

## ТЕМА ЛЕКЦИИ – ЭЛЕКТРОДЫ

### План лекции

1. Назначение покрытых электродов
2. Сварочные проволоки
3. Маркировка электродов
4. Диаметр электрода.
5. Назначение электродов
6. Виды электродных покрытий

### Цель и задачи лекции:

-цель лекционного занятия заключается в приобретении знаний по видам электродов, маркировке электродов, назначении электродов.

### Задачи:

1. Изучить назначение покрытых электродов;
2. Изучить основные виды маркировки электродов и их основные диаметры.

### 1. Назначение покрытых электродов

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

Ручная дуговая сварка осуществляется плавящимися электродами (рис. 1), которые представляют собой стержни различных диаметров  $d$  и длиной  $L$  от 250 до 450 мм, покрытые специальной обмазкой (диаметр электрода с покрытием  $D$ ). Один конец электрода на длине  $l$  примерно 20–30 мм не имеет покрытия. В этом месте он крепится в электрододержателе. Электрод включается в цепь сварочного тока и при сварке расплавляется в дуге. Электродный стержень выполняет роль присадочного металла.



Размеры электродов, мм

Рисунок 1.



При сварке покрытым электродом, чтобы процесс сварки проходил эффективно, должно обеспечиваться: устойчивое горение дуги, равномерное расплавление стержня и покрытия, надежная газовая защита дуги от воздействия воздуха, защита жидкого металла и равномерное покрытие ванны шлаком, необходимые металлургические процессы, получение металла шва требуемого химического состава и механических свойств, хорошее формирование шва, минимальные потери на угар и разбрызгивание, легкое удаление шлака после затвердевания, удобство выполнения швов в требуемых положениях, отсутствие токсичных выделений.

Для обеспечения этих требований при изготовлении электродов необходимо правильно подбирать проволоку для стержней и состав электродного покрытия. Покрытие должно быть достаточно прочным и не осыпаться при транспортировке и сварке.

## **2. Сварочные проволоки**

В основе сварочных электродов заложены металлические стержни, которые изготавливаются из стальной проволоки.

Сварочную проволоку применяют при изготовлении штучных плавящихся электродов для ручной дуговой сварки, а также как присадочный материал для различных способов механизированной и автоматической дуговой сварки плавлением.

Проволока для изготовления сварочных электродов изготавливается согласно государственным стандартам и полностью соответствует техническим условиям.

Чаще всего электродную проволоку изготавливают из легированных, низкоуглеродистых и высоколегированных сталей. Такая проволока является холоднотянутой. При изготовлении сварочных электродов применяется большое количество марок, поэтому все они отличаются между собой химическим составом.

При этом предусматривается применение 77 марок стальной сварочной проволоки разного химического состава: 6 марок из низкоуглеродистой стали; 30 марок из легированной стали; 41 марку из высоколегированной стали. В стандарте указаны технические условия на маркировку, упаковку, транспортировку и хранение проволоки.

В среднелегированной стали содержится от 2,5 до 10% легирующих элементов, в высоколегированной – более 10%.

Все предприятия, которые изготавливают электродную проволоку, производят свою продукцию на высоком уровне качества. Из электродной проволоки выпускаются сварочные электроды самых популярных марок,



потому что такая проволока полностью соответствует государственным стандартам, принятым в нашей стране.

Марка проволоки расшифровывается следующим образом: буквенное обозначение Св – сварочная; цифры после Св – содержание углерода в сотых долях процента (например, 08 означает 0,08% углерода); буква А – пониженное содержание серы и фосфора, АА – еще более пониженное содержание этих элементов; последующие буквы – условные обозначения легирующих элементов; цифры после буквенных обозначений – среднее содержание легирующих элементов в процентах (при этом при содержании легирующего элемента менее 1% цифра не указывается).

Химические элементы в сталях условно обозначаются следующим образом: алюминий (Al) – Ю, азот (N) – А (только в высоколегированных сталях), бор (В) – Р, ванадий (V) – Ф, вольфрам (W) – В, кремний (Si) – С, кобальт (Co) – К, марганец (Mn) – Г, медь (Cu) – Д, молибден (Mo) – М, никель (Ni) – Н, ниобий (Nb) – Б, титан (Ti) – Т, хром (Cr) – Х, цирконий (Zr) – Ц.

Условное обозначение проволоки Св-06Х18Н9Т означает: проволока сварочная; содержит 0,06% углерода, 18% хрома, 9% никеля, до 1% титана.

### **3. Маркировка электродов**

Умение прочесть маркировку электрода поможет начинающему сварщику правильно выбрать расходные элементы. Навык необходим снабженцам для подбора товаров, закупаемых на производство. От грамотности выбора зависит качество шва и себестоимость изделия. Рассмотрим, что означает каждая буква или цифра в маркировке, какие бывают марки электродов.

Маркировка необходима для обозначения свойств и характеристик металлического стержня и его покрытия, влияющих на процесс горения дуги и формирования сварочного соединения. Сами электроды выпускаются по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75 и обязательно маркируются, чтобы пользователь мог взглянуть на обозначение и понять, как лучше использовать сварочные материалы.

В обязательном порядке маркировка наносится на упаковку. Надