100-125	70-90 100-125

Химический состав наплавленного металла, %

Никель	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Вольфрам	Сера	Фосфор
основа	не более		1,5-2,5	12,5-15,5	13,5-16,0	3,5-4,5	не более	
	0,10	0,5					0,018	0,020

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	540	не норм.	20	100

Электрод **НЖ-13**

$\frac{Э-09Х19Н10Г2М2Б-Н Ж-13-\varnothing-ВС}{Е-2005-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

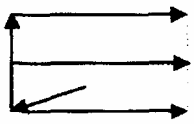
Обозначения по международным стандартам

ISO 3581 E 19.12.2NbB20
DIN 8556 E 19.12.2NbB20
AWS A 5.4 E 318-15
BS 2926 E 19.12.2NbB

Область применения

Для сварки коррозионностойких хромоникелемолибденовых сталей марок 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х21 Н6М2Т, работающих при температуре до 350° С.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	70-90 110-140 150-180	60-80 100-130 120-140	60-70 90-120 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Моли-бден	Ниобий	Сера	Фосфор
не более		1,0-2,5	17,0-20,0	8,5-12,0	1,8-3,0	0,7-1,3	не более	
0,12	1,2						0,020	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	590	313	22	70

Особые свойства: металл шва стоек *к* межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032–89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле: 2–10 %.

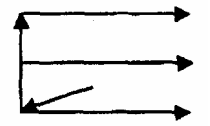
Электрод **УОНИ-13/НЖ**

$$\frac{Э-06Х19Н\ 11Г2-УОНИ\quad -1/ЦЖ-Ø-ВС}{Б-000-Б20}$$ ГОСТ 9466-75, ОСТ 5.9224-75

Область применения

Для сварки конструкций из стали марок 20Х13, 12Х18Н9Т и других коррозионностойких, кислостойких, жаропрочных и маломагнитных сталей, а также для наплавки поверхностных слоев на конструкционные стали.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-110 120-140 160-180	70-90 110-130 145-165	70-90 110-130 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
не более	0,50-1,20	1,0-2,0	16,0-19,0	8,0-11,0	не более	
0,1					0,030	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	490	не норм.	27	90

Электрод **ОЗЛ-6**

$\frac{Э-10Х25Н13Г2-ИЗ-6-\varnothing-УД}{Е-2975-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75, ОСТ 5.9224-75

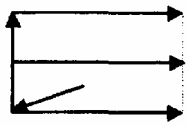
Обозначения по международным стандартам

ISO 3581 E23.12B20
DIN 8556 E23.12B20
AWS A5.4 E 309-15
BS 2926 E 23.12 B

Область применения

Для сварки ответственного оборудования из литья и проката жаростойких сталей марок 20Х23Н13, 20Х23Н18 и им подобных, работающего в окислительных средах при температуре до 1000°С. Возможна сварка хромистой стали марки 15Х25Т и ей подобных, стали марки 25Х25Н20С2, а также сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными сталями аустенитного класса.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	60-80 120-140 140-160	50-70 100-120 120-140	50-70 100-110 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор

не более		1,0-2,5	22,5-27,0	11,5-14,0	не более	
0,12	1,0				0,02	0,03

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20±10	560	340	33	100

Электрод **ОЗЛ-8**

$\frac{Э-07Х20Н9-ЮЗЛ-8-Ф-ВД}{Е-2004-Б20}$ ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75

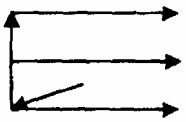
Обозначения по международным стандартам

ISO 3581 E19.9B20
DIN 8556 E 19.9 B20
AWS A 5.4 E 308-15
BS 2926 E 19.9 B

Область применения

Для сварки ответственных изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н1ОТ и им подобных, когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	50-70 110-130 150-170	50-60 110-120 120-150	50-60 100-120 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
не более	0,3-1,2	1,0-2,0	18,0-21,5	7,5-10,0	не более	

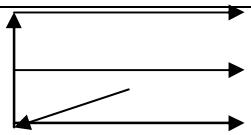
0,09					0,020	0,030

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	540	не норм.	30	100

13.4. Электроды для наплавки

Электрод **УОНИ-13/Н1-БК**

Ý – 09Õ31Í 8ÀÌ 2 – ÓÎÍÈ – 13 / Í 1 – ÁÊ – ∅ – ÍÄ Å – 450 / 45 – 2 – Á40 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75		**Область применения** Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающей при трении в средах высокой агрессивности, при температурах до 600° С.
Положение свариваемых швов		Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

	Положение швов		
Диаметр, мм	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
4,0 5,0	120-140 150-180	-	-

Химический состав наплавленного металла, %

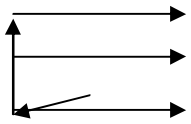
Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Азот	Сера	Фосфор
не более			30,0-33,0	7,0-9,0	1,8-2,4	0,3-0,4	не более	
0,12	1,0	1,0					0,030	0,030

Механические свойства наплавленного металла (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Твердость наплавленного металла, HRCэ
без т/о	+20	20,0-28,0
отпуск 800°С, 5 часов	+20	40,0-48,0

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **ЦН-6Л**

ÝÀ – 08Õ17Í 8Ñ6Ã – ÖÍ – 6Ë – ∅ – ÍÄ Å – 300 / 32 – 2 – Á40 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75		**Область применения** Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающих при температурах не выше 565° С.
Положение свариваемых швов		Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	80-110 120-150 160-190	- - -	- - -

Химический состав наплавленного металла, %

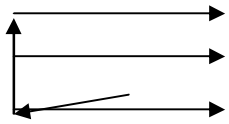
Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
0,05-0,12	5.20-6,00	1,00-2,00	15,50-17,50	7,00-9,00	не более	
					0,025	0,030

Механические свойства наплавленного металла (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Твердость наплавленного металла, HRCэ
отпуск 625° С 1 час	+20	29,5-39

Сертификаты ГОСТ Р и УкрСЕПРО

Электрод **ЦН-12М**

Ý–13Õ16Í 8Ì 5Ñ5Ã4Á–ÖÍ –12Ì –∅–ÍÄ Å–450/45–2–Á40 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75		**Область применения** Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры энергетических установок
Положение свариваемых швов		Вид покрытия основное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
4,0 5,0	120-150 160-190	- -	- -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Моли-бден	Ниобий	Сера	Фосфор
0,08-0,18	4,0-5,0	3,0-5,0	15,0-18,0	6,5-9,5	4,5-6,5	0,5-1,2	не более	
							0,025	0,030

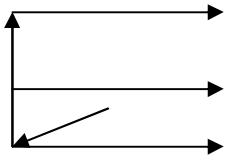
Механические свойства наплавленного металла (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Твердость наплавленного металла, HPCэ

Отпуск 860±15°С 1 час	+20	39,5-51,5

Особые свойства: наплавку выполнять с подогревом металла до температуры 500-600º С.

Электрод **Т-590**

Э – 320Х25Н2ГР– Т590 – ∅ – НГ А – 750 / 61 – 1 – П 42 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75		**Область применения** Для наплавки стальных и чугунных деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания**.**
Положение свариваемых швов		Вид покрытия прочее

Режим наплавки

Ток Постоянный, прямой полярности

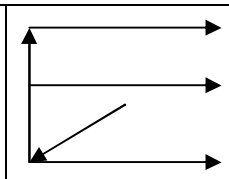
Диаметр, мм	Ток, А
4,0 5,0	120-160 160-200

Механические свойства наплавленного металла (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Твердость наплавленного металла, HRCэ
без т/о	+20	58,0-64,0

13.5. Электроды для подводной сварки

Электрод **ЛКИ-1П**

Ý38 – ËÊÈ – 1Ï – ∅ – ÓÄ Å – 370 – Ï 26 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75		**Область применения** Для ручной дуговой подводной сварки "мокрым" способом конструкций из углеродистых сталей.
Положение свариваемых швов		Вид покрытия прочее

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	140-180 180-220 220-250	130-170 170-220 210-240	130-170 170-220 -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
		не более		
0,09	0,8	0,3	0,03	0,035

Механические свойства металла шва (не менее)

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
без т/о	+20	390	не норм.	8	80

13.6. Электроды для ручной дуговой резки

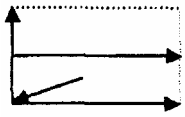
Электрод **ЭЛЗ-Р-1**

$$\frac{\text{ÝËÇ} - Ð - 1 - \varnothing}{\text{ÒÓ}1272 - 008 - 11142 - 306 - 96}$$

Область применения

Для ручной дуговой резки металлолома из всех марок углеродистых, нержавеющих сталей, чугунов и медных сплавов, отрезки литниковых систем, прибылей, выплавки дефектов отливок сварных швов, монтажа и демонтажа металлоконструкций

Положение разреза



Вид покрытия Кислое

Режим резки

Ток Переменный от источника тока с напряжением холостого хода не менее 50 В, а также постоянный любой полярности от источника с падающей характеристикой.

Диаметр, мм	Положение разреза	
	нижнее	горизонтальное, вертикальное снизу вверх

4,0 5,0	200-300 250-350	150-250 200-300

Химический состав наплавленного металла
не регламентируется

Механические свойства металла шва
не регламентируются

Дополнительная информация:
а) расход электродов 0,6–0,7 кг/кг выплавленного металла.
б) производительность резки (кг/ч), не менее:
Ø – 04,0-7
Ø – 05,0-12

13.7. Электроды для сварки чугуна

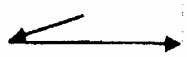
Электрод **ЦЧ-4**

ЦЧ-4-Ø
ТУ-14-4831-77

Область применения

Для холодной сварки конструкций из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, серого чугуна с пластинчатым графитом, а также их сочетаний со сталью и для заварки дефектов чугунного литья

Положение свариваемых швов



Вид покрытия прочее

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	65-80 90-120 130-150	- - -	- - -

Химический состав наплавленного металла, %

Углерод	Марганец, не	Кремний	Ванадий	Сера	Фосфор

	более				
0,25	2,5	0,8	8,5-10,5	Не более	
				0,04	0,07

Механические свойства металла шва

Вид т/о	Температура испытаний, °С	Твердость наплавленного металла (справочно), НВ
без т/о	+20	не более
		220

Особые свойства: сварку производить небольшими участками длиной 25–35 мм с послойным охлаждением на воздухе до 60° С. При сварке ковкого и высокопрочного чугуна длина валика может быть увеличена до 80–100 мм.

13.8. Электроды для сварки и наплавки цветных металлов и сплавов

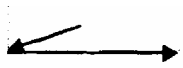
Электрод **ЛПИ-73**

ЛПИ-73-Ø-С
ТУ 1273-002-11142306-95

Область применения

Для ручной дуговой сварки и ремонта деталей из алюминиевых бронз марок БрАЖНМц 9-4-4-1, БрАЖНМц 8.5-4-5-1.5 и аналогичных им, для ремонта мелких дефектов деталей из модифицированного чугуна.

Положение свариваемых швов



Вид покрытия специальное

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности от источника тока с напряжением холостого хода 70+10В

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
4,0 5,0	120-160 160-200	-	-

Химический состав наплавленного металла, %

Марка проволоки электродного стержня	Алюминий, не менее	Кремний, не более
БрАМц 9-2 БрАЖНМц 8,5-4-5-1,5	7,2 7,0	0,5 0,5

Механические свойства металла шва (не менее)

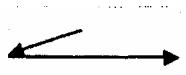
Марка проволоки электродного стержня	Вид т/о	Температура испытаний, °С	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %
БрАМц 9-2 БрАЖНМц 8.5-4-5-1,5	без т/о без т/о	+20 +20	400 550	180 220	16 12

Электрод **КОМСОМОЛЕЦ-100**

Область применения

Для сварки меди и медных сплавов

Положение свариваемых швов



Вид покрытия прочее

Режим сварки

Ток Постоянный, обратной полярности

Диаметр, мм	Положение швов		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0 4,0 5,0	90-110 120-140 170-190	- - -	- - -

Химический состав наплавленного металла

не регламентируется

Механические свойства металла шва
не регламентируются

14. ТРЕБОВАНИЯ К ПАСПОРТУ ЭЛЕКТРОДОВ КОНКРЕТНОЙ МАРКИ

1. Паспорт должен быть разработан на электроды каждой марки, если технические условия на электроды данной марки отсутствуют или не содержат всех требований и данных, подлежащих включению в паспорт.

2. Паспорт разрабатывает и утверждает организация (предприятие) – разработчик электродов конкретной марки.

3. Паспорт должен быть согласован с головной организацией по сварке того министерства (ведомства), в систему которого входит организация (предприятие) – разработчик электродов конкретной марки, и с предприятием-изготовителем, первым осваивающим изготовление электродов данной марки в промышленных условиях.

Паспорт, предусматривающий изготовление электродов 2 и 3-й групп, должен быть дополнительно согласован и с другими предприятиями-изготовителями электродов данной марки. Дополнительное согласование паспорта осуществляет потребитель или организация (предприятие) – разработчик электродов конкретной марки.

4. В паспорте электродов каждой марки должны быть учтены требования настоящего стандарта и включены другие необходимые требования и данные, специфичные для электродов данной марки.

В паспортах электродов стандартизованных типов должны быть учтены также требования ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75.

5. В паспортах должны содержаться следующие основные требования и данные:

- марка, присвоенная электродам организацией (предприятием)-разработчиком;

- тип электродов по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75 (в паспортах электродов, не относящихся к типам по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75, типы не указывают);
- назначение электродов с указанием марок свариваемых сталей и условий эксплуатации выполненных сварных соединений или наплавленных слоев;
- среднее отношение диаметра покрытия к диаметру электрода $\frac{D}{d}$ с указанием толщины покрытия в соответствии с классификацией по п.5;
- группы качества изготавливаемых электродов с указанием предприятий-изготовителей электродов 2 и 3-й групп;
- вид покрытия;
- допустимые пространственные положения сварки или наплавки;
- род применяемого при сварке или наплавке тока;
- рекомендуемая полярность постоянного тока – в паспортах электродов для сварки или наплавки только на постоянном токе;
- рекомендуемая полярность постоянного тока и номинальное напряжение холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц – в паспортах электродов для сварки или наплавки на переменном и постоянном токе;
- размеры изготавливаемых электродов (d и L);
- марка проволоки электродных стержней с указанием обозначения стандарта или технических условий;
- состав покрытия с указанием наименований и марок компонентов, стандартов или технических условия на компоненты, а. также плотности,. Вязкости и модуля жидкого стекла или соответствующих характеристик другого связующего компонента;
- коэффициенты массы покрытия, диаметры покрытия (D) и диаметры калибрующих втулок для электродов всех изготавливаемых диаметров;
- режимы сушки и прокалки;
- высота свободного падения электродов при проверке прочности покрытия – в паспортах электродов с особо толстым покрытием;
- допустимое содержание влаги в покрытии после сушки и прокалки электродов, а также перед их использованием;
- температура доведения снятого с электрода покрытия до постоянной массы при проверке содержания влаги в покрытии – в паспортах электродов с покрытиями смешанного вида и видов П, а также с покрытиями видов А и Р, содержащих целлюлозу;
- режимы повторной прокалки перед использованием электродов в случае превышения допустимого содержания влаги в покрытии;
- марка стали пластин, используемых при проверке сварочно-технологических свойств электродов, с указанием номера стандарта или технических условий на лист – в паспортах электродов, предназначенных для сварки как углеродистых, так и низколегированных конструкционных сталей, или для сварки низколегированных, легированных или высоколегированных

сталей нескольких марок, или для сварки стали, из которой листовой прокат не изготавливается;

- марка стали пластин и подкладок, используемых при проверке механических свойств металла шва, с указанием обозначения стандарта или технических условий на лист – в паспортах электродов, предназначенных для сварки низколегированных, легированных или высоколегированных сталей нескольких марок или для сварки стали, из которой листовой прокат не изготавливается;
- марка стали пластин, используемых при проверке механических свойств сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм, с указанием номера стандарта или технических условий на лист – в паспортах электродов, предназначенных для сварки углеродистых или низколегированных конструкционных сталей нескольких марок или для сварки стали, из которой листовой прокат не изготавливается;
- пространственное положение сварки одностороннего таврового образца при проверке сварочно-технологических свойств электродов;
- необходимость и режимы предварительного и сопутствующего сварке или наплавке подогрева металла;
- рекомендуемые величины тока при сварке или наплавке электродами всех изготавливаемых диаметров во всех допустимых пространственных положениях;
- напряжение на дуге;
- требования по допустимости, размерам и количеству газовых и шлаковых включений, рыхлот, надрывов и трещин в наплавленном металле – в паспортах электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами;
- дополнительные указания по отбору стружки из наплавленного металла содержанием углерода менее 0,04 % – только в паспортах электродов, обеспечивающих наплавленный металл с указанным содержанием углерода;
- химический состав наплавленного металла с указанием пределов содержания каждого элемента;
- необходимость, вид и режимы термической обработки металла шва, наплавленного металла или сварного соединения перед механическими испытаниями;
- тип образцов (VI пли IX) по ГОСТ 6996-66 для испытания металла шва и наплавленного металла на ударный изгиб (ударную вязкость) – в паспортах всех электродов для сварки сталей;
- предельные значения механических свойств металла шва, наплавленного металла и сварного соединения при нормальной температуре, в том числе:

- временного сопротивления разрыву, предела текучести, относительного удлинения и ударной вязкости металла шва или наплавленного металла – в паспортах всех электродов для сварки сталей;

- временного сопротивления разрыву и угла загиба сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм – в паспортах электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву менее 600 МПа;

- твердости наплавленного металла – для электродов, предназначенных для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами;

- особые требования к электродам 2 и 3-й групп – в паспортах, предусматривающих изготовление электродов указанных групп;

- перечень приемо-сдаточных характеристик;

- коэффициент наплавки;

- расход электродов на 1 кг наплавленного металла;

- валовые выделения наиболее вредных веществ в граммах на 1 кг расходуемых электродов;

- сведения, необходимые для составления группы индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 и ГОСТ 10052-75, в том числе:

- минимальную температуру, при которой ударная вязкость металла шва и наплавленного металла шва (при испытании образцов типа IX по ГОСТ 6996-66) составляет не менее 35 МПа – в паспортах электродов для сварки углеродистых, низколегированных сталей,

- рабочие температуры, при которых регламентированы показатели длительной прочности наплавленного металла и металла шва, с указанием минимальных значений этих показателей – в паспортах электродов для сварки легированных теплоустойчивых и высоколегированных сталей,

- характеристики коррозионной стойкости наплавленного металла и металла шва б указанием метода их испытания на межкристаллитную коррозию по ГОСТ 6032-75 – в паспортах электродов для сварки высоколегированных сталей,

- максимальную рабочую температуру сварных соединений, до которой допускается применение электродов при сварке жаростойких сталей, – в паспортах электродов для сварки высоколегированных сталей,

- предельные содержания ферритной фазы в наплавленном металле в паспортах электродов обеспечивающих аустенитно-ферритную структуру наплавленного металла.

Примечания:

1 Допустимое содержание влаги в покрытии электродов перед их использованием может быть дифференцировано в зависимости от марок свариваемых сталей (если электроды предназначены для сварки сталей нескольких марок) или условий эксплуатации сварных соединений и наплавленных слоев.

2 Требования паспорта, не включенные в приемо-сдаточные характеристики являются факультативными.

3 Помимо основных требований и данных по п. 5 в зависимости от назначения, специфики и диаметра электродов в паспортах следует дополнительно предусматривать:

- необходимость вышлифовки кратеров;

- допустимость (с согласия потребителя) изготовления партии электродов с использованием стержней из легированной или высоколегированной проволоки двух или нескольких партий, состоящих из проволоки одной марки, одного диаметра, одного назначения, одного вида поверхности и близких по химическому составу металла, с указанием предельно допустимой разницы фактического содержания каждого из основных элементов в металле проволоки используемых плавок;

- необходимость выполнения трубного сварного стыкового образца вместо одностороннего сварного таврового образца с указанием марки стали используемых труб и обозначения стандарта или технических условий на трубы (марка стали труб и обозначение стандарта или технических условий указываются только в паспортах электродов, предназначенных для сварки как углеродистых, так и низколегированных сталей, или для сварки низколегированных, легированных или высоколегированных сталей нескольких марок, или для сварки стали из которой трубы не изготавливаются);

- необходимость выполнения более жесткой пробы для проверки склонности сварных швов к образованию трещин (вместо выполнения двустороннего сварного таврового образца);

- допустимость обеспечения отсутствия склонности к образованию трещин сварных швах без проверки сварочно-технологических свойств электродов на двустороннем сварном тавровом образце;

- допустимость выполнения наплавочного образца с тремя или двумя наплавленными слоями при проверке сварочно-технологических свойств электродов, а также пятислойной наплавки для проверки химического состава наплавленного металла – в паспортах электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами, обеспечивающих среднюю твердость наплавленного металла HRC>42;

- необходимость сварки односторонних тавровых образцов более чем за один проход с указанием количества проходов и катета шва в зависимости от диаметра проверяемых электродов;

- допустимость замены количественного анализа химического состава наплавленного металла его качественным спектральным анализом на подтверждение марочного состава с указанием легирующих элементов, проверяемых на наличие, отсутствие или ориентировочное содержание - в паспортах электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (если применение разупрочняющей термической обработки не может обеспечить снижение средней твердости наплавленного металла до HRC> 42);

- особые условия выполнения сварки или наплавки (ширина выполняемых валиков, условия их охлаждения и др.);

- допустимость замены проверки механических свойств металла шва проверкой механических свойств сварного соединения при контроле электродов диаметром менее 3 мм с указанием марки стали используемых

при проверке пластин, обозначения стандарта или технических условий на лист, предельных значений временного сопротивления разрыву и угла загиба сварного соединения, а также допустимость уменьшения толщины свариваемых пластин до 2 мм – в паспортах электродов для сварки легированных и высоколегированных сталей;

- допустимость проведения испытаний на растяжение на образцах типа XXIV и испытаний на статический изгиб на образцах типа XXVI по ГОСТ 6996-66 при проверке механических свойств сварного соединения;
- особые условия проведения испытаний механических свойств металла шва, наплавленного металла и сварного соединения;
- необходимость предварительного выдерживания образцов (или их заготовок) для испытания на растяжение и статический изгиб в электрической печи или в кипящей воде;
- допустимое корректирование состава покрытия для обеспечения заданного содержания ферритной фазы в наплавленном металле при соблюдении требований к его химическому составу – в паспортах электродов, обеспечивающих аустенитно-ферритную структуру наплавленного металла;
- необходимость проверки механических свойств металла шва, наплавленного металла или сварного соединения при высоких или низких температурах;
- специальные характеристики наплавленного металла или металла шва (чувствительность к старению, показатели жаростойкости и др.);
- другие специальные требования;
- методы испытаний, не приведенные в разделе 5 настоящего стандарта, но необходимые для проверки специальных приемо-сдаточных характеристик электродов с указанием формы, размеров и количества соответствующих проб и образцов.

15. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ СТАНДАРТУ ISO

Международная организация по стандартизации (ISO) представляет собой объединение национальных организаций по стандартизации. Разработка международных стандартов осуществляется техническими комитетами ISO. Международные стандарты, регламентирующие условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки, ISO 2560-73, 3580-75, 3581-76 были приняты следующими странами: Австрия, АРЕ, Бельгия, Великобритания, Израиль, Индия, Ирландия, Испания, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Румыния, СССР, США, Таиланд, Турция, Финляндия, Франция, ФРГ, Чехословакия, Швейцария, Швеция, Южная Корея, Япония. Условное обозначение покрытых электродов для ручной дуговой сварки или наплавке регламентируется следующими стандартами:

ISO 2560-73 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей. Система условных обозначений» устанавливает систему условных обозначений электродов в зависимости от состава покрытия и характеристик металла сварного шва. Распространяется на покрытые электроды, предназначенные для ручной дуговой сварки малоуглеродистых сталей, нормальной прочности и низколегированных сталей с нормальной прочностью от 490 до 590 Н/мм^2;

ISO 3580-75 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки, теплоустойчивых сталей. Система условных обозначений». ISO 3581-76 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки коррозионностойких и других высоколегированных сталей. Система условных обозначений».

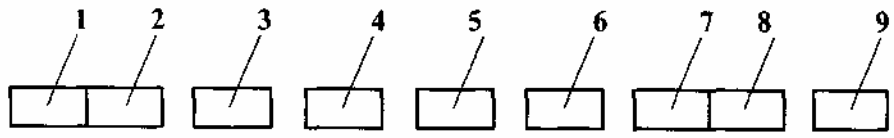


Рис. 9. Структура условного обозначения электрода по ISO 3580-75

В структуру условного обозначения электрода включены следующие позиции:

1 – общее обозначение, характеризующее рассматриваемое изделие.

Основным символом для обозначения электродов, предназначенных для ручной дуговой сварки, является буква Е. Она ставится в начале обозначения.

2 – обозначения, характеризующие электрод по составу материала.

Ко второй части обозначения относятся в основном символы, характеризующие обозначение электродов, связанное с его химическим составом и механическими свойствами.

Для малоуглеродистых и низколегированных сталей в этой позиции химический состав не рассматривается. Обозначение производится в зависимости от предела прочности на растяжение металла сварного шва.

Установлены 2 класса электродов по пределу прочности на растяжение:

1 класс — для $a_в$ от 430 до 510 Н/мм^2 — обозначается индексом «43»;

2 класс — для $a_в$ от 510 до 610 Н/мм^2 — обозначается индексом «51».

Ввиду возможных отклонений, возникающих при сварке и испытаниях, верхние пределы 510 и 610 Н/мм^2 могут быть превышены на 40 Н/мм^2.

Для сварки коррозионностойких, жаропрочных и теплоустойчивых сталей, электроды в этой позиции маркируются по химическому составу. В маркировке электродов для сварки теплоустойчивых сталей по ISO 3580-75 первая цифра означает содержание хрома в наплавленном металле, затем перечисляются обозначения других легирующих элементов (табл. 25).

Таблица 25

Маркировка электродов по ISO 3580-75

Код электрода	Содержание легирующих элементов, %					
	C	Si	Mn	Cr	Mo	другие
1	2	3	4	5	6	7
Mo	max 0,12	0,8	1,5		0,4 - 0,7	
0,5CrMo	max 0,1 2	0,8	1,5	0,3 - 0,8	0,4 - 0,7	
0,5CrMoV	max 0,12	0,8	1.5	0,3 - 0,6	0,8 -1,2	V 0,25 - 0,6
1 CrMo	max 0,12	0,8	1,5	0,8 – 1,5	0,4 – 0,7	
1 CrMoV	max 0,12	0,8	1,5	0,9 - 1,3	0,1 - 0,7	V 0,1- 0,35
2 CrMo	max 0,12	0,9	1,5	2,0 – 2,6	0,9 - 1,3	
5 CrMo	max 0,12	0,9	1,5	4,0 – 6,0	0,4 – 0,7	
5 CrMoV	max 0,12	0,9	1,5	4,0 – 6,0	0,4 - 0,7	V 0,1 - 0,35
9 CrMo	max 0,12	0,9	1.5	8,0 – 10,0	0,9 – 1,2	
12 CrMoV	0,15-0,22	0,8	1,5	11,0 – 13,0	0,8 – 1,2	V 0,2 - 0,4 W 0,4 - 0,6

В маркировке электродов для сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей по ISO3581-76 первая цифра означает содержание хрома в наплавленном металле, затем ставится точка. Следующая цифра указывает содержание никеля, и после точки указывают содержание молибдена. Потом перечисляются обозначения других легирующих элементов (табл. 26).

Таблица 26

Маркировка электродов по ISO3581-76

Код электрода	Содержание легирующих элементов, %				
	C max	Cr	Ni	Mo	прочие элементы
1	2	3	4	5	6
13	0,12	11,0 - 14,0	-	1,0 MAX	

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6
13.1	0,07	12,0 - 15,0	0,8 - 1,5		
13.4	0,07	12,0 - 15,0	3,0 - 5,0		
17	0,10	15,0 - 18.0	-		
17.0.1	0,25	15,0 - 18.0	-	1,0 – 1,5	
30	0,10	27,0 - 30,0	-		
19.9	0,08	18,0 - 21,0	8,0 - 11,0		
19.9 L	0,04	18,0 - 21,0	8,0 – 11,0		
19.9 Nb	0,08	18,0 - 21,0	8,0 -11,0	-	Nb[1]
19.9 L Nb	0,04	18,0 - 21,0	8,0 - 11,0	-	Nb[1]
19.12.2	0,08	17,0 - 20,0	11.0 - 14,0	2,0 - 2,5	
19.12.2 L	0,04	17,0 - 20,0	11,0 – 14,0	2,0 – 2,5	
19.12.2 Nb	0,08	17,0 - 20,0	11,0 - 14,0	2,0 - 2,5	Nb[1]
19.12.3	0,08	17,0 - 20,0	10,0 - 14,0	2,5 - 3,5	
19.12.3 L	0,04	17,0 - 20,0	10,0 - 14,0	2,5 - 3.5	
19.12.3 Nb	0,08	17,0 - 20,0	10,0 - 14.0	2,5 - 3,5	Nb[1]
19.12.4	0,08	17,0 - 21,0	11,0 - 15,0	3,5 - 5,5	
19.12.4 L	0,04	17,0 - 21,0	11,0 - 15,0	3,5 - 5,5	
19.12.4 Nb	0,08	17,0 - 21.0	11,0 - 15,0	3,5 - 5,5	Nb[1]
22.12	0,15	20,0 - 23,0	10,0 - 13,0	—	
23.12	0,15	22,0 - 26.0	11,0 - 15.0	—	
23.12 L	0,04	22,0 - 26,0	11,0 - 15,0	—	
23.12 Nb	0,12	22,0 - 25,0	11,0 - 15,0	—	Nb[1]
23.12 W	0,20	22,0 - 25,0	11,0 - 15,0	—	W = 2,0-4,0
23.12.2	0,12	22,0 - 25,0	11,0 - 15,0	2,0 – 3,0	
16.8.2.	0,10	14,5 - 16,5	7,5 - 9.5	1,0 - 2,0	
17.8.2	0,10	16,5 - 18,5	8,0 - 9,5	1,5 - 2.5	
18.8 Mn	0,20	17,0 - 20,0	7,0 -10,0	—	Mn = 5,0-8,0
18.15.3 L	0,04	16,5 - 19,5	13,0- 16,0	2,5 - 3,5	
25.20	0.20	24,0 - 28,0	18,0 - 22,0	—	

25.20 L	0,04	24,0 - 28,0	18,0 - 22,0	—	
25.20 Nb	0,12	24,0 - 28.0	18,0 - 22,0	—	Nb[1]
25.20.2	0,12	25,0 - 28,0	20,0 - 22,0	2,0 - 3,0	
25.20 C	0,25 - 0,45	24,0 - 28,0	18,0 - 22,0	—	
25.25.2 Nb	0,10	24,0 - 27,0	24,0 -26,0	2,0 - 2,5	Nb[1]
18.20.2 Cu Nb	0,10	17.0 - 20,0	19,0 - 22,0	2,0 - 2,5	Cu = 1,8-2,2 Nb[1]
20.25.5 L Cu	0,04	19,0 - 22,0	24,0-26,0	4,0 - 6,0	Cu = 1,0-3,0
23.27.3 L Cu Nb	0,04	21,0 – 25,0	25,0 - 29,0	2,5 - 4,3	Cu = 2,5-3,5 Nb[1]
25.16 C Mn	0,25 – 0,45	23,0 - 26,0	14,5 - 17,0	—	Mn = 5,0-8,0
20.9 Nb	0,13	18.0 - 21,0	8,0 - 10,0	0,35 - 0,65	Nb[1]
20.9.3	0,10	18.5 - 21,0	8,0 - 10,0	2,0 - 4,0	
25.4	0,15	24,0 – 27,0	4,0 - 6,0	—	
29.9	0,15	28.0 - 32,0	8,0 - 12,0	—	
18.36	0,25	14,0 - 19,0	33,0 – 38,0	—	
17.12.Si	0,15	17,0 - 19,0	11,0 – 13,0	—	Si = 3,8-4,8

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6
24.14. Si	0,12	22,0 - 25,0	13,0 - 15,0	—	Si = 1,5-2,2
16.25.6	0,12	14,0 - 17,0	23,0 - 25,0	5,0 - 7,0	

[1] от Nb = min 8C до max 1,2%. Часть Nb может быть заменена Та.

3 - обозначения, характеризующие определенные механические свойства.

Для каждого класса электродов для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей по пределу прочности на растяжение установлены индексы групп на основе значений ударной вязкости и относительного удлинения. Показатели ударной вязкости определяются при испытании образца с V-образным надрезом по методу Шарпи. Кодировка групп и соответствующие им механические свойства представлены в таблице 27.

Таблица 27

Кодировка групп и соответствующие им механические свойства

Обозначение электрода	Предел прочности при растяжении, Н/мм^2	Минимальное относительное удлинение при L=5d, %	Температура для минимальной величины сопротивления удару 28 Дж, °С
43 0	430 - 510	—	—
43 1	430 - 510	20	+20
43 2	430 - 510	22	0
43 3	430 - 510	24	-20
43 4	430 - 510	24	-30
43 5	430 - 510	24	-40
51 0	510 - 610	-	-
51 1	510 - 610	18	+20
21 2	510 - 610	18	0

51 3	510 - 610	20	-20
51 4	510 - 610	20	-30
51 5	510 - 610	20	-40

4 – обозначения, характеризующие тип покрытия**.**

Тип покрытия условно обозначается буквами.

A – кислотное покрытие. Электроды с покрытием этого типа имеют среднюю толщину покрытия или толстое покрытие и образуют шлак с оксидами Fe, Mn, Si. С металлургической точки зрения эти покрытия имеют кислотный характер. Покрытия содержат достаточно большой процент ферромарганца или другого раскислителя. Этот тип электрода обычно обладает большой скоростью расплавления и может быть использован при большой силе тока. Проплавление может быть хорошим, особенно когда покрытие толстое. Эти электроды являются наиболее подходящими для сварки в нижнем положении, однако их можно также использовать при сварке в других положениях. Сварку такими электродами выполняют на постоянном или переменном токе, при сварке таким типом электродов свариваемость основного металла должна быть хорошая, иначе могут образовываться горячие трещины. Склонность к образованию горячих трещин в большей степени отмечается при выполнении горизонтальных, вертикальных или вертикальных угловых сварных швов, когда фактическое содержание углерода превышает 0,24% (спокойная сталь более чувствительна, чем кипящая) и когда содержание серы превышает 0,05% в спокойных сталях и 0,06% в кипящих сталях.

AR – кислотно-рутиловое покрытие. Электроды с этим типом покрытия имеют обычно толстое покрытие, образуя шлак, подобный типу А. Свойства такого электрода в основном очень похожи на свойства электродов с кислотным типом покрытия; разница состоит в том, что в кислотно-рутиловом покрытии содержится двуокись титана до 35%.

B – основное покрытие. Электроды с основным покрытием содержат значительное количество кальция или других основных карбонатов и флюоритов, так что с металлургической точки зрения эти покрытия имеют основный характер. Покрытие толстое, дает плотный шлак, который легко отделяется. Образование шлаковых включений маловероятно, тот тип электродов обеспечивает среднюю глубину проплавления и пригоден для сварки во всех положениях. Их часто применяют при сварке на постоянном токе прямой полярности. Поскольку металл сварного шва обладает большой стойкостью к образованию горячих и холодных трещин, эти электроды пригодны для сварки толстостенных профилей и жестких конструкции из малоуглеродистой стали. Данные электроды рекомендуются также применять для сварки низколегированных сталей и сталей, в которых содержание углерода и серы выше, чем у малоуглеродистой стали, обладающей хорошей свариваемостью. Содержание влаги в покрытие электродов, включенных в данную группу, не должно превышать 0,6%.

С – целлюлозный тип покрытия. Покрытие содержит большое количество воспламеняющихся органических веществ, поэтому количество образующегося шлака невелико. Данный тип электрода характеризуется высокой проплавляющей способностью дуги и довольно высокой скоростью расплавления. Потери на разбрызгивание достаточно большие и поверхность сварного шва неровная. Эти электроды обычно пригодны для сварки во всех положениях.

О – окисное покрытие. Электроды имеют толстое покрытие, содержащее главным образом окислы железа с окисью марганца (или без нее). Покрытие позволяет получить окислительный шлак, поэтому металл сварного шва содержит только небольшое количество углерода и марганца. Данные электроды дают плохое проплавление и жидкую расплавленную ванну; они особенно пригодны тогда, когда требуется выполнить небольшой сварной шов. Обычно их использование ограничено сваркой горизонтальных или вертикальных угловых швов, а также угловых швов в положении «в лодочку». Данные электроды применяются главным образом для сварки, когда более важным является внешний вид сварного шва, а не механическая прочность соединения.

R и RR – рутиловое покрытие**.** Покрытие электрода содержит большое количество рутила или компонентов, полученных из двуокиси титана, до 50% по массе. R-покрытие имеет среднюю толщину. В данном покрытии может присутствовать небольшое количество целлюлозы, не более 15%. Эти электроды особенно пригодны для сварки в вертикальном и верхнем положениях. RR-покрытие имеет большую толщину. Количество целлюлозного материала может достигать 5%. Несмотря на то, что чувствительность основного металла к образованию горячих трещин при сварке данными электродами не так высока, как при сварке электродом с кислотным типом покрытия, поэтому сварной шов выполняется значительно меньшей толщины.

S – обозначает покрытия, отличающиеся от перечисленных выше.

Смешанные покрытия дополняются вторым символом в скобках для указания типа.

НЕОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

5 – отношение массы наплавленного металла к массе израсходованного электродного материала.

Отношение массы наплавленного металла к массе израсходованного электродного материала условно обозначается цифрами. Применяются следующие символы: 110, 120, 130, 140 и т. д. Никакие символы не применяются для обозначения отношений, меньших 110.

6 – положения при сварке (швов)

Положения при сварке, которые рекомендуются для данного электрода условно обозначаются однозначной цифрой:

1 – все положения;

2 – все положения, кроме вертикального сверху вниз;

3 – нижний стыковой шов, нормальный угловой шов, угловой шов между вертикальной и горизонтальной поверхностями;

4 – нижний стыковой шов, нижний «в лодочку»;

5 – те же положения, что и обозначенные цифрой 3. Рекомендуется для вертикального, нижнего положения.

7 – род и полярность сварочного тока и напряжение холостого хода.

Род сварочного тока, его полярность и напряжение холостого хода обозначаются однозначным числом в соответствии с характеристиками сварочного оборудования для предотвращения нестабильного трения или прерывания дуги. Таблица 28 помещенная ниже, относится к электродам, диаметры которых больше или равны 2,5 мм.

Таблица 28

Род сварочного тока, полярность и напряжение холостого хода

Обозначение	Постоянный ток. Рекомендуемая полярность	Переменный ток. Номинальное напряжение холостого хода, В
1	2	3

Продолжение таблицы 28

1	2	3
0*	Прямая	
1	Прямая или обратная	50
2	Обратная	50
3	Прямая	50
4	Прямая или обратная	70
5	Обратная	70
6	Прямая	70
7	Прямая или обратная	90
8	Обратная	90
9	Прямая	90

Если применяются электроды меньшего диаметра, может возникнуть необходимость в большем напряжении.

8 – содержание диффундированного водорода.

Дополнительный символ (Н), показывающий, что данное содержание водорода удовлетворяет определенным требованиям. Эти условия связаны с максимальным содержание водорода, величина которого не должна превышать 15 мл на 100 г наплавленного металла.

9 – обозначение для специальной характеристики.

Символ Х идентифицирует электрод имеющий отклонение от нормальных показателей. Нормальным в аустенитном металле, наплавленном электродами 19.9-типа считается содержание феррита от 5 до 10%. Для специальных случаев может требоваться чистый аустенит. Тогда электрод маркируется символом Х.

16. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО СТАНДАРТУ ЕВРОСОЮЗА (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO EUROPEAN UNION STANDARD)

Образование Евросоюза привело к созданию Европейского комитета по стандартизации (CEN), в который вошли следующие страны: Австрия, Бельгия, Чехия, Дания, Финляндия, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и Объединенное Королевство. Разработанные CEN стандарты в области сварки являются официальными документами призванными заменить национальные стандарты стран Евросоюза. В настоящее время в полном объеме Европейские стандарты (EN) приняты тремя странами: Германией, Великобританией и Францией. Условные обозначения электродов для ручной дуговой сварки регламентируются следующими стандартами:

EN 499 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки низко-легированные сталей»;

EN 757 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки высокопрочных сталей».

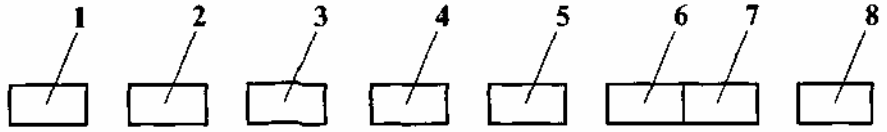


Рис. 10. Структура условного обозначения электрода по EN 757

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение класса продукции.

Маркировка электрода стержневого покрытого для ручной дуговой сварки производится буквой Е.

2 – обозначение для прочностных и пластических свойств металла сварного шва.

В таблице 29 представлена маркировка электрода в зависимости от предела текучести, предела прочности и относительного удлинения металла сварного шва в состоянии после сварки.

Таблица 29

Маркировка электрода в зависимости от предела текучести, предела прочности и относительного удлинения металла сварного шва в состоянии после сварки

Код	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2	Предел прочности $\sigma_т$, Н/мм^2	Относительное удлинение, %
35	355	440 до 570	22
38	380	470 до 600	20
42	420	500 до 640	20
46	460	530 до 680	20
50	500	560 до 720	18
55	550	610 до 780	18

62	620	690 до 890	18
69	690	760 до 960	17
79	790	880 до 1080	16
89	890	980 до 1180	15

3 – обозначение для ударной вязкости наплавленного металла.

Обозначение в табл. 30 характеризует температуру, при которой работа удара составляет 47 Дж. Если наплавленный металл классифицирован для определенной температуры, то он может быть использован для каждой более высокой температуры по табл. 29.

Таблица 30

Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла

Код	Температура для миним. энергии удара 47 Дж, °С	Код	Температура для миним. энергии удара 47 Дж, °С
Z	Не регламентируется	4	-40
A	+20	5	-50
O	0	6	-60
2	-20	7	-70
3	-30	8	-80

4 – обозначение химического состава наплавленного металла

Обозначение химического состава может отсутствовать в маркировке электрода для низкоуглеродистых, нелегированных сталей. Значения содержания легирующих элементов, указываемые в маркировке, округляются (табл. 31).

Таблица 31

Обозначение химического состава наплавленного металла

Код электрода	Химический состав, % [1]			
	Mn	Ni	Cr	Mo
Без обозначений	2,0	—	—	—
Mo	1,4	—	—	0,3 до 0,6
MnMo	> 1,4 до 2,0		_	0,3 до 0,6
1 Ni	1,4	0,6 до 1,2	_	—
2 N1	1,4	1,8 до 2,6	—	—
3Ni	1,4	>2,6 до3,8	—	—
Mn 1 Ni	> 1,4 до 2,0	0,6 до 1,2	—	—
1 NiMo	1,4	0,6 до 1,2	—	0,3 до 0,6
1,5 NiMo	1,4	1,2 до 1,8	—	0,3 до 0,6
2 NiMo	1,4	1,8 до 2,6	—	0,3 до 0,6
Mn 1NiMo	> 1,4 до 2,0	0,6 до 1,2	—	0,3 до 0,6
Mn 2NiMo	> 1,4 до 2,0	1,8 до 2,6	—	0,3 до 0,6
Mn 2NiCrMo	> 1,4 до 2,0	1,8 до 2,6	0,3 до 0,6	0,3 до 0,6

Mn 2Ni1CrMo	> 1,4 до 2,0	1,8 до 2,6	0,6 до 1,0	0,3 до 0,6
Z	Все другие оговоренные составы			

[1] В обозначении не указывается Mo < 0,2%, Ni < 0,3%, Cr < 0,2%, V < 0,05%, Mb < 0,05%, Cи < 0,3%, C - 0,03-0,1%, Nb < 0,05%, P < 0,025%, S < 0,020.

5 – обозначение для покрытия электрода.

Покрытие электрода обозначается главным образом по шлакообразующим составляющим. Тип электродного покрытия обозначается по следующим кодам:

A – кислое покрытие;

C – целлюлозное покрытие;

R – рутиловое покрытие;

RR – толстое рутиловое покрытие;

RC – рутиловое целлюлозное покрытие;

RA – рутиловое кислое покрытие;

RB – рутиловое основное покрытие;

B – основное покрытие.

При сложносоставных покрытиях первым указывается основной компонент, затем, в скобках, вспомогательные компоненты.

Буква T обозначает, что прочность, пластичность и ударная вязкость сварных швов сохраняются в течении 1 часа между 500° C и 600° C.

6 – обозначение для производительности и тока (табл. 32).

Чтобы доказать пригодность для переменного тока, проводятся испытания при напряжении холостого хода от 65В.

Таблица 32

Обозначение для производительности и тока

Код	Производительность, %	Род и полярность тока
1	<105	Переменный и постоянный ток
2	<105	Постоянный ток
3	>105< 125	Переменный и постоянный ток
4	>105< 125	Постоянный ток
5	>125< 160	Переменный и постоянный ток
6	>125< 160	Постоянный ток
7	>160	Переменный и постоянный ток
8	>160	Постоянный ток

7 – обозначение положения при сварке.

Сварочные положения для стержневых электродов имеют следующие обозначения:

1 – все положения;

2 – все положения, кроме вертикального сверху вниз;

3 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку, угловой шов между вертикальной и горизонтальной поверхностями;

4 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку;

5 – те же положения, что и обозначенные цифрой 3. Рекомендуется для вертикального положения сверху вниз.

8 – обозначение для содержания водорода в металле сварного шва

Обозначения по таблице 33 показывают содержание водорода, которое определяется в металле сварного шва выполненного электродами диаметром 4 мм по ISO 3690. Сила тока составляет 90% от наивысшего, рекомендуемого изготовителем значения.

Таблица 33

Содержание водорода в металле сварного шва

Код	Содержание водорода в мл на 100 г металла сварного шва, max	Код	Содержание водорода в мл на 100 г металла сварного шва, max
H5	5	H15	15
H10	10		

16.1 EN 1599 «Покрытые стержневые электроды для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей».

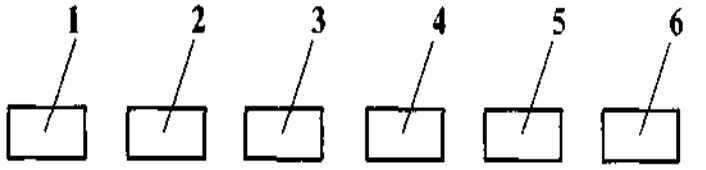


Рис. 11. Структура условного обозначения электрода по EN 1599

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 - обозначение для изделия/процесса.

Обозначение покрытого электрода, применяемого для ручной дуговой сварки - буква E.

2 - обозначение химического состава неразбавленного наплавленного металла (таблица 34).

Для теплоустойчивых сталей вторая позиция в коде условного обозначения характеризует химический состав наплавленного металла.

Таблица 34

Химический состав неразбавленного наплавленного металла

Обозначение электрода	Химический состав, % [1,2]								
	C	Si	Мп	P	**S**	Cr	Mo	V	Прочие
Mo	0,10	0,80	0,40-1,50[3]	0,030	0,025	—	0,40-0,70	—	—
MoV	0,03-0,12	0,80	0,40-1,50	0,030	0,025	0,30-0,60	0,80-1,20	0,25-0,60	—

CrMoO,5	0,05-0,12	0,80	0,40-1,50	0,030	0,025	0,40-0,65	0,40-0,65	—	—
CrMo1	0,05-0,12	0,80	0,40-1,50[3]	0,030	0,025	0,90-1,40	0,45-0,70	—	—
CrMo1L	0,05	0,80	0,40-1,50[3]	0,030	0,025	0,90-1,40	0,45-0,70	—	—
CrMoV1	0,05-0,15	0,80	0,70-1,50	0,030	0,025	0,90-1,30	0,90-1,30	0,10-0,35	—
CrMo2	0,05-0,12	0,80	0,40-1,30	0,030	0,025	2,0-2,6	0,90-1,30	—	—
CrMo2L	0,05	0,80	0,40-1,30	0,030	0,025	2,0-2,6	0,90-1,30	—	—
CrMo5	0,03-0,12	0,80	0,40-1,50	0,030	0,025	4,0-6,0	0,40-0,70	—	—
CrMo9	0,03-0,12	0,80	0,40-1,30	0,030	0,025	8,0-10,0	0,90-1,20	0,15	Ni 1,0
CrMo91	0,06-0,12	0,80	0,40-1,50	0,030	0,025	8,0-10,5	0,80-1.20	0,15-0,30	Ni 10,4-1,0 Nb 0,03-0,1 N 0,02-0,07
CrMoWV 12	0,15-0,22	0,80	0,40-1,30	0,030	0,025	10,0-12,0	0,80-1,20	0,20-0,40	Ni 0,8 W 0,4-0,6
Z	Любые другие соответствующие составы								

[1] Не обозначаются Ni < 0,3%. Си < 0,3%, V < 0,03%, Nb < 0,01%,Сг < 0,2%.

[2] Единичные значения содержания элементов, приведенные в таблице, показывают их максимальное содержание.

' [3] Мп в количестве от 0,4 до 0,9% соответствует электродам с рутиловым покрытием, Мп - от 0,7 до 1.5% для электродов с основным покрытием.

Показатели механических свойств наплавленного металла, приведенные в таблице 35, даны в стандарте справочно и в кодировку электродов для сварки теплоустойчивых сталей не включаются.

Таблица 35

Механические свойства наплавленного металла

Обозначение электрода	Предел текучести, Н/мм'	Предел прочности, Н/мм[2]	Относит удлинение, %	Энергия удара при +20°С		Термическая обработка наплавленного металла		
						предшествующий или сопутствующий подогрев, "С	послесварочная термическая обработка	
				среднее знач.	миним единич. знач.		температура [1], °С	время [2], мин.
Mo	355	510	22	47	38	<200	570-620	60
MoV	355	510	18	47	38	200-300	690-730	60
CrMo 0,5	355	510	22	47	38	100-200	600-650	60

CrMol	355	510	20	47	38	150-250	660-700	60
CrMolL	355	510	20	47	38	150-250	660-700	60
CrMoVl	435	590	15	24	19	200-300	680-730	60
CrMo2	400	500	18	47	38	200-300	690-750	60
CrMo2L	400	500	18	47	38	200-300	690-750	60
CrMo5	400	590	17	47	38	200-300	730-760	60
CrMo9	435	590	18	34	27	200-300	740-780	60
CrMo91	415	585	17	47	38	200-300	750-770	120-180
CrMoW V12	550	690	15	34	27	250-350 [3] или 400-500 [3]	740-780	120

[1] Образец охлаждается в печи до 300 °С со скоростью охлаждения не быстрее 200°/ч.

[2] ± 10 мин.

[3] Непосредственно после сварки образец охлаждается до температуры 120— 100°С и выдерживается при этой температуре в течении 1 часа.

3 – обозначение типа электродного покрытия.

Стандарт определяет следующие типы электродного покрытия: R — рутиловое покрытие; В — основное покрытие.

4 – обозначение производительности электрода и рода тока (табл. 36).

Таблица 36

Обозначение производительности электрода и рода тока

Обозначение	Производительность, %	Род тока[1]
1	<105	Постоянный и переменный
2	<105	Постоянный.
3	>105 < 125	Постоянный и переменный
4	>105< 125	Постоянный.

[1] При использовании переменного тока напряжение холостого хода должно составлять не менее 65В.

5 – положения при сварке (швов).

Положения при сварке, которые рекомендуются для данного электрода условно обозначаются однозначной цифрой:

1 – все положения;

2 – все положения, кроме вертикального сверху вниз;

3 –нижний стыковой шов, нижний в лодочку, угловой шов между вертикальной и горизонтальной поверхностями;

4 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку;

5 – те же положения, что и обозначенные цифрой 3. Рекомендуется для вертикального положения сверху вниз.

6 – обозначение для содержания водорода в металле сварного шва.

Обозначения по таблице 36 показывают содержание водорода, которое определяется в металле сварного шва выполненного электродами диаметром 4 мм по ISO 3690. Сила тока составляет 90% от наивысшего, рекомендуемого изготовителем значения.

Таблица 37

Содержание водорода

Код	Содержание водорода в мл на 100 гр металла сварного шва, max
H5	5
H10	10

16.2. EN 1600 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей»

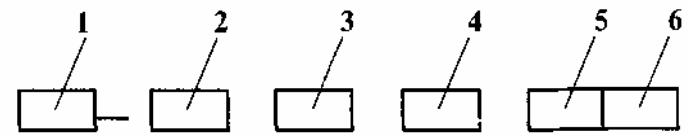


Рис. 12. Структура условного обозначения электрода по EN 1600

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение номера стандарта.

Необязательное обозначение. Может отсутствовать в маркировке.

2 – обозначение класса продукции.

Маркировка электрода стержневого покрытого для ручной дуговой сварки производится буквой Е.

3 – обозначение химического состава неразбавленного металла сварного шва (табл. 38).

Таблица 38

Химический состав неразбавленного металла сварного шва

Обозначение сплава	Химический состав, %[1,2]								
	C	Si	Мп	P[3]	S[3]	Сг	№	Мо	другие[4]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мартенситно-ферритный класс									
1 3	0,12	1,00	1,50	0,030	0,025	11,0-14,0	—	—	—
13 4	0,06	1,00	1.50	0,030	0,025	11,0-14,5	3,0-5,0	0,4-1,0	—
17	0,12	1,00	1,50	0,030	0,025	16,0-18,0	—	—	—
Аустенитный класс									
19 9	0,08	1.20	2,00	0,030	0,025	18,0-21,0	9,0-11.0	—	—
19 9 L	0,04	1,20	2.00	0,030	0,025	18,0-21.0	9,0-11,0	—	—
19 9 Nb	0,08	1,20	2,00	0.030	0,025	18,0-21,0	9,0-11,0	—	Nb[5]

19 12 2	0,08	1,20	2,00	0,030	0,025	17,0-20,0	10.0-13,0	2,0-3,0	—
19 12 3 L	0,04	1,20	2,00	0,030	0.025	17,0-20,0	10,0-13,0	2,5-3,0	—
19 12 3 Nb	0,08	1,20	2,00	0,030	0,025	17,0-20,0	10,0-13,0	2,5-3,0	Nb[5]
19 13 4 NL[6]	0,04	1,20	1,00-5,00	0,030	0,025	17,0-20,0	12,0-15,0	3,0-4.5	N-0,20
Аустенитно-ферритный, коррозионностойкий класс									
22 9 3 NL	0,04	1,20	2,50	0.030	0,025	21,0-24,0	7,5-10,5	2,5-4,0	N - 0,08-0,20
25 7 2 NL	0,04	1.20	2,00	0,035	0,025	24,0-28,0	6,0-8,0	1,0-3,0	N - 0,20
25 9 3 CuNL	0,04	1,20	2.50	0,030	0,025	24,0-27,0	7,5-10,5	2,5-4,0	N - 0.10-0,25 Cu - 1.5-3.5
25 9 4 NL	0,04	1,20	2,50	0,030	0,025	24,0-27,0	8,0-10,5	2,5-4,5	N - 0,20-0,30 Cu - 1,5 W - 1,0
Аустенитный, коррозионностойкий класс									
18 15 3L[6]	0,04	1,20	1.00-4,00	0,030	0,025	16,5-19,5	14,0-17,0	2,5-3,5	—
18 16 5 NL[3]	0,04	1,20	1,00-4,00	0,035	0,025	17,0-20,0	15,5-19,0	3,5-5,0	N - 0,20
2025 5 CuNL[6]	0,04	1,20	1,00-4.00	0,030	0,025	19,0-22,0	24,0-27,0	4,0-7,0	Cu - 1,0-2,0 N - 0.25
20 16 3 MnNL[6]	0,04	1,20	5,00-8,00	0,035	0.025	18,0-21,0	15,0-18,0	2,5-3,5	N - 0,20
25 22 2 NL[6]	0,04	1,20	1,00-5,00	0,030	0,025	24,0-27,0	20,0-23,0	2,0-3,0	N - 0,20
27 31 4 CuL[6]	0,04	1,20	2,50	0,030	0,025	26,0-29,0	30,0-33,0	3,0-4,5	Cu - 0,6-1,5
Специальный тип									
18 8 Mn[6]	0,20	1,20	4,50-7,50	0,035	0,025	17,0-20,0	7,0-10,0	—	—
18 9 MnMo	0,04-0,14	1,20	3,00-5,00	0,035	0,025	18,0-21,5	9,0-11,0	0,5-1,5	—
20 10 3	0,10	1,20	2,50	0,030	0,025	18,0-21,0	9,0-12,0	1,5-3,5	—
23 12 L	0,04	1,20	2,50	0,030	0,025	22,0-25,0	11,0-14,0	—	—
23 12 Nb	0,10	1,20	2,50	0,030	0,025	22,0-25,0	11,0-14,0	—	Nb[1]
23 12 2 L	0,04	1,20	2,50	0,030	0,025	22,0-25,0	11,0-14,0	2,0-3,0	—
29 4	0,15	1,20	2,50	0,035	0,025	27,0-31,0	8,0-12,0	—	—

Класс сталей, стойких к высоким температурам									
16 8 2	0,08	1,00	2,50	0,030	0,025	14,5-16,5	7,5-9,5	1,5-2,5	—
19 9 H	0,04-0,08	1,20	2,00	0,030	0,025	18,0-21,0	9,0-11,0	—	—
25 4	0,15	1,20	2,50	0,030	0,025	24,0-27,0	4,0-6,0	—	—
22 12	0,15	1,20	2,50	0,030	0,025	20,0-23,0	10,0-13,0	—	—
25 20[6]	0,06-0,20	1,20	1,00-5,00	0,030	0,025	23,0-27,0	18,0-22,0	—	—
25 20 H[6]	0,35-0,45	1,20	2,50	0,030	0,025	23,0-27,0	18,0-22,0	—	—
18 36[6]	0,25	1,20	2,50	0,030	0,025	14,0-18,0	33,0-37,0	-	—

[1] Единичные значения содержания элементов, приведенные в таблице, показывают их максимальное содержание.

[2] Все другие типы электродов не включенные в данную таблицу должны обозначаться буквой Z.

[3] сумма P и S не должна превышать 0,050%, за исключением следуюших типов электродов 25 72 NL, 18 16 5 NL, 20 16 3 MnNL, 18 8 Mn, 18 9 MnMo, 29 9.

[4] Не специфицируются: Mo < 0,75%, Си < 0,75%, Ni < 0,60%.

[5] Nb min -%C, max — 1%; до 20% Nb может быть заменено Та.

[6] Наплавленный металл при нагреве подвержен образованию микротрещин и растрескиванию. Риск можно уменьшить за счет увеличения содержания Mn в наплавленном металле.

Показатели механических свойств наплавленного металла, приведенные в табл. 39, даны в стандарте справочно и в кодировку электродов не включаются.

Таблица 39

Механические свойства наплавленного металла

Обозначение электрода	Предел текучести, Н/мм^2	Предел прочности, Н/мм^2	Относительное удлинение, %	Термообработка после сварки
1	2	3	4	5
13	250	450	15	[1]
13 4	500	750	15	[2]
17	300	450	15	[3]
19 9	350	550	30	[4]
19 9 L	320	510	30	[4]
19 9 Nb	350	550	25	[4]
19 12 2	350	550	25	
19 12 3 L	3?0	510	25	[4]
19 12 3 Nb	350	550	25	[4]
19 13 4 NL	350	550	25	[4]
22 9 3 NL	450	550	20	[4]
25 7 2 NL	500	700	15	[4]

25 9 3 CuNL	550	620	18	[4]
25 9 4 NL	550	620	18	[4]
18 15 3L	300	480	25	[4]
18 16 5 NL	300	480	25	[4]
20 25 5 CuNL	320	510	25	[4]
20 16 3 MnNL	320	510	25	[4]
25 22 2 NL	320	510	25	[4]
27 31 4 CuL	240	500	25	[4]
18 8 Mn	350	500	25	[4]
18 9 MnMo	350	500	25	[4]
20 10 3	400	620	20	[4]
23 12 L	320	510	25	[4]
23 12 Nb	350	550	25	[4]
23 12 2 L	350	550	25	[4]
29 4	450	650	15	[4]
16 8 2	320	510	25	[4]
19 9 H	350	550	30	[4]
25 4	400	600	15	[4]
22 12	350	550	25	[4]
25 20	350	550	20	[4]
25 20 H	350	550	10	[4]
18 36	350	550	10	[4]

[1] Выдержка при температуре 840-870°С в течение 2 часов с последующим охлаждением в печи до 600°С.

[2] Выдержка при температуре 580-620°С в течение 2 часов с последующим охлаждением на воздухе.

[3] Выдержка при температуре 760—790°С в течение 2 часов с последующим о\ шждением в печи до 600°С.

[4] без термообработки.

4 – обозначение типа электродного покрытия.

Стандарт определяет следующие типы электродного покрытия: R - рутиловое покрытие; В - основное покрытие.

5 – обозначение производительности электрода и рода тока (табл. 39).

6 – положения при сварке (швов).

Положения при сварке, которые рекомендуются для данного электрода условно обозначаются однозначной цифрой:

1 – все положения;

2 – все положения, кроме вертикального сверху вниз;

3 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку, угловой шов между вертикальной и горизонтальной поверхностями;

4 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку;

5 – те же положения, что и обозначенные цифрой 3. Рекомендуется для вертикального положения сверху вниз.

Таблица 40

Обозначение производительности электрода и рода тока

Обозначение	Производительность, %	Род тока[1]
1	< 105	Постоянный и переменный
2	< 105	Постоянный
3	> 105 < 125	Постоянный и переменный
4	> 105 < 125	Постоянный
5	> 125 < 160	Постоянный и переменный
6	> 125 < 160	Постоянный
7	> 160	Постоянный и переменный
8	> 160	Постоянный

[1] При использовании переменного тока напряжение холостого хода должно составлять не менее 65В.

17. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ВЕЛИКОБРИТАНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF GREAT BRITAIN)

Условные обозначения электродов для ручной дуговой сварки регламентируются следующими стандартами:

BS EN 499 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки низколегированные сталей». Заменяет с 1994 года BS 639-86;

BS EN 757 **«Электроды покрытые для ручной дуговой сварки высокопрочных сталей»;**

BS EN 1599 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей». Заменяет с 1997 года BS 2493-85;

BS EN 1600 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей». Заменяет с 1998 года BS 2926-84.

BS 639-86 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки низколегированных сталей»

В 1994 году BS 639-86 был заменен на EN 499. Однако в ряде справочной литературы приводятся ссылки на маркировку электродов по BS 639-86. В связи с этим считаем целесообразным привести расшифровку маркировок электродов по этому стандарту.

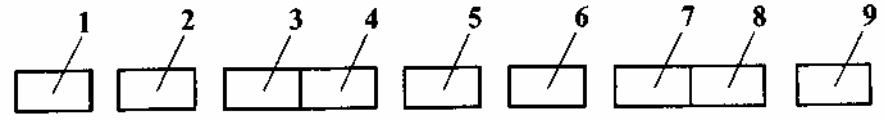


Рис. 13. Структура условного обозначения электрода по BS 639-86

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – общее обозначение, характеризующее рассматриваемое изделие.

Основным символом для обозначения электродов, предназначенных для ручной дуговой сварки, является буква Е. Она ставится в начале обозначения.

2, 3, 4 – обозначения, характеризующие электрод по механическим свойствам.

Ко второй части обозначения относятся в основном символы, характеризующие обозначение электродов, связанное с механическими свойствами металла сварного шва. Для малоуглеродистых и низколегированных сталей в этой позиции химический состав не рассматривается. Первые две цифры обозначения характеризуют предел прочности на растяжение металла сварного шва.

Установлены 2 класса электродов по предела прочности на растяжение:

1 класс – для $\sigma_в$ от 430 до 510 Н/мм^2 - обозначается индексом «43»;

2 класс – для $\sigma_в$ от 510 до 610 Н/мм^2 -обозначается индексом «51».

В виду возможных отклонений, возникающих при сварке и испытаниях, верхние пределы 510 и 610 Н/мм^2 могут быть превышены на 40 Н/мм^2.

Для каждого класса электродов для сварки малоуглеродистых и низко-легированных сталей по пределу прочности на растяжение установлены индексы групп на основе значений ударной вязкости и относительного удлинения, которые определяются третьей цифрой этой позиции. Показатели ударной вязкости определяются при испытании образца с V-образным надрезом по методу Шарпи. Кодировка групп и соответствующие им механические свойства представлены в табл. 41.

Таблица 41

Кодировка групп и механические свойства электродов

Обозначение электрода	Предел прочности при растяжении, Н/мм^2	Минимальное относительное удлинение при L=5d, %	Температура для минимальной величины сопротивления удару 28 Дж, °С
1	2	3	4
43 0	430-510	—	—
43 1	430-510	20	+20
43 2	430-510	22	0
43 3	430-510	24	-20
43 4	430-510	24	-30
43 5	430-510	24	-40
51 0	510-610	—	-
51 1	510-610	18	+20
51 2	510-610	18	0
51 3	510-610	20	-20
51 4	510-610	20	-30
51 5	510-610	20	-40

Четвертая цифра этой позиции определяет группу электродов на основе значений температуры для минимальной величины сопротивления удару 47 Дж (табл. 42).

Таблица 42

Группа электродов на основе значений температуры для минимальной величины сопротивления удару 47 Дж

Код электрода	Минимальное относительное удлинение при L=5d, %	Температура для минимальной величины сопротивления удару 47 Дж, "С
0	Не регламентированы	
1	22	+20
2	22	0
3	24	-20
4	24	-30

5 – обозначения, характеризующие тип покрытия.

Тип покрытия условно обозначается буквами.

A – кислотное покрытие.

AR – кислотно-рутиловое покрытие.

B – основное покрытие.

C – целлюлозный тип покрытия.

O – окисное покрытие.

R и RR – рутиловое покрытие.

Необязательные обозначения

6 – отношение массы наплавленного металла к массе израсходованного электродного материала.

Отношение массы наплавленного металла к массе израсходованного электродного материала условно обозначается цифрами. Применяются следующие символы: 110, 120, 130, 140 и т. д. Никакие символы не применяются для обозначения отношений, меньших 110.

7 – положения при сварке (швов).

Положения при сварке, которые рекомендуются для данного электрода условно обозначаются однозначной цифрой:

1 – все положения;

2 – все положения, кроме вертикального сверху вниз;

3 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку, угловой шов между вертикальной и горизонтальной поверхностями;

4 – нижний стыковой шов, нижний в лодочку;

5 – те же положения, что и обозначенные цифрой 3. Рекомендуется для вертикального положения сверху вниз.

8 – род и полярность сварочного тока и напряжение холостого хода.

Род сварочного тока, его полярность и напряжение холостого хода обозначаются однозначным числом в соответствии с характеристиками

сварочного оборудования для предотвращения нестабильного горения или прерывания дуги. Таблица 43, помещенная ниже, относится к электродам, диаметры которых больше или равны 2,5 мм. Если применяются электроды меньшего диаметра, может возникнуть необходимость в большем напряжении.

Таблица 43

Род и полярность сварочного тока и напряжение холостого хода

Обозначение	Постоянный ток. Рекомендуемая полярность	Переменный ток. Номинальное напряжение холостого хода, В
1	2	3
0*	Прямая	
1	Прямая или обратная	50
2	Обратная	50
3	Прямая	50
4	Прямая или обратная	70
5	Обратная	70
6	Прямая	70
7	Прямая или обратная	90
8	Обратная	90
9	Прямая	90

* Обозначение, оставленное для электродов, применяемых исключительно при постоянном токе

9 – содержание диффундированного водорода.

Дополнительный символ (H), показывающий, что данное содержание водорода удовлетворяет определенным требованиям. Эти условия связаны с максимальным содержание водорода, величина которого не должна превышать 15 мл на 100 г наплавленного металла.

18. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ГЕРМАНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF GERMANY)

Маркировка электродов по приведенным ниже стандартам осуществляется в соответствии с Европейскими Нормами.

DIN EN 499 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки низколегированные сталей». Заменяет с 1994 года DIN 1913-84.

DIN EN 757 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки высокопрочных сталей». Заменяет с 1994 года DIN 8529-81.

DIN EN 1599 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей». Заменяет с 1997 года DIN 8575 часть 1.

DIN EN 1600 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей». Заменяет с 1998 года DIN 8556 часть 1.

DIN 1913-1-84 «Покрытые стержневые электроды для ручной дуговой сварки нелегированные сталей и мелкозернистых сталей»

В 1994 году первая часть DIN 1913 была заменена на EN 499. Однако в ряде справочной литературы приводятся ссылки на маркировку электродов по DIN 1913. В связи с этим считаем целесообразным привести расшифровку маркировок электродов по этому стандарту.

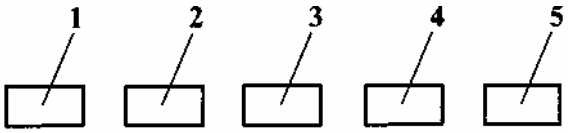


Рис. 14. Структура условного обозначения электрода по DIN 1913

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение класса продукции.

Маркировка электрода стержневого покрытого для ручной дуговой сварки производится буквой Е.

2 – обозначение минимального предела прочности и предела текучести (табл. 44).

Таблица 44

Минимальный предел прочности и предел текучести

Код	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа
43	430-550	360
51	510-650	380

3 – обозначения, характеризующие пластические свойства.

Для каждого класса электродов для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей установлены индексы групп на основе значений ударной вязкости и относительного удлинения. Показатели ударной вязкости определяются при испытании образца с V-образным надрезом по методу Шарпи. Обозначение состоит из двух цифр. Первая цифра соответствует уровню пластических свойств для энергии удара 28 Дж, вторая - 47 Дж. Кодировка по первому признаку представлена в таблице 45, по второму - в таблице 46.

Таблица 45

Индексы групп на основе значений ударной вязкости и относительного удлинения (энергия удара 28 Дж)

Код электрода	Минимальное относительное удлинение при L=5d. %	Температура для минимальной величины сопротивления удару 28 Дж, °С
0	Не регламентированы	
1	22	+20
2	22	0
3	24	-20
4	24	-30
5	24	-40

Таблица 46

Индексы групп на основе значений ударной вязкости и относительного удлинения (энергия удара 47 Дж)

Код электрода	Минимальное относительное удлинение при L=5d, %	Температура для минимальной величины сопротивления удару 47 Дж,°С
0	Не регламентированы	
1	22	+20
2	22	0
3	24	-20
4	24	-30

4 – обозначение типа покрытия и условий сварки.

Эта позиция определяется кодом из букв и цифр и включает состав покрытия электрода, возможные положения при сварке, род и полярность тока (табл. 47).

Таблица 47

Тип покрытия и условия сварки

Код электрода	Положения сварки*	Род и полярность тока, (U_{xx}, В)	Тип покрытия
RR6	2	Постоянный ток (—), переменный ток (50)	Рутиловое, толстое
RR(C)6	1	Постоянный ток (—), переменный ток (50)	Рутило-целлюлозное толстое
RR(B)7	2	Постоянный ток (-)	Рутило-основное толстое
RR8	2	Постоянным ток (—) переменный ток (50)	Рутиловое толстое
RR(B)8	2	Постоянный ток (-)	Рутило-основное толстое
B9	1	Постоянный ток (+), переменный ток (70)	Основное толстое
B(R)9	1	Постоянный ток (+), переменный ток (70)	Основное с неосновными добавками
B10	2	Постоянный ток (+), переменный ток (70)	Основное толстое
B(R)10	2	Постоянный ток (+), переменный ток (70)	Основное с неосновными добавками
R(C)3	1	Постоянный ток (—), переменный ток (50)	Рутило-целлюлозное среднее
C4	1	Постоянный ток (+), переменный ток (70)	Целлюлозное среднее

* 1 - все положения;

2 - все, за исключением сверху вниз.

5 – обозначение эффективности наплавки.

Эта позиция показывает эффективность наплавки и проставляется в тех случаях, когда производительность наплавки выше 120%.

19. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ США (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF USA)

19.1. Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей

Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей определяется следующими стандартами:

AWS A.5.1-91 «Электроды покрытые для дуговой сварки углеродистых сталей»;

AWS A.5.5-96 «Электроды покрытые для дуговой сварки низколегированных сталей».

Схема обязательных и дополнительных обозначений приведена на рис. 15.

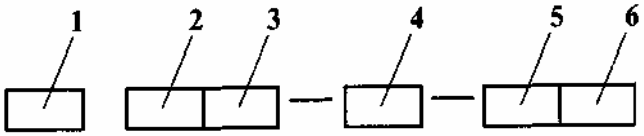


Рис. 15. Структура условного обозначения электрода

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение вида сварочного материала.

Обозначение электродов для ручной дуговой сварки определяется буквой Е. Это обозначение может быть удалено из паспорта конкретного, требуемого для идентификации электрода. Электроды для ручной дуговой сварки, согласно AWS A5 5-96 выпускаются следующих типоразмеров (табл. 48).

2 – обозначает минимальный предел прочности на растяжение в ksi для металла сварного шва.

Первая пара или тройка цифр определяет предел прочности металла сварного шва в состоянии после сварки или после термической обработки (табл. 49).

Таблица 48

Типоразмеры эдектродов

Код электрода	Диаметр, мм (дюйм)	Длина, мм (дюйм)
EXX10-X EXX11-X	2,4 (3/32) 3.2 (1/8) 4,0 (5/32) 4,8 (3/16) 5,6 (7/32) 6,4 (1/4)	300 (12) 350 (14) 350 (14) 350 (14) 350 или 450 (14 или 18) 450 (18)

EXX13-X	2,4 (3/32) 3,2 (1/8) 4,0 (5/32) 4,8 (3/16) 5,6 (7/32)	300 (12) 350 (14) 350 (14) 350 (14) 350 или 450 (14 или 18)
EXX15-X EXX16-X EXX18M E12018M1 EXX18-X	2,4 (3/32) 3,2 (1/8) 4,0 (5/32) 4,8 (3/16) 5,6 (7/32) 6,4 (1/4)	300 или 350 (12 или 14) 350 (14) 350 (14) 350 (14) 350 или 450 (14 или 18) 450(18)
E7020-X E7027-X	3,2 (1/8) 4,0 (5/32) 4,8 (3/16) 5,6 (7/32) 6,4 (1/4) 8,0 (5/16)	350 (14) 350 (14) 350 или 450 (14 или 18) 450 или 700 (18 или 28) 450 или 700 (18 или 28) 450 или 700 (18 или 28)

Таблица 49

Минимальный предел прочности на растяжение в ksi для металла сварного шва

Код	Предел прочности		Предел текучести, при 0,2% деформации		Относительное удлинение %	Состояние после сварки[1]
	ks:	МПа	ksi	МПа		
1	2	3	4	5	6	7
E6010	60	414	48	331	22	
E6011	60	414	48	331	22	
E6012	60	414	48	331	17	
E6013	60	414	48	331	17	
E6019	60	414	48	331	22	
E6020	60	414	Не регламентировано			
E6022	60	414	Не регламентировано			
E6027	60	414	48	331	22	
E7014	70	482	58	399	17	
E7015	70	482	58	399	22	
E7016	70	482	58	399	22	
E7018	70	482	58	399	22	
E7024	70	482	58	399	17	
E7027	70	482	58	399	22	
E7028	70	482	58	399	22	
E7048	70	482	58	399	22	
E7018M	70	482	53-72	365-496	24	
E7010 -P1	70	450	60	415	22	1
E7010- A1	70	450	57	390	22	2
E7010-G	70	450	57	390	22	1,2
E7011-A1	70	450	57	390	22	2
E7011-G	70	450	57	390	22	1, 2
E7015 -X[3]	70	450	57	390	25	2

E7015-B2L	75	520	57	390	19	2
E7015-G	70	450	57	390	25	1, 2
E7016-X[3]	70	450	57	390	25	2
E7016-B2L	75	520	57	390	19	2
E7016- G	70	450	57	390	25	1, 2
E7018-X[3]	70	450	57	390	25	2
E7018-B2L	75	520	57	390	19	2
E7018-C3L	70	450	57	390	25	1
E7018-W1	70	450	60	415	25	1
E7018-G	70	450	57	390	25	1, *2*
E7020-A1	70	450	57	390	25	2
E7020-G	70	450	57	390	25	1,2
E7027-A1	70	450	57	390	25	2
E7027-G	70	450	57	390	25	1,2
E8010-P1	80	550	67	460	19	1
E8010-G	80	550	67	460	19	1,2
E8011-G	XO	550	67	460	19	1,2
E8013-G	80	550	67	460	16	1,2
E8015-X[3]	80	550	67	460	19	2
E8015-B3L	80	550	67	460	17	2
E8015-G	80	550	67	460	19	1,2
E8016-X[3]	80	550	67	460	19	2
E8016-C3	80	550	68-80[2]	470-550[2]	24	1
E8016-C4	80	550	67	460	19	1
E8016-G	80	550	67	460	19	1,2
E8018-X[3]	80	550	67	460	19	2
E8018-B3L	80	550	67	460	17	2
E8018-C3	80	550	68-80[2]	470-550	24	1
E8018-C4	80	550	67	460	19	1
E8018NM1	80	550	67	460	19	1
E8018-W2	80	550	67	460	19	1
E8018-G	80	550	67	460	19	1,2
E9010-G	90	620	77	530	17	1,2
E9011-G	90	620	77	530	17	1,2
E9013-G	90	620	77	530	14	1,2
E9015-X[3]	90	620	77	530	17	2
E9015-G	90	620	77	530	17	1,2
E9016-X[3]	90	620	77	530	17	2
E9016-G	90	620	77	530	17	1,2
E9018-M	90	620	78-90[2]	540-620	24	1
E9018-X[3]	90	620	77	530	17	2
E9018-G	90	620	77	530	17	1,2
E10010-G	100	690	87	600	16	1,2
E10011-G	100	690	87	600	16	1,2
E10013-G	100	690	87	600	13	1,2
E11015-X[3]	100	690	87	600	16	2
E10015-G	100	690	87	600	16	1,2
E10016-X[3]	100	690	87	600	16	2
E10016-G	100	690	87	600	16	1,2
E10018-M	100	690	88-100	610-690[2]	20	1

E10018-X[3]	100	690	87	600	16	2
E10018-G	100	690	87	600	16	1,2
E11010-G	110	760	97	670	15	1,2
E11011-G	110	760	97	670	15	1,2
E11013-G	110	760	97	670	13	1,2
E11015-G	110	760	97	670	15	1,2
E11018-G	110	760	97	670	15	1,2
E11018-M	110	760	98-100	680-760[2]	20	1
E12010-G	120	830	107	740	14	1,2
E12011-G	120	830	107	740	14	1,2
E12013-G	120	830	107	740	11	1,2
E12015-G	120	830	107	740	14	1,2
E12016-G	120	830	107	740	14	1,2
E12018-G	120	830	107	740	14	1,2
E12018-M	120	830	108-120	745-830[2]	18	1
E12018-M1	120	830	108-120	745-830[2]	18	1

[1] 1 – состояние после сварки;

2 – состояние послесварочной термической обработки.

[2] Для электродов диаметром 2,4 мм, указанные значения по пределу текучести могут повышены на 5 ksi (35 МПа).

[3] Буква X соответствует обозначениям химических составов A, B, C, Д кроме случаев испытания металла шва в состоянии после сварки.

3 – обозначает положение электрода при сварке, вид покрытия и род тока.

Эта позиция включает в себя пару цифр. Первая цифра кодировки определяет положение электрода. Сочетание первой и второй цифры определяет вид покрытия и род тока (табл. 50).

Таблица 50

Положение электрода при сварке, вид покрытия и род тока

Код	Положение при сварке	Вид покрытия	Род и полярность тока
1	2	3	4
Е 6010	Н,Г,В,П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
Е6011	Н,Г,В,П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
Е 6012	Н,Г,В,П	Рутиловые, натриевые	Переменный ток, постоянный ток прямой полярности
Е6013	Н,Г,В,П	Рутиловые, калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
Е6019	Н,Г,В,П	Рутиловые, калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной или прямой полярности
Е6020	Н, ГУ	Руднокислые (Fe_3O_4)	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток любой полярности (нижнее положение)

E6022	Н, ГУ	Руднокислые (Fe_3O_4)	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E6027	Н, ГУ	Руднокислые (Fe_3O_4), железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E7014	Н, Г, В, П	Рутиловые с железным порошком	Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности
E7015	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E7016	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E7018	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, с железным порошком	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E7018M	Н, Г, В, П	Безводородные, с железным порошком	Постоянный ток обратной полярности
E7027	Н, ГУ	Руднокислые (Fe_30_4) с железным порошком	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E7028	Н, ГУ	Безводородные калиевые с железным порошком	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E7048	Н, Г, ВВ, П	Безводородные калиевые с железным порошком	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток обратной полярности (нижнее положение)
E7010-X^2	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E7011-X^2	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E17015-X^2	Н, Г, В, Н	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E7016-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E7018-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности

E7020-X^2	Н, ГУ	Руднокислые (Fe_30_4)	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток любой полярность (нижнее положение)
E7027-X^2	Н, ГУ	Руднокислые (Fe,O_4), железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E8010-X^2	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E8010-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E8011-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E8013-G	Н, Г, В, П	Рутиловые, калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
E8015-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
Г8016-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
1 8018-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
1 ')0|()-C	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E9011-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E9013-G	Н, Г, В, П	Рутиловые, калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
E9015-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E9016-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E9018-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E9018M	Н, Г, В, П	Железосодержащие, без водорода	Постоянный ток обратной полярности
E10010-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E10011-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E10013-G	Н, Г, В, П	Рутиловые. калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
E10015-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E 10016-X^2	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности

E10018-X[2]	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E10018M	Н, Г, В, П	Железосодержащие , без водорода	Постоянный ток обратной полярности
E11010-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E11011-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E11013-G	Н, Г, В, П	Рутиловые, калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
E11015-G	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E11016-G	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E11018-G	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E11018M	Н, Г, В, П	Железосодержащие, без водорода	Постоянный ток обратной полярности
E12010-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-натриевые	Постоянный ток обратной полярности
EI2011-G	Н, Г, В, П	Целлюлозно-калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E12013-G	Н, Г. В, П	Рутиловые, калиевые	Переменный ток, постоянный ток обратной или прямой полярности
E12015-G	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E12016-G	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
EI2018-G	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, железосодержащие	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E12018M	Н, Г, В, П	Железосодержащие, без водорода	Постоянный ток обратной полярности
EI20I8M1	Н, Г, В, П	Железосодержащие, без водорода	Постоянный ток обратной полярности

[1] Н — нижнее, Г — горизонтальное, В — вертикальное, П — потолочное, I \ горизонтальные угловые швы, ВВ — вертикальное вверх.

[2] Буква Х соответствует обозначениям химических составов А, В, С, D, Р (табл. 51)

4 - обозначает химический состав неразбавленного металла сварного шва и наличие особых требований по механическим свойствам.

Четвертая позиция в кодификации электродов характеризует принадлежность наплавленного металла к определенной группе в зависимости от химического состава и отделяется от предыдущих кодов чертой, кроме электродов, маркированных буква М (Ml). Для электродов, отнесенных к стандарту А.5.1-91, эта позиция отсутствует. В табл. 51

приведены примерные диапазоны химических составов, определяющих характеристику электрода по этому признаку.

Таблица 51

Химический состав

Код электрода	Химический состав, %								Прочие элементы
	C	Ma	Si	P	S	Ni	**Cr**	Mo	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электроды для углеродистых сталей									
E60XX	Химический состав не регламентируется								
E7016 E7018 E7027	не регламент.	1,6	0,75	не регла-мент.	не регла-мент.	0,3	0,2	0,3	V - 0,08 ΣЛ. э. = 1,75
E7014 E7015 E7024	не регла-мент.	1,25	0,90	не регла-мент.	не регла-мент.	0,3	0,2	0,3	V - 0,08 Σ Л.э. = 1,50
E7028 E7048	не регл.	1,60	0,90	не регл.	не регл.	0,3	0,2	0,3	V - 0,08 ΣЛ.э. = 1,75
E7018 M	0,12	0,40 - 1,60	0,80	0,030	0,020	0,25	0,15	0,35	V - 0,05
Электроды для углеродисто-молибденовых сталей									
A1	0,12	0,60 - 1,00	0,40 - 0,80	0,03	0,03	—	—	0,40-0,65	-
Электроды для хромисто-молибденовых сталей									
B1	0,05 - 0.12	0,90	0,60 - 0,80	0,03	0,03	—	0,40-0,65	0,40-0,65	-
B2	0.05 - 0.12	0,90	0,60 - 0,80	0,03	0,03	—	1,00-1,50	0,40-0,65	-
B2L	0,05	0,90	0,6-1,00	0,04	0.03	—	1,00-1,50	0,40-0,65	-
B3	0,05 - 0,12	0,90	0,60 - 1,00	0,03	0,03	—	2,00-2,50	0,90-1,20	—
B3L	0,05	0,90	0,80 - 1,00	0,03	0,03	—	2,00-2,50	0,90-1,20	—
B4L	0,05	0,90	1,00	0,03	0,03	—	1,75-2,25	0,40-0,65	—
B5	0,07 - 0,15	0,40 - 0,70	0,30 - 0,60	0,03	0,03	—	0,40-0,60	1,00-1,25	V - 0,05

B6	0,05 - 0,10	1,00	0,90	0,03	0,03	0,40	4,00-6,00	0,45-0,65	—
B6L	0,05	1,00	0,90	0,03	0,03	0,40	4,00-6,00	0,45-0,65	—
B7	0,05 - 0,10	1,00	0,90	0,03	0,03	0,40	6,00-8,00	0,45-0,65	—
B7L	0,05	1,00	0,90	0,03	0,03	0,40	6,00-8,00	0,45-0,65	—
B8	0,05 - 0,10	1,00	0,90	0,03	0,03	0.40	8,00-10,50	0,85-1,20	—
B8L	0,05	1,00	0,90	0,03	0,03	0,40	8,00-10,50	0,85-1,20	—
B9	0,08 - 0,13	1,25	0,30	0,10	0,10	1,00	8,00-10,50	0,85-1,20	V- 0,15-0,30 Cu - 0,25 AL - 0,04 Nb - 0,02-0.10 N - 0,02-0,07
Электроды для никельсодержащих сталей									
C1	0,12	1,25	0,60 - 0,80	0,03	0,03	2,00-2,75	—	—	—
C1L	0,05	1,25	0,50	0,03	0,03	2,00-2,75	—	—	—
C2	0,12	1,25	0,60 - 0,80	0,03	0,03	3,00-3,75	—	—	—
C2L	0,05	1,25	0,60 - 0,80	0,03	0,03	3,00-3,75	—	—	—
C3	0,12	0,40 - 1.25	0,80	0.03	0,03	0,80-1,10	0,15	0,35	V - 0,05
C3L	0,08	0,40 - 1,40	0,50	0,03	0,03	0,80-1,10	0,15	0,35	V - 0,05
C4	0,10	1,25	0,60 - 0,80	0,03	0,03	1,10-2,00	—	–	–
C5L	0,05	0,4-1,00	0,50	0,03	0.03	6,00-7.25	—	—	—
Электроды для никель-молибденовых с шлеи									
NM1	0,10	0,80 - 1,25	0,60	0,02	0,02	0,80-1,10	0,10	0,40-0.65	V - 0,02 Cu- 0,10 AL - 0.05
Электроды для марганцево-молибденовых сталей									
D1	0,12	1,00 - 1,75	0,60 - 0,80	0,03	0,03	0,90	–	0,25-0,45	-

D2	0,15	1,65 - 2,00	0,60 - 0,80	0,03	0,03	0,90	_	0,25-0,45	_
D3	0,12	1,00 - 1,80	0,60 - 0,80	0,03	0,03	0,90	_	0.40-0,65	_
Электроды для обычных низколегированных сталей (минимальное содержание легирующих элементов)*									
G	—	1,00	0,80	—	—	0,50	0 30	0,20	V - 0,10 Cu - 0,20
Электроды военного назначения									
M	0,10	0,60 - 2,25	0,60 - 0,80	0,015-0,030	0,012-0,030	1,40-3,80	0,15-1,50	0,20-0,50	V - 0,05
Электроды для сварки трубопроводов									
P1	0.20	1,20	0,60	0,03	0,03	1,00	0.30	0,50	V - 0,10
W1	0,12	0,40 - 0,70	0,40 - 0,70	0,025	0,025	0,20-0,40	0,15-0,30	_	V - 0,08 Cu -0,30-0,60
W2	0,12	0,50 - 1,30	0,35 - 0,80	0,03	0,03	0,40-0,80	0,45-0,70	—	Cu - 0,30-0,75

* Для того, чтобы сплав удовлетворял требованиям для «G» группы, металл сварного шва должен иметь минимум легирующих элементов, представленных в таблице. Дополнительные требования по химическому составу могут быть согласованы при изготовлении.

Выбор температуры нагрева для электродов разных марок перед сваркой, в процессе сварки и для термической обработки после сварки представлен в табл. 52.

Таблица 52

Температуры нагрева для электродов разных марок

Код электрода	Температура нагрева перед сваркой и в процессе сварки, °С	Температура нагрева для термической обработки после сварки, °С
1	2	3
Al, Dl, D2, D3	от 93 до 107	620 ± 14
Bl, B2, B2L, B3, B3L, B4L, B5	от 163 до 191	690 ± 14
B6, B6L, B7, B7L	от 177 до 232	740 ± 14
B8, B8L	от 205 до 260	740 ± 14
B9	от 232 до 288	740 ± 14
Cl, C1L, C2, C2L	от 93 до 107	605 ± 14
C5L	от 93 до 121	579 ± 14
E8010-G E8011-G E8013-G		

E9010-G E9011-G E9013-G E10010-G E10011-G E10013-G E11010-G E11011-G E11013-G E12010-G E12011-G E12013-G	от 163 до 191	По согласованию
E7010-G E7011-G E7015-G Г7016-С 1 7018-G 1 7020-G 1 7027-G	от 93 до 107	По согласованию
E8015-G E8016-G E8018-G E9015-G E9016-G E9018-G E10015-G E10016-G E10018-G E11015-G E11016-G E11018-G E12015-G E12016-G E12018-G	от 93 до 107	По согласованию
E7010-P1, C3L, W1, C3, C4, NM1, W2, M, Ml	от 93 до 121	Не регламентируется
E8010-P1	от 163 до 191	Не регламентируется

Кроме химического состава, четвертая позиция обозначает вид электрода, наплавленный металл которою должен удовлетворять более жестким требованиям по ударной вязкой. Для электродов, отнесенных к стандарту А.5.1.-91 четвертая позиция может отсутствовать, если не предъявляется особых требований по ударной вязкости, и могут маркироваться в этой позиции цифрой 1, если есть повышенные требования по ударной вязкости. В табл. 53 приведены данные о минимальной

температуре, при которой ударная вязкость образца типа Шарпи составляет не менее 27 Дж. Испытания проводились для образцов в состоянии послесварочной термической обработки.

Таблица 53

Минимальная температура

Код электрода	Минимальная температура, при которой значение ударной вязкости не менее 27 Дж, °С	
	среднее значение	наименьшее значение ударной вязкости
E6010, E6011, E6027, E7015, E7016, E7018, E7027, E7048	27 Дж при -29°С	20 Дж при -29°С
E6019, E7028	27 Дж при -18°С	20 Дж при -18°С
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024	Не регламентируется	
E7018M	67 Дж при -29"С	54 Дж при -29"С
E7016-1, E7018-1	27 Дж при -46"С	20 Дж при -46"С
E7024-1	27 Дж при -18"С	20 Дж при -18"С
Wl, W2	27 Дж при -18"С	20 Дж при -18"С
Ml	67 Дж при -18°С	57 Дж при -18°С
PI, P2	27 Дж при -29°С	20 Дж при -29°С
NM1, С3	27 Дж при -40°С	20 Дж при -40°С
Dl, D2, D3	27 Дж при -51 "С	20 Дж при -5 ГС
С4, C3L, M	27 Дж при -51°С	20 Дж при -5 ГС
С1	27 Дж при -59"С	20 Дж при -59°С
С2, C1L	27 Дж при -73°С	20 Дж при -73°С
C2L	27 Дж при -10ГС	20 Дж при -10ГС
C5L	27 Дж при -115"С	20 Дж при -115°С
A1, BX, BXL, G	Не регламентируется	

Дополнительные обозначения

5 – обозначение, определяющее содержание водорода в наплавленном металле.

Эта пара обозначений показывает, что металл сварного шва, выполненного электродом данного типа, прошел дополнительное испытание на содержание диффундированного водорода. При этом содержание водорода в наплавленном металле не должно превышать, предельных значений, представленных в табл. 54.

Таблица 54

Содержание водорода в наплавленном металле

Обозначение	Максимальное содержание диффундированного водорода в мл (Н на 100 г наплавленного металла)
H16	16,0
H8	8,0
H4	4,0

6 – обозначение по требованиям на уровень влажности покрытия электрода.

Электроды, обмазка которых сохраняет уровень влажности в допустимых пределах после хранения на открытом воздухе при температуре 80°F и относительной влажности около 80% в течении не менее 9 часов, обозначаются буквой R. Этот дополнительный тест рекомендован для всех электродов. Величины допустимых значений влажности покрытия в состоянии поставки и после нахождения на воздухе представлены в табл. 55.

Таблица 55

Допустимые значения влажности покрытия в состоянии поставки и после нахождения на воздухе

Код электрода	Предельное максимальное содержание влаги в % от веса		Код электрода	Предельное максимальное содержание влаги в % от веса	
	в состоянии поставки	после выдержки на воздухе		в состоянии поставки	после выдержки на воздухе
E7015-X-R E7016-X-R E7018-X-R	0,3	0,15	E10015-X E10016-X-R E10018-X-R E10018M-R	0,10	
E8015-X-R E8016-X-R E8018-X-R	0.2	0,15	E11015-G-R E11016-G-R E11018-G-R E11018M-R	0,4	
E9015-X-R E9016-X-R E9018-X-R E9018M-R	0.15	0,15	E12015-G-R E12016-G-R E12018-G-R E12018M	0,4	
			E12018M1-R	0,4	

19.2. AWS A.5.4-92 « Электроды покрытые для дуговой сварки нержавеющей стали. Технические условия»

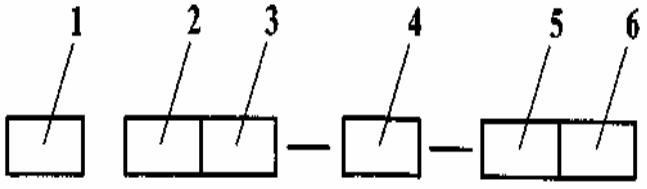


Рис. 16. Структура условного обозначения электрода

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение вида сварочного материала.

Обозначение электродов для ручной дуговой сварки определяемся буквой Е.

2 – обозначение электрода по химическому составу.

Вторая позиция представляет собой цифровое и буквенное обозначение класса электрода по содержанию легирующих элементов согласно табл. 56.

Таблица 56

Химический состав электродов

Код электрода	Содержание легирующих элементов.%										
	C	Cr	Ni	Mo	Cb (Nb)+ Ta	Mn	Si	P	S	Cu	N
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E 290	0,06	20,5-24,0	9,5-12,0	1,5-3,0	—	4,0-7,0	0,9	0,04	0,03	0,75	0,1-0,3
E 219	0,06	19,0-21,5	5,5-7,0	0,75	—	8,0-10,0	1,0	0,04	0,03	0,75	0,1-0,3
E 240	0,06	17,0-19,0	4,0-6,0	0,75	—	10,5-13,5	1,0	0,04	0,03	0,75	0,1-0,3
E 307	0,04-0.14	18,0-21,5	9,0-10,7	0,5-1.5	—	3,3-4,75	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E308	0,08	18,0-21,0	9,0-11,0	0,75	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E308H	0,04-0,08	18,0-21,0	9,0-11,0	0,75	—	0,5-2.5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E308L	0,04	18,0-21,0	9,0-11,0	0,75	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E308 Mo	0,08	18,0-21,0	9,0-12,0	2,0-3,0	—	0,5-2 5	0 (1)	0,04	0,03	0,75	—
E308 MoL	0,04	18,0-21,0	9,0-12,0	2,0-3,0	—	0,5 2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E309	0,15	22,0-25,0	12,0-14,0	0,75	—	0,5 *2* S	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E309L	0,04	22,0-25,0	12,0-14,0	0,75	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E309 Cb	0,12	22,0-25,0	12,0-14,0	0,75	0,70-1,00	0,5 2 5	0 9	0,04	0,03	0,75	—
E309 Mo	0,12	22,0-25,0	12,0-14,0	2,0-3,0	—	0 5 2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E309	0,04	22,0-	12,0-	2,0-3,0	–	0,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—

MoL		25,0	14,0			2,5					
E310	0,08-0,20	25,0-28,0	20,0-22,5	0,75	—	1,0-2,5	0,75	0,04	0,03	0,75	—
E310H	0,35-0,45	25,0-28,0	20,0-22,5	0,75	—	1,0-2,5	0,75	0,04	0,03	0,75	—
E310 Cb	0,12	25,0-28,0	20,0-22,5	0,75	070-1,00	1,0-2,5	0,75	0,04	0,03	0,75	—
E310 Mo	0,12	25,0-28,0	20,0-22,5	2,0-3,0	—	1,0-2,5	0,75	0,04	0,03	0,75	—
F3I2	0,15	28,0-32,0	8,0-10,0	0,75	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E316	0,08	17,0-20,0	8,0-10,5	2,0-3,0	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E316H	0,04-0,08	17,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E316L	0,04	17,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	—	0,5—2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E 317	0,08	18,0-21,0	11,0-14,0	3,0-4,0	—	0,5-2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E317L	0,04	18,0-21,0	12,0-14,0	3,0-4,0	—	0,5—2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E 318	0,08	17,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	6·C до 1,0%	0,5—2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E 320	0,07	19,0-21,0	32,0-36,0	2,0-3,0	8· C до 1,0 %	0,5—*2,5*	0,6	0,04	0,03	3,0-4,0	—
E320 LR	0,03	19,0-21,0	32,0-36,0	2,0-3,0	8·C до 4,0 %	1,5—*2,5*	0,3	0,02	0,015	3,0-4,0	—
E330	0,18-0,25	14,0-17,0	33,0-37,0	0,75	—	1,0—*2,5*	0,9	0,04	0,03	0,75	-
E330H	0,35-0,45	14,0-17,0	33,0-37,0	0,75	—	1,0—*2,5*	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E347	0,08	18,0-21,0	9,0-11,0	0,75	8· C до 1,0 %	0,5—*2,5*	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E349*	0,13	18,0-21,0	8,0-10,0	0,35-0,65	0,75-1,2	0,5—*2,5*	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E383	0.03	26,5-29,0	30,0-33,0	3,2-4,2		0,5—*2,5*	0,9	0,02	0,02	0,6-1,5	—
E385	0.03	19,5-21,5	24,0-26,0	4,2-4,5		1,0—*2,5*	0,75	0,03	0,02	1,2-2,0	—
E410	0,12	11,0-13,5	0,7	0,75		1,0—*2,5*	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E410 NiMo	0,06	11,0-12,5	4,0-5,0	0,4-0,7	—	1,0—2,55	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E430	0,1	15,0-18,0	0,6	0,75	—	1,0—2,55	0,9	0,04	0,03	0,75	—

E502	0,1	4,0-6,0	0,4	0,45-0,65	—	1,0—2,5	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E505	0,1	8,0-10,5	0,4	0,85-1,2	—	1,0—2,55	0,9	0,04	0,03	0,75	—
E630	0,05	16,0-16,7	4,5-5,0	0,75	0,15-0,3	0,25-0,75	0,75	0,04	0,03	3,25-4,0	
E16-8-2	ОД	14,5-16,5	7,50-9,5	1,0-2,0	—	0,5-2,5	0,6	0,03	0,03	0,75	
E7Cr	0,1	6,0-8,0	0,4	0,45-0,65	—	1,0	0,4	0,04	0,03	0,75	
E2209	0,04	21,5-23,5	8,5-10,5	2,5-3,5	—	0,5 2,0	O,[1])	0,04	0.03	0,75	0,08-0,20
E2553	0,06	24,0-27,0	6,5-8,5	2,9-3,9	—	0 S S	1,0	0,04		1,5-2,5	0,10-0,25

- V – 0,1-0,3; Ti – 0,5 max; W – 1,25 - 1,75

Механические свойства и последующая термическая обработка наплавленного металла в код условного обозначения электрода не включаются и даны в стандарте справочно (табл. 57).

Таблица 57

Механические свойства и последующая термическая обработка наплавленного металла

Код электрода	Механические свойства при нормальной температуре		Термическая обработка после сварки
	$\sigma_в$, МПа	Δ_5, %	
1	2	3	4
E290	690	15	f
E219	620	15	f
E240	690	15	f
E307	590	30	f
E308	550	35	f
E308H	550	35	f
E308L	520	35	f
E308Mo	550	35	f
E308MoL	520	35	f
E309	550	30	f
E309L	520	30	f
E309Cb	550	30	f
E309Mo	550	30	f
E309MoL	520	30	f
E310	550	30	f
E310H	620	10	f
E310Cb	550	25	f
E310Mo	550	30	f
E312	660	22	f

E316	520	30	f
E316H	520	30	f
E316L	490	30	f
E317	550	30	f
E317L	520	30	f
E318	550	25	f
E320	550	30	f
E320LR	520	30	f
E33O	520	25	f
E33OH	620	10	f
E347	520	30	f
E349	690	25	f
E383	520	30	f
E385	520	30	f
E410	450	20	a
E410NiMo	760	15	c
E430	450	20	d
E.502	420	20	b
E 505	420	20	b
E 630	930	7	e
E16-8-2	550	35	f
E7Cr	420	20	b
E2209	690	20	f
E2553	760	15	f

a – Нагрев до 730-760°С, выдержка 1 час, охлаждение до 315°С со скоростью 60°С/час, затем охлаждение на воздухе.

b – Нагрев до 840-870°С, выдержка 2 час, охлаждение до 595°С со скоростью 55°С/час, затем охлаждение на воздухе.

c – Нагрев до 595-622°С, выдержка 1 час, I.IU-M охлаждение на воздухе.

d – Нагрев до 760-790°С, выдержка 2 час, охлаждение до 595°С со скоростью 55°С/час, затем охлаждение на воздухе.

e – Нагрев до 1025-1050°С, выдержка 1 час, охлаждение на воздухе, затем дисперсионное твердение при 610-630°С, выдержка 4 часа, охлаждение на воздухе.

f – Без термической обработки.

3 – обозначает положение электрода при сварке, вид покрытия и род тока.

Эта позиция включает в себя пару цифр. Первая цифра этой пары кодировки определяет положение электрода. Сочетание первой и второй цифры определяет вид покрытия и род ток (табл. 58).

Остальные позиции маркировки аналогично стандарту А.5.5-96

Таблица 58

Положение электрода при сварке, вид покрытия и род тока

Код	Положение при сварке *	Вид покрытия	Род и полярность тока

E XXX-15	Н, Г, В, П	Безводородные натриевые	Постоянный ток обратной полярности
E XXX-16	Н, Г, В, П	Безводсродные калиевые	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E XXX-17	Н, Г, В, П	Безводородные калиевые, сжелезным порошком	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
E XXX-25	Н, ГУ	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)
E XXX-26	Н, ГУ	Безводородные калиевые	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности (для угловых швов). Переменный ток или постоянный ток прямой и обратной полярности (нижнее положение)

Н — нижнее, Г — горизонтальное, В — вертикальное, П — потолочное, ГУ горизонтальные угловые швы.

20. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ЯПОНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF JAPAN)

20.1. Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей

Условное обозначение электродом для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей определяется стандартом:

JIS Z 3211-91 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки мягких сталей»;

JIS Z 3212-91 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки сталей с высоким пределом прочности»

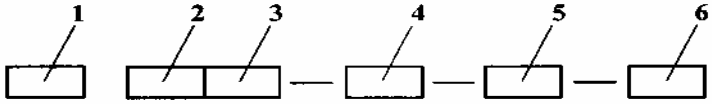


Рис. 17. Структура условного обозначения электродов

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение для изделия/процесса.

Обозначение покрытого электрода, применяемого для ручной дуговой сварки - буква D.

2 – обозначение механических свойств неразбавленного наплавленного металла.

Эта позиция характеризует наплавленный металл по минимальному временному сопротивлению на растяжение (таблица 59).

3 – обозначение типа покрытия, рода и полярности тока и положения при сварке (табл. 60)

Таблица 59

Минимальное временное сопротивление на растяжение

Класс электрода	Показатели испытания на растяжение			Испытания на удар	
	Предел прочности, Н/мм^2	Предел текучести, Н/мм^2	Относительное удлинение, %	Температура испытания, °С	Энергия удара на образцах типа Шарпи, Дж
D4101	420 mm	345 mm	22 mm	0	47 mm
D 4403	420 mm	345 mm	27 mm	0	27 mm
D 4111	420 mm	345 mm	22 mm	0	27 mm
D 4313	420 mm	345 mm	17 mm	—	—
D 4316	420 mm	345 mm	25 mm	0	47 mm
D 4124	420 mm	345 mm	17 mm	—	—
D 4126	420 mm	345 mm	25 mm	0	47 mm
D 4127	420 mm	345 mm	25 mm	0	27 mm
D 4340	420 mm	345 mm	22 mm	0	27 mm
D 5001	490 mm	390 mm	20 mm	0	47 mm
D 5003	490 mm	390 mm	20 mm	0	47 mm
D 5016	490 mm	390 mm	23 mm	0	47 mm
D 53I6	520 mm	410 mm	20 mm	0	47 mm
D 58I6	570 mm	490 mm	18 mm	-5	47 mm
D 6216	610 mm	500 mm	17 mm	-20	39 mm
D 7016	690 mm	550 mm	16 mm	-20	39 mm
D7616	750 mm	620 mm	15 mm	-20	39 mm
D8016	780 mm	665 mm	15 mm	-20	39 mm
D5026	490 mm	390 mm	23 mm	0	47 mm
D5326	520 mm	410 mm	20 mm	0	47 mm
D5826	570 mm	490 mm	18 mm	-5	47 mm
D6226	610 mm	500 mm	17 mm	-20	39 mm
D5000	490 mm	490 mm	20 mm	0	47 mm
D8000	780 mm	665 mm	13 mm	0	mm

Таблица 60

Тип покрытия, рода и полярности тока и положения при сварке

Класс	Тип покрытия	Сварочная позиция [1]	Класс	Тип покрытия	Сварочная позиция [1]
D4301	Ильменитовое	1	D 5316	Безводородное [2]	1
D4303	Карбонатно-титановое	1	D 5816		
D4311	Высокоцеллюлозное	1	D6216		
D4313	Рутиловое	1	D7016		
D4316	Безводородное [2]	1	D 7616		
D4324	Оксид титана с железным порошком	2	D8016		

D4326	Безводородное с железным порошком	2	D 5026	Безводородное с железным порошком	2
D4327	Оксид железа с железным порошком	2	D 5326		
D4340	Специальный тип	1	D 5826		
D5001	Ильменитовое	1	D 6226		
D5003	Карбонатно-титановое	1	D 5000	Специальный тип[2]	1
D 5016	Безводородное [2]	1	D 8000		

1 - все положения; 2 - нижнее, горизонтальное.

1– Содержание водорода на 100 гр. наплавленного металла не должно превышать 15 мл, согласно табл. 61.

Таблица 61

Содержание водорода в наплавленном металле

Класс	Содержание водорода, мл/100 г	Класс	Содержание водорода, мл/100 г
1	2	3	4
D5016	15 max	D8016	6 max
D5316	12 max	D5026	15 max
D5816	10 max	D5326	12 max
D6216	9 max	D5826	10 max
D7016	9 max	D6226	9 max
D7616	7 max	D8000	6 max

Необязательные обозначения

4 – обозначение рода и полярности тока.

Четвертая позиция характеризует род применяемого тока. Используются следующие обозначения:

AC – переменный ток;

DC (±) – постоянный ток любой полярности;

DC (-) – постоянный ток прямой полярности;

DC (+) – постоянный ток обратной полярности.

В табл. 62 даны рекомендуемые характеристики тока для марок электродов по JIS Z 3211-91.

Таблица 62

Род и полярность тока

Класс	Род и полярность тока
1	2
D 4301	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 4303	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 4311	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 4313	Переменный ток или постоянный ток прямой полярности
D 4316	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
D 4324	Переменный ток или постоянный ток любой полярности

D 4326	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
D 4327	Для нижнего положения – переменный ток или постоянный ток любой полярности; для горизонтального – переменный ток или постоянный ток прямой полярности
D 4340	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 5001	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 5003	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D 5016	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
D 5316	
D 5816	
D 6216	
D 7016	
D7616	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
D8016	
D5026	
D5326	
D5826	
D6226	
D 5000	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
D8000	

5, 6 – обозначение размеров электродов.

Пятая и шестая позиция определяют диаметр и длину электрода (табл. 63).

Таблица 63

Размеры электродов

Диаметр, мм	Длина, мм	Диаметр, мм	Длина, мм
1,6	230 250	5,0	400, 450, 550
2,0	250, 300	5,5	450, 550, 700
2,6	300, 350	6,0	450, 550,700,900
3,2	350, 400	6,4	450, 550,700,900
4,0	350, 400, 450, 550	7,0	450, 550,700,900
4,5	400, 450, 550	8,0	450, 550,700,900

20.2. JIS Z 3214-93 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки сталей, стойкие к атмосферной коррозией»

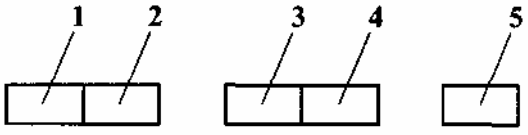


Рис. 18. Структура условного обозначения электрода

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение для изделия/процесса.

Обозначение покрытого электрода, применяемого для ручной дуговой сварки – буква D.

2 – обозначение класса наплавленного металла.

Класс сталей, стойких к атмосферной коррозии, обозначается буквой А.

3 – обозначение механических свойств наплавленного металла (табл. 64).

Таблица 64

Механические свойства наплавленного металла

Класс электрода	Показатели испытания на растяжение			Испытания на удар	
	Предел прочности, Н/мм^2	Предел текучести, Н/мм^2	Относительное удлинение, %	Температура испытания, °С	Энергия удара на образцах типа Шарпи, Дж
DA 5001 X	490 mm	390 mm	20 mm	0	47 mm
DA 5003 X	490 mm	390 mm	20 mm	э	47 mm
DA 5016 X	490 mm	390 mm	23 mm	0	47 mm
DA 5026 X	490 mm	390 mm	23 mm	0	47 mm
DA 5000 X	490 mm	390 mm	20 mm	0	47 mm
DA 5816 X	570 mm	490 mm	20 mm	0	47 mm
DA 5826 X	570 mm	490 mm	18 mm	-5	47 mm

4 – обозначение типа покрытия, рода и полярности тока и положения при сварке (табл. 65).

Таблица 65

Тип покрытия, род и полярность тока и положение при сварке

Код электрода	Тип покрытия	Сварочная позиция [1]	Род и полярность тока
1	2	3	4
DA 5001 W DA 5001 P DA 5001 G	Ильменитовое	1	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
DA 5003 W DA 5003 P DA 5003 G	Карбонатно-титановое	1	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
DA 5016 W DA 5016 P DA 5016 G	Безводородное [2]	1	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
DA 5026 W DA 5026 P DA 5016 G	Безводородное с железным порошком [2]	2	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
DA 5000 W DA 5000 P DA 5000 G	Специальный тип	1	Переменный ток или постоянный ток любой полярности
DA 58 16 W DA 58 16 P DA 58 16 G	Безводородное[2]	1	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности
DA 5826 W DA 5826 P DA 5826 G	Безводородное с железным порошком[2]	2	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности

[1] 1 — все положения; 2 — нижнее, горизонтальное.

[2] Содержание водорода на 100 г наплавленного металла должно составлять не более 15 мл, согласно табл. 66.

Таблица 66

Содержание водорода в наплавленном металле

Класс	Содержание водорода, мл/ 100 гр.
DA5016X DA 5026 X	15 max
DA5816X DA 5826 X	10 max

5 – обозначение химического состава наплавленного металла (табл. 67).

Таблица 67

Химический состав наплавленного металла

Класс электрода	Химический состав, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	N1
DA 50XX W DA 58XX W	0.12 max	0.90 max	0,30-1,40	0.040	0,030	0,30-0,70	0,45-0,70	0.05-0,70
DA 50XX P DA 58XX P	0,12 max	0.90 max	0.30-1,40	0.040	0,030	0,20-0,60	0,30-0,70	—
DA 50XX G DA 58XX G	0,12 max	0,90 max	0,30-1.40	0,040	0,030	0,20-0,60	0,30 max	0,25-0,70

20.3. Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей

Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей определяется стандартом:

JIS Z 3223-93 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки молибденовых и хромомолибденовых сталей».

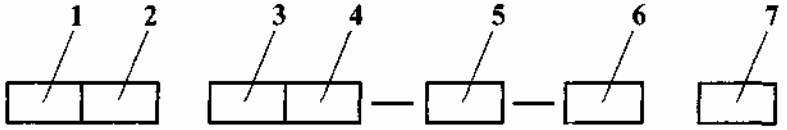


Рис. 19. Структура условного обозначения электродов

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение для изделия/процесса.

Обозначение покрытого электрода, применяемого для ручной дуговой сварки – буква D.

2 – обозначение класса наплавленного металла.

Электроды, применяемые для сварки теплоустойчивых сталей, обозначаются буквой **Т**.

3 – обозначение типа стали, для сварки которой может применяться электрод (табл. 68).

Третья позиция состоит из двух цифр и характеризует тип стали, для сварки которой может применяться электрод данной марки.

Таблица 68

Тип стали, для сварки которой может применяться электрод

Класс электрода	Тип применяемой стали
1	2
12	Стали, содержащие 0,55 % Mo
23	Стали, содержащие 0,55 % Mo и 1,25%Cr
24	Стали, содержащие 0,55 % Mo и 2,25%Cr
25	Стали, содержащие 0,55 %Mo и 5 % Cr
26	Стали, содержащие 1%Mo и 9%Cr

Таблица 69

Химический состав наплавленного металла

Класс электрода	Химический состав, %							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
DT 1216	0,12	0,80	0,90	0,040	0,030	—	—	0,40-0,65
DT 2315	0,05	1,00	0,90	0,040	0,030	—	1,0-1,5	0,40-0,65
DT 2313 DT 2316 DT 2318	0,12	0,80	0,90	0,040	0,030	—	1,0-1,5	0,40-0,65
DT 2415	0,05	1,00	0,90	0,040	0,030	—	2,0-2.5	0,9-1,2
DT 2413 DT 2416 DT 2418	0,12	0,80	0,90	0,040	0,030	—	2,0-2,5	0,9-1,2
DT 2516	0,10	0,90	0,75	0,040	0,030	0,40	4,0-6,0	0,45-0,65
DT 2616	0,10	0,90	1,00	0,040	0,030	0.40	8,0-10,5	0,85-1,20

Химический состав наплавленного металла, в зависимости кода условного обозначения электрода, представлен в табл. 69.

Механические свойства наплавленного металла представленные в табл. 70 в код условного обозначения не включаются.

Таблица 70

Механические свойства наплавленного металла

Класс электрода	Показатели испытания на растяжение			Термическая обработка
	Предел	Предел	Относительное	

	прочности, Н/мм^2	текучести, Н/мм^2	удлинение, %	
DT 1216	490 mm	390 min	25 min	Нагрев до температуры 620±15°С, выдержка в течении 1 часа, последующее охлаждение в печи до 315"С, охлаждение до 180°С менее чем за 30 мин, затем на воздухе.
DT 2313 DT 2315 DT 2316 DT 2318	560 min	460 min	16 mm 19 mm 19 mm 19 mm	Нагрев до температуры 630±15"С, выдержка в течении 1 часа, последующее охлаждение в печи до 315°С, охлаждение до 180°С менее чем за 30 мин, затем на воздухе.
DT 2413 DT 2415 DT 2416 DT 2418	630 mm	530 mm	14 mm 17 mm 17 mm 17 mm	Нагрев до температуры 630±15"С, выдержка в течении 1 часа, последующее охлаждение в печи до 315"С, охлаждение до 180"С менее чем за 30 мин, затем на воздухе.
DT 2516	440 mm	—	25 mm	Нагрев до температуры 740±15°С, выдержка в течении 1 часа. Последующее охлаждение в печи до 315"С, охлаждение до 50°С менее чем за час, затем на воздухе.
DT 2616	420 mm	—	20 mm	

4 – обозначение типа покрытия и положения при сварке.

Третья и четвертая позиции в обозначении электродов определяет химический состав покрытия электрода и рекомендуемые положения при сварке данными электродами (табл. 71).

Таблица 71

Рекомендуемые положения при сварке и химический состав покрытия электрода

Класс	Тип покрытия	Сварочная позиция
DT2313 DT 2413	Рутиловое	Все положения
DT2315 DT2415	Безводородное	Все положения
DT 1216 DT2316 DT 2416 DT2516 DT2616	Безводородное	Вес положения

DT2318 DT 2418	Безводородное с железным порошком	Все положения

Необязательные обозначения

5 – обозначение рода и полярности тока.

Пятая позиция характеризует род применяемого тока. Используются следующие обозначения:

AC – переменный ток;

DC(±)– постоянный ток любой полярности;

DC(—)– постоянный ток прямой полярности;

DC(+)– постоянный ток обратной полярности.

В табл. 72 приведены рекомендуемые характеристики тока для марок электродов по JIS Z 3211-91.

Таблица 72

Характеристики тока

Класс	Род и полярность тока
DT 2313 DT 2413	Переменный ток или постоянный прямой полярности ток
DT 2315 DT 2415	Постоянный ток обратной полярности
DT 1216 DT 2316 DT 2416 DT 2516 DT 2616	Переменный ток или постоянный обратной полярности ток
DT2318 DT 2418	Переменный ток или постоянный обратной полярности ток

6 – обозначение размеров электродов.

Пятая и шестая позиция определяют диаметр и длину электрода согласно **JISZ 3211-91**.

20.4. Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей

Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных определяется стандартом:

JIS Z 3221-89 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей».

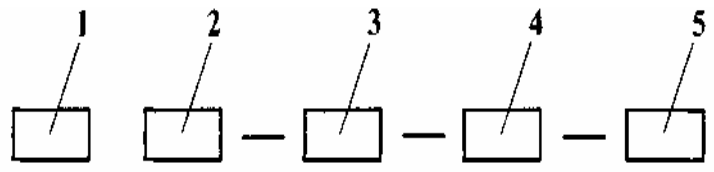


Рис. 20. Структура условного обозначения электродов

Условное обозначение электрода включает в себя следующие позиции:

1 – обозначение для изделия/процесса.

Обозначение покрытого электрода, применяемого для ручной дуговой сварки - буква D.

2 – обозначение химического состава наплавленного металла.

Вторая позиция условного обозначения электродов для коррозионностойких и жаропрочных сталей характеризует принадлежность наплавленного металла к определенному классу в зависимости от его химического состава (табл. 73).

Механические свойства наплавленного металла, приведены в табл. 74, в код условного обозначения не включаются и приведены в стандарте справочно.

Таблица 73

Химический состав наплавленного металла

Класс электрода	Химический состав, %								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	прочие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
307	0,13	0,90	3,0-8,C	0,040	0,030	9,0-11,0	18,0-21,0	0,50-1,50	—
308	0,08	0,90	2,5	0,040	0,030	9,0-11,0	18,0-21,0	—	—
308L	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	9,0-12.0	18,0-21,0	—	—
309	0,15	0,90	2.5	0,040	0,030	12,0-14,0	22,0-28,0	—	—
309L	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-16.0	22,0-28,0	—	—
309Nb	0,12	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-14,0	22,0-28,0	—	Nb- 0,7- 1,0
309NbL	0,04	0,90	2,5	0,040	0.030	12.0-14,0	22,0-28,0	—	Nb- 0,7-1,0
309 Mo	0,12	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-14,0	22,0-28,0	2,0-3,0	—
309 MoL	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-14,0	22,0-28,0	2,0-3,0	—
310	0.20	0,75	2,5	0,040	0,030	20,0-22,0	25,0-28,0	—	—
310 Mo	0,12	0,75	2,5	0,040	0,030	20,0-22,0	25,0-28,0	2,0-3,0	—
312	0,1^	0.90	2.5	0,040	0,030	8,0-10.5	28,0-32.0	—	—
16-8-2	0.10	0,50	2,5	0,040	0,030	7,5-9,5	14,5-16,5	1,0-2,0	—
316	0,08	0,90	2,5	0,040	0,030	11,0-14,0	17,0-20.0	2,00-2,75	—
316L	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	11,0-16.0	17,0-20.0	3,0-4,0	—

3I6J1L	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	11,0-16,0	17,0-20,0	3,0-4.0	Cu-1,0-2,5
317	0,08	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-14,0	18,0-21,0	2,0-2,5	—
317L	0,04	0,90	2,5	0,040	0,030	12,0-16,0	18,0-21,0	1,0-3,0	—
318	0,08	0,90	2,5	0,040	0,030	11,0-14,0	17,0-20.0	—	Nb - 6·C до 1%
329J1	0,08	0,90	1,5	0,040	0,030	6,0-8,0	23,0-28.0	—	—
347	0,08	0,90	1,5	0,040	0,030	9,0-11,0	18,0-21,0	0,35-0,65	Nb - 8·C до 1%
347L	0,04	0,90	1,5	0,040	0,030	9,0-11,0	18.0-21,0	—	Nb - 8-C до 1%
349	0,13	0,90	1,5	0,040	0,030	8.0-10.0	18,0-21,0	—	W - 1,25-1,75 Nb-0.75-1,2
410	0,12	0,90	1,0	0,040	0.030	0,6	11,0-14,0	_	—
410Nb	0,12	0,90	1.0	0.040	0.030	0,6	11.0-14,0	—	Nb-0,5-1,5
430	0,10	0,90	1,0	0,040	0,030	0,6	15,0-18.0	—	—
430Nb	0,12	0,90	1,0	0.040	0,030	0.6	15,0-18,0	—	Nb-0.5-1,5
630	0,05	0,75	0,25-0,75	0,040	0,030	4,5-5,0	16,0-16.7	0,75	Nb-0,15-0,3 Cu-3,25-4,0

3 – обозначение типа покрытия, рода и полярности тока и положения при сварке (табл. 75)

4 – обозначение размеров электродов.

Четвертая и пятая позиция определяют диаметр и длину электрода согласно **JIS Z 3211-91.**

Таблица 74

Механические свойства наплавленного металла

Класс электрода	Показатели испытания на растяжение		Класс электрода	Показатели испытания на растяжение	
	предел прочности, kgf/mm^2 (Н/мм^2)	относительное удлинение, %		предел прочности, kgf/mm^2 (Н/мм^2)	относительное удлинение, %
307	60 (590) min	30 min	316L	52(510) min	35 min
308	56 (550) min	35 min	316JIL	52 (510) min	35 min
308 L	52(510) min	35 min	317	56 (550) min	30 min

309	56 (550) min	30 min	317L	52(510) min	30 min
309L	52 (510) min	30 min	318	56 (550) min	25 min
309Nb	56 (550) min	30 min	329JI	60 (590) min	18 min
309NbL	52 (510) min	30 min	347	56 (550) min	30 min
309 Mo	56 (550) min	30 min	347L	52(510) min	30 min
309 MoL	52(510) min	30 min	349	70 (690) min	25 min
310	56 (550) min	30 min	410	49 (480) min	25 min
310Mo	56 (550) min	30 min	410Nb	49 (480) min	25 min
312	67 (660) min	22 min	430	49 (480) min	20 min
16-8-2	56 (550) min	35 min	430Nb	49 (480) min	20 min
316	56 (550) min	30 min	630	95 (930) min	7 min

Таблица 75

Тип покрытия, род и полярность тока и положения при сварке

Класс	Сварочная позиция[1]	Род и полярность тока
DXX-15	Все положения	Постоянный ток обратной полярности
DXX-16	Все положения	Переменный ток или постоянный ток обратной полярности

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица соответствия условных обозначений (кодов) электродов по ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75 для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей стандартам ISO 2560, EN 499, EN 757, AWS A 5.1, DIN 1913, BS 639

Тип электродов по ГОСТ 9467-75	Марка электрода	ГОСТ 9466-75 ГОСТ 9467-75	ISO 2560 (Международный)	EN 499 / EN 757 (Европейский)	AWS A5.1 (США)	DIN 1913 (Германия)	BS639 (Великобритания)
1	2	3	4	5	6	7	8
Э42	АНО - 1	Е 41 3 - РЖ 45	Е 433 RR 170 4 5	Е 35А RR 73	Е 6024	Е433 0 RR11 160	Е 433 0 RR 170 4 5
	АНО-5	Е 41 3 - РЖ 24	Е 433 RR 110 2 1	Е 35Z RR 32	Е6014	Е4330 RR8 120	Е 433 ORR 110 2 4
	АНО - 6 М	Е41 3 - АР 21	Е 433 AR 2 1	Е35Z RA 12	—	Е 433 0 AR7	Е 433 0 AR 2 1
	ВСЦ-4	Е41 1 (3) - Ц 14	Е 433 С 1 4	Е35ZС21	Е 6010	Е 433 0 С4	Е 433 0 С 1 4
	ОЗС - 23	Е 41 1 - Р 23	Е431 R2 3	Е 35Z R 11	Е 6013	Е 43 1 0 R3	Е 43 1 0 R 2 3
	ОМА- 2	Е41 0 - АЦ 14	Е 430 S 1 4	Е 35А(С) 11	_	_	Е 430 0 S 1 4
Э42А	ВН -48	Е 41 2 (5) - БЖ 26	Е 435 В ПО 2	Е38Z В 12	Е 6018	Е 435 0 В10 120	Е 435 0 В 110 2 6
	СМ- 11	Е 41 2 (5) - БЖ 26	Е435 В 1102.	Е352 В 12	Е 6018	Е 435 0 В10 120	Е 435 0 В 110 2 6
	УОНИ - 13/45	Е 41 2 (5) - Б 20	Е 435 В 2 0	Е 35Z В 22	Е 6015	Е 435 0 В10	Е 435 0 В 2 0
	УОНИ - 13/45 А	Е 41 5 - Б 20	Е 435 В 2 0	Е 35Z В 22	Е 6015	Е 435 0 В10	Е 435 0 В 2 0
Э46	АНО - 4	Е 43 2 (3) - Р 24	Е 433 R 2 4	Е35Z R 12	Е6012	Е 43 0 R 3	R 433 0 R 2 4
	АНО - 13	Е 43 2 (3) - РЦ 12	Е 433 S 1 2	Е 38Z RC 11	—	Е 433 0 R(С) 3	Е 433 0 S 1 2
	АНО - 21	Е 43 5 - РЦ 11	Е 435 S 1 1	Е 38Z RC 11	—	—	Е 435 0 S 1 1
	АНО - 24	Е 43 2 (3) - АР 21	Е 433 AR 2 1	Е382 RA 12	—	—	Е 433 0 AR 2 1
	АНО - 29 М	Е 43 3 - РЦ 14	Е 433 S 1 4	Е38Z RC 11	—	—	Е 433 0 S 1 4
	МР- 3	Е 43 1 (3) - Р 23	Е 433 R 2 3	Е35Z R 12	Е6013	Е 43 0 R 3	Е 433 0 R 2 3
	ОЗС -4	Е 43 1 (3) - Р 26	Е 433 R 2 6	Е35Z R 12	Е6013	Е 43 0 R 3	Е 433 0 R 2 6
	ОЗС -6	Е 43 1 - РЖ 23	Е431 RR 120 2 3	Е 35Z RR 32	Е6014	Е 431 0 RR11 120	Е 431 0 RR 1202 3
	ОЗС - 12	Е 43 2 - Р 12	Е 432 R I 2	Е35Z R 11	Е6012	Е 412 0 R2	Е 432 0 R 1 2

	ЭЛУР - 10	Е 43 0 (3) - АР 26	Е 433 АR 2 6	Е38Z RA 12	—	Е 433 0 АR7	Е 433 0 АR 2 6
Э46 А	УОНИ - 13/55 К	Е 43 3 - Б 20	Е 433 В 2 0 Н	Е 35Z В 22	Е 6015	Е 433 0 В 10	Е 433 0 В 2 0 Н
	Э - 138/45 Н	Е 43 2 - Б 20	Е 432 В 2 0	Е 35Z В 22	Е 6015	Е 432 0 В 10	Е 432 0 В 2 0
Э50	АНО- 19	Е 51 4 - РЖ 34	Е 514 RR 150 3 4	Е 38Z RR 53	Е 7024	Е 510 0 RR11 140	Е 5140 RR 150 3 4
	ВСЦ - 4 А	Е 51 3- Ц 14	Е 513С 1 4	Е 35Z С 21	Е 7011	Е 513 0 С4	Е 513 0 С 1 4
Э50А	АНО -9	Е 51 5 - Б 16	Е 515 В 1 6 Н	Е 384 В 11	Е 7016	Е 515 0 В9	Е 515 0 В 1 6 Н
	АНО - 11	Е51 5 - Б 26	Е 515 В 2 6 Н	Е 424 В 12	Е 7016	Е 515 0 В10	Е 515 0 В 2 6 Н
Э50 А	АНО - 25	Е 51 7 - Б 26	Е 515 В 2 6 Н	Е 464 2Ni В 32	Е 7016	Е 515 0 В10	Е 515 0 В 2 6 Н
	АНО - 30	Е 51 5- РБЖ 41	Е 515 S 160 4 1 Н	Е 424 RRB 73	—	Е 515 0 (R)В10 160	Е 515 0 S 1604 1 Н
	АНО -Т	Е 51 5- Б 20	Е 515 В 2 0	Е 424 В 22	Е 7015	Е 515 0 В10	Е 515 0 В 2 0
	АНО - ТМ	Е 51 5 - Б 26	Е 515 В 2 6	Е422 1Ni В 12	Е 7016	Е 515 0 В10	Е 5150 В 2 6
	ДСК - 50 У	Е 51 5 - БЖ 26	Е 515 В 120 2 6	Е 46Z В 32	Е 7018	Е 515 0 В 12 120	Е 515 0 В 120 2 6
	ИТС - 4 С	Е 51 3 - Б 26	Е 513 В 2 6	Е 352 В 12	Е 7016	Е 513 0 В10	Е 513 0 В 2 6
	К- 5 А	Е 51 2 - Б 26	Е 512 В 2 6	Е 38Z В 12	Е 7016	Е 5120 В10	Е 512 0 В 2 6
	КД- 11	Е 51 4 – РБЖ 26	Е 514S 120 2 6	Е 46Z Z RRB 32	—	Е 514 0 RR(В)8 120	Е 514 0 S 120 2 6
	ОЗС - 18	Е 51 4 - Б 20	Е 514 В 2 0	Е 46Z Z В 12	Е 7015	Е 514 0 В10	Е 514 0 В 2 0
	ОЗС - 28	Е 51 5 – РБ 26	Е 515 S 2 6	Е 42Z RB 12	—	Е 515 0 В(R)10	Е 515 0 S 2 6
	ТМУ-21 У	Е 51 3 - Б 20	Е 513 В 2 0	Е 42Z В 22	Е 7015	Е 513 0 В10	Е 513 0 В 2 0
	УОНИ - 13/55	Е 51 3 - Б 20	Е 513 В 2 0	Е 38Z В 22	Е 7015	Е 513 0 В10	Е 5130 В 2 0
	ЦУ- 5	Е51 3 - Б 20	Е 513 В 2 0	Е 35Z В 22	Е 7015	Е 513 0 В10	Е 513 0 В 2 0
	ЦУ-7	Е 51 5 - Б 20	Е 515 В 2 0	Е 352 В 22	Е 7015	Е 515 0 В10	Е 515 0 В2 0
	АТЭ - 102	Е 51 3 - Б 20	Е 513 В 110 2 0	Е 42Z В 22	Е 7028	Е 510 0 В10 120	Е 513 0 В 110 2 0
	АТЭ - 104	Е 43 1 - Б 20	Е 431 В 110 2 0	Е 42Z В 22	Е 6028	Е 430 0 В10 120	Е 431 0 В 110 2 0
	АТЭ - 105	Е 51 3- Б 20	Е 513 В 110 2 0	Е 42Z В 22	Е 7028	Е 510 0 В10 120	Е 513 0 В 110 2 0
	Э - 138/50 Н	Е 51 3 - Б 20	Е 513 В 2 0	Е 382 1Ni В 22	Е 7015	Е 5I3 0 В10	Е 513 0 В 2 0
Э55	УОНИ - 13/55 У	Е51 3 - Б 20	Е513 В46	Е 46Z В 13	Е 7028	Е 513 0 В12	Е 513 0 В 4 6
Э60	ВСФ - 65 У	Е 10Г1МФ5- Б 20	Е 515 В 20	Е 462 Mo В 22	Е 8015	Е 515 0 В10	Е 515 0 В 2 0

	ОЗС - 24 М	Е 08ГМНЗ 7 - Б 20	Е515 В20Н	Е 50Z 3Ni В 22	Е 8015	Е 515 0 В10	Е515 0 В20 Н
	УОНИ - 13/65	Е 12Г1 3 - Б 20	Е 513 В 2 0	Е 42Z В 22	Е 8015	Е 513 0 В10	Е 513 0 В2 0
Э70	48 ХН - 5 АН	Е04Н3Г1М 7- Б 20	Е 515 В 110 20	Е 624 3Ni В 22	Е 9028	Е 512 5 В10 120	Е 515 5 В 110 2 0
Э85	НИАТ - 3 М	Е 13ПХМ 0 - Б 20	—	Е 69Z Z В 22	-	-	—
	УОНИ - 13/85	Е 12Г2СМ 0 - Б 20	—	Е 69Z Z В 22	-	--	—
Э 100	ОЗШ - 1 (сварочные)	Е 16Г2С1Х1М 0 - Б 20	—	Е 89Z Z В 23	-	—	—
	УОНИ - 13	Е 18Х1Г1М 0 - Б 20	—	Е 89Z Z В 22	-	—	—
Э 125	НИИ – 3 М	Е 18Х2Г2М 0 - Б 20	_	_	_	_	_
Э 150	НИАТ- 3	Е 18Х2Г2М 0 - Б 20	—	-	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица соответствия условных обозначений (кодов) электродов по ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75 для сварки легированных теплоустойчивых сталей стандартам ISO 3580, EN 1599, AWS A 5.5, DIN 8575, BS 2943

Тип электродов по ГОСТ 9467-75	Марка электрода	ГОСТ 9466-75 ГОСТ 9467-75	ISO 3580 (Международный)	EN 1599 (Европейский)	AWS A 5.5 (США)	DIN 8575 (Германия)	BS 2943 (UK)
Э-09 М	Ш1 -6	Е - 02 - А 24	Е Мо А24	—	Е6015 - А1	Е Es Mo 24	EMoA
Э - 09 МХ	ЦУ - 2 МХ	Е - 04 - Б 20	Е 05 CrMo B20	Е CrMoO 5 B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMo 20	Е 05 CrMo B
	ТМЛ -2	Е - 04 - Б 20	Е 05 CrMo B20	Е CrMoO 5 B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMo 20	Е 05 CrMo B
	ГЛ - 14	Е - 04 - Б 20	Е 05 CrMo B20	Е CrMoO 5 B 2 1	Е6015 - B2	Е Kb CrMo 20	Е 05 CrMo B
	ОЗС - 1 1	Е - 04 - РБ 23	Е 05 CrMo S23	—	—	Е B(R) CrMo 23	Е 05 CrMo S
	ТМЛ - 4 В	Е - 04 - Б 20	Е 05 CrMo B20	Е CrMoO 5 B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMo 20	Е 05 CrMo B
	УОНИ - 13/45 МХ	Е - 04 - Б 20	Е 05 CrMo B20	Е CrMoO 5 B 2 2	Е6015 - B2	Е Kb CrMo 20	Е 05 CrMo B
Э-09Х1М	ЗИО - 20	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	Е CrMol B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
	ТМЛ - 1 У	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	ЕCrMol B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
	ЦЛ - 38	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	Е CrMol B 2 2	Е6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
	ЛКЗ - 70 М	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	Е CrMol B 2 2	Е6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
	Н -3	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	Е CrMol B 2 2	Е6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
	УОНИ - 13 ХМ	Е - 05 - Б 20	Е 1 CrMo B20	Е CrMol B 2 2	Е 6015 - B2	Е Kb CrMol 20	Е 1 CrMo B
Э - 05 Х2М	Н - 10	Е - 06 - Б 20	Е 2 CrMo B20	Е CrMo2 B 2 2	—	Е Kb CrMo2 20	Е 2 CrMo B
Э - 09 Х2М1	Ш1 -55	Е - 06 - Б 20	Е 2 CrMo B20	Е CrMo2 B 2 2	—	Е Kb CrMo2 20	Е 2 CrMo B
Э - 09 Х1МФ	Н -6	Е - 07 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е8015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
	ТМЛ - 3 У	Е - 07 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е8015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
	ШТ-20А	Е - 27 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е6015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
	Ш1 - 20 Б	Е - 27 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е6015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
	ЦЛ-39	Е - 07 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е6015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
	ЦЛ-45	Е - 27 - Б 20	Е 1 CrMoV B20	Е CrMoVl B 2 1	Е6015-G	Е Kb CrMoVl 20	Е 1 CrMoV B
Э - 0Х1М1НФБ	ЦЛ-36	Е - 07 - Б 20	—	EZ B2 1	Е8015-G	—	—
Э - 10 Х3М1 БФ	ЦЛ -26 М	Е - 08 - Б 20	Е 2 CrMoV B20	EZ B2 1	Е7015 - G	Е Kb CrMoV2 20	Е 2 CrMoV B
Э - 10 Х5МФ	АТЭ - 201	Е - 00 - Б 10	Е 5 CrMoV B20	EZ B2 1	Е 7015 - B6	Е Kb CrMoS 20	Е SCrMoV B

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица соответствия условных обозначений (кодов) электродов по ГОСТ 9466-75, ГОСТ 1052-75 для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами стандартам ISO 3581, EN 1600, AWS A 5.4, DIN 8556, BS 2926

Тип электродов по ГОСТ 10052-75	Марка электрода	ГОСТ 9466-75 ГОСТ 10052-75	ISO 3581 (Международный)	EN 1600 (Европейский)	AWS A 5.4 (США)	DIN 8556 (Германия)	BS 2926 (Великобритания)
1	2	3	4	5	6	7	8
Э - 12Х13	УОНИ -13/НЖ	Е - 020 - Б 20	Е 13 В20	Е 13 В 22	Е 410 - IS	Е 13 В20	Е 13 В
Э - 06Х1 3Н	ЦЛ -41	Е - 000 - РБ 20	Е 13.1 RB20	—	—	Е 13.1 RB20	Е 13.1 RB
Э - 10Х17Т	УОНИ -13/НЖ	Е - 200 - Б 20	Е 17 В20	Е 17 В 22	Е 430 - 15	Е 17 В20	Е 17 В
Э - 12Х11НМФ	КТИ - 9 А	Е - 030 - Б 20	—	Е Z В 22	Е 410 - 15	Е 13.1.1 В20	—
Э - 12Х11НВМФ	КТИ - 10	Е - 032 - Б 20	Е 13.1.1W В20	Е Z В 22	—	Е 13.1.1W В20	Е 13.1.1WB
Э - 14Х11НВМФ	ЦЛ - 32	Е - 032 - Б 30	Е 13.1.1W В30	Е Z В 22	—	Е 13.1.1W В3О	Е 13.1.1W В
Э - 10Х16Н4Б	УОНИ - 13/ЭП 56	Е - 200 - Б 20	Е 17.4Nb В20	Е Z В 22	Е 630 - 15	Е 17.4Nb В20	Е 17.4Nb В
Э - 08Х24Н6ТАФМ	Н -48	Е - 200 - Б 24	Е 25.4 В24	Е Z В 12	—	Е 25.4 В24	Е 25.4 В
Э - 04Х20Н9	ОЗЛ - 36	Е - 2006 - РБ 20	Е 19.9L S20	—	Е 3081 - 15	Е 19.9nC RB20	Е 19.9L S
	УОНИ - 13/НЖ - 2	Е - 2006 - Б 20	Е 19.9L В20	Е 199 В 22	Е 308 L - 15	Е 19.9nC RB20	Е 19.9L В
Э - 07Х20Н9	ОЗЛ -8	Е - 2304 - Б 20	Е 19.9L В20	Е 19 9 В 22	Е 308 - 15	Е 19.9nC В20	Е 19.9 В
Э - 02Х21Н10Г2	ОЗЛ - 22	Е - 2006 - П 10	Е 23.12L S10	—	—	Е 23.12nC SIO	Е23.12L S
Э - 06Х22Н9	ЦЛ - 33	Е - 2008 - Б 40	Е 22.9 В40	Е Z В 44	—	Е 22.9 В40	Е22.9 В
Э - 08Х16Н8М2	ЦТ -26	Е - 2402 - Б 20	Е 16.8.2 В20	Е 16 82 В 22	—	Е 16.8.2 В20	Е 16.8.2 В
Э - 08Х17Н8М2	НИАТ - 1	Е - 2002 - РБ 20	Е 19.9.2 S20	—	—	Е 19.9.2 RB20	Е 19.9.2 S
Э -06Х19Н11Г2М2	ЦЛ - 4	Е - 2003 - Б 20	Е 19.12.2 В20	Е 19 12 2 В 22	Е 316 - 15	Е 19.12.2 В20	Е 19.12.2 В
Э-02Х20Н14Г2М2	ОЗЛ - 20	Е - 2001 - П 10	Е 19.13.2 S10	—	—	Е 19.13.2 S10	Е 19.13.2 S
Э - 02Х19Н9Б	АНВ - 13	Е - 2001 - РБ 20	Е 19.9LNb S20	—	—	Е 19.9nCNb RB20	Е 19.9LNb S
Э -08Х19Н10Г2Б	ЦТ- 15	Е - 2453 - Б 20	Е 19.9Nb В20	Е 19 9 Nb В 22	Е 347 - 15	Е 19.9Nb В20	Е 19.9Nb В
Э - 08Х20Н9Г2Б	ОЗЛ - 7	Е - 2005 - Б 20	Е 19.9Nb В20	Е 19 9 Nb В 22	Е 347 - 15	Е 19.9Nb В20	Е 19.9Nb В
	ЦЛ - 11	Е - 2005 - Б 20	Е 19.9Nb В20	Е 19 9 Nb В 22	Е 347 - 15	Е 19.9Nb В20	Е 19.9Nb В
	ЦТ - 15 - 1	Е - 2006 - Б 20	Е 19.9Nb В20	Е 19 9 Nb В 22	Е 347 - 15	Е 19.9Nb В20	Е 19.9Nb В
Э - 10Х17Н13С4	ОЗЛ - 3	Е - 5007 - Б 20	Е 17.12S1 В20	Е Z В 22	—	Е 17.12Si В20	Е 17.12S1 В

Э -08Х19Н10Г2МБ	ЭА - 898/19	Е - 2304 - Б 20	Е 19.9Nb В20	Е Z В 22	Е 347 - 15	Е 19.9Nb В20	Е 19.9Nb В
Э - 09Х19Н10Г2М2Б	АНВ - 36	Е - 2005 - Р 23	Е 19.12.2Nb R23	Е 19 12 3Nb R 32	Е 318 - 16	Е l9.12.2Nb R23	Е 19.12.2Nb R
	НЖ - 13	Е - 2005 - Б 20	Е 19.12.2Nb В20	Е 19 12 3Nb В 42	Е 318 - 15	Е 19.12.2Nb В20	Е 19.12.2Nb В
	ЭА - 902/14	Е - 2004 - Б 20	Е 19.12.2Nb В20	Е 19 12 3Nb В 22	Е 318 - 15	Е 19.12.2Nb В20	Е 19.12.2Nb В
Э - 08Х19Н9Ф2Г2С2	ЭА-606/11	Е - 2006 - Б 20	-	Е Z В 42	—	—	—
Э - 08Х19Н9Ф2Г2СМ	ЭА - 606/10	Е - 2006 - Б 20	-	Е Z В 22	—	—	—
Э - 09Х16Н8Г3М3Ф	ЦТ- 1	Е - 2305 - Б 20	Е 16.8.2 В20	Е Z В 42	Е 16.8.2 - 15	Е 16.8.2 В20	Е 16.8.2 В
Э -09Х19Н11Г3М2Ф	КТИ -5	Е - 2303 - Б 20	Е 19.12.2 В20	Е Z В 22	Е 316- 15	Е 19.12.2 В20	Е 19.12.2 В
Э -07Х19Н11М3Г2Ф	ЭА - 400/10 Т	Е - 2204 - Б 20	Е 19.12.3 В20	Е Z В 22	Е 317- 15	Е 19.12.3 В20	Е 19.12.3 В
	ЭА - 400/10 У	Е - 2204 - Б 20	Е 19.12.3 В20	Е Z В 22	Е 317 - 15	Е 19.12.3 В20	Е 19.12.3 В
Э - 08Х24Н12Г3СТ	ЭА - 48 М/22	Е - 0008 - Б 20	Е 24.14S1 В20	Е 22 12 В 22	—	Е 24.14Si В20	Е 24.14S1 В
Э - 10Х25Н13Г2	ЗИО - 8	Е - 0053 - Б 20	Е 23.12 В20	—	Е 309 - 15	Е 23.12 В20	Е 23.12 В
	ОЗЛ-6	Е - 2275 - Б 20	Е 23.12 В20	—	Ь 309 - 1 5	Е 23.12 В20	Е 23. 12 В
	ЦЛ-25	Е - 2275 - Б 20	Е 23.12 В20	—	Е 309 - 1 5	Е 23.12 В20	Е 23.12 В
Э - 12Х24Н14С2	ОЗЛ - 5	Е - 0085 - Б 20	Е 24.14Si В20	—	-	Е 24.14S1 В20	Е 24.14SJ В
Э - О3Х15Н9АГ4	АНВ - 24	Е - 000 - РБ 20	—	—	-	—	—
Э- 10Х25Н13Г2Б	Ш1 -9	Е - 2075 - Б 30	Е 23.12Nb В30	Е 23 12 Nb В 22	Е 309Nb - 15	Е 23.12Nb В30	Е 23.12NbВ
Э - 10Х20Н9Г6С	НИИ - 48 Г	Е - 000 - РБ 20	Е 18.8Mn В20	—	-	Е 18.8Mn6 В20	Е 18.8Mn В
Э - 28Х24Н16Г6	ОЗЛ - 9 А	Е - 097 - РБ 20	Е 25.16Mn S20	—	-	Е 25.16Mn6 RB20	Е 25.16Mn S
Э-02Х19Н15Г4АМ3В2	АНВ - 20	Е - 000 - РБ 20	—	—	-	—	—
Э - 02Х19Н18Г5АМ3	АНВ - 17	Е - 200 - РБ 30	—	—	—	—	—
Э- 11Х15Н25М6АГ2	НИАТ - 5	Е - 000 - Б 30	Е 16.25.6 В3О	Е Z В 22	—	Е 16.25.6 В3О	Е 16.25.6 В
	ЭА - 395/9	Е - 040 - Б 20	Е 16.25.6 В20	Е Z В 22	—	Е 16.25.6 В20	Е 16.25.6 В
Э - 09Х15Н25М6АГ2Ф	ЭА- 98 1/15	Е - 000 - Б 20	Е 16.25.6 В20	Е Z В 22	—	Е 16.25.6 В20	Е 16.25.6 В
Э - 27Х15Н35В3Г2Б2Т	КТИ - 7 А	Е - 056 - Б 20	—	—	—	—	—
Э - 04Х16Н35Г6М7Б	ЭА- 855/51	Е - 200 - Б 20	—	—	—	—	—

Э - 06Х25Н40М7Г2	АНЖР - 2	Е - 001 - Б 20	—	Е Z В 42	-	—	—
Э - 08Н60Г7М7Т	ЦТ -36	Е -031 - Б 20	—	Е Z В 42	-	—	—
Э-08Х25Н60М10Г2	АНЖР -1	Е - 001 - Б 20	—	—	—	—	—
Э - 02Х20Н60М15В3	ОЗЛ - 21	Е - 200 - П 20	—	—	—	—	—
Э -04Х10Н60М24	ИМЕТ- 10	Е - 088 - РБ 30	—	—	-	—	—
Э - 08Х14Н65М15В4Г2	ЦТ -28	Е - 068 - РБ 20	-	—	-	—	—
Э - 10Х20Н70Г2М2В	ОЗЛ - 25	Е - 008 - Б 20	-	Е Z В 22	-	—	—
Э - 10Х20Н70Г2М2Б2В	ОЗЛ - 25 Б	Е - 087 - Б 20	—	Е Z В 22	-	—	—

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общетехнический справочник. Под ред. Е.А.Скороходова. – 4-е изд., испр. М.: Машиностроение, 1990.
2. Файбишенко В.К. Металлические конструкции. Учеб. пособие для вузов.: М.: Стройиздат,1984.
3. Хорн Ф. Атлас структур сварных соединений. Пер. с нем. М.: Металлургия, 1977.
4. Сварка в машиностроении. Справочник в 4–х томах. М.: Машиностроение, 1978–1979.
5. Электроды сварочные. Каталог. Санкт-Петербург. АО «Электродный завод», 1998.
6. Петров Г.Л. Сварочные материалы. Л.: Машиностроение, 1972
7. Краткий справочник физико-химических величин. Л.: Химия, 1983
8. Краткий справочник по химии. Киев: Наукова думка, 1974
9. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов. – Л.: Наука, 1972
10. Справочник по пайке. М.: Машиностроение, 1975
11. Государственные стандарты СССР. Сб. Сварка, пайка и термическая резка металлов. Ч I, II, III, IV. М.: Изд–во стандартов, 1976–1978
12. Государственные стандарты. Указатель 2002 г. М.: ИПК. Изд–во стандартов, 2002
13. Электроды для ручной дуговой сварки. Международный транслятор-справочник. М.: Машиностроение, 2000
14. Справочник по сварочным работам. М.: НПО ОБТ, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 2
1 СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 5
1.1 Назначение сварочных материалов 3
2 СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА, ЭЛЕКТРОДНЫЕ СТЕРЖНИ И ПРУТКИ, ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА, НЕПЛАВЯЩИЕСЯ ЭЛЕКТРОДЫ 8
2.1 Неплавящиеся электроды 13
3 СВАРОЧНЫЕ ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ 14
3.1Формирование состава шлаков при плавлении электрода 18
3.2 Изготовление покрытых электродов 22
3.3 Классификация и характеристика электродов 26
4 ФЛЮСЫ СВАРОЧНЫЕ 37
5 ЗАЩИТНЫЕ ГАЗЫ 44
6 МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ 46
7 ЧУГУННЫЕ ПРУТКИ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ 50
8 ПОРОШКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ 51
9 ЛИТЫЕ ПРУТКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ И НАПЛАВОЧНЫЕ ЛЕНТЫ 53
10 САМОЗАЩИТНАЯ ПРОВОЛОКА И ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ 54
11 ПРИСАДОЧНЫЕ КОЛЬЦА И ВСТАВКИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБ 54
12 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ 55
12.1 Свойства газообразного и жидкого кислорода 55
12.2 Свойства горючих газов 56
12.2.1 Ацетилен 56
12.2.2 Сжимаемые газы 60
12.2.3 Сжиженные газы 64
12.2.4 Жидкие горючие 65
12.3 Горючие – заменители ацетилена 65
12.3.1Основные расчетные характеристики газов-заменителей ацетилена 66
12.3.2 Коэффициент замены ацетилена 66
12.3.3 Основы расчета огневой аппаратуры 69
13 ТИПЫ ЭЛЕКТРОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ 70
13.1 Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей 70
13.2 Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей 82
13.3 Электроды для сварки высоколегированных сталей 87
13.4 Электроды для наплавки 101
13.5 Электроды для подводной сварки 105
13.6 Электроды для ручной дуговой резки 106
13.7 Электроды для сварки чугуна 107
13.8 Электроды для сварки и наплавки цветных металлов и сплавов 108
14 ТРЕБОВАНИЯ К ПАСПОРТУ ЭЛЕКТРОДОВ КОНКРЕТНОЙ МАРКИ 110

15 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ СТАНДАРТУ ISO 116
16 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО СТАНДАРТУ ЕВРОСОЮЗА (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO EUROPEAN UNION STANDARD) 122
16.1 EN 1599 «Покрытые стержневые электроды для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей» 126
16.2 EN 1600 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей» 128
17 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ВЕЛИКОБРИТАНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF GREAT BRITAIN) 133
18 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ГЕРМАНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF GERMANY) 136
19 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ США (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF USA) 138
19.1 Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей 138
19.2 AWS A.5.4-92 « Электроды покрытые для дуговой сварки нержавеющей стали. Технические условия» 151
20 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ЯПОНИИ (ELECTRODES MARKING ACCORDING TO NATIONAL STANDARD OF JAPAN) 156
20.1 Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей 156
20.2 JIS Z 3214-93 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки сталей, стойких к атмосферной коррозией» 159
20.3 Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей 161
20.4 Условное обозначение электродов для ручной дуговой сварки коррозионностойких и жаропрочных сталей 164
ПРИЛОЖЕНИЕ А 168
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 171
ПРИЛОЖЕНИЕ В 172
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 175

Болат Еликбаевич Сариев

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебное пособие
(для студентов специальности 050709)

Зав. РИО	З.А. Губайдулина
Редактор	Э.З. Миргиястинова
Технический редактор	Ж.Н.Байменова

Подписано в печать _____ 2008 г

Тираж экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типографская №1.
Объем 11 уч.-изд. л. Заказ № Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета им. К.И.Сатпаева
Издательский центр КазНТУ, Алматы, ул. Ладыгина, 32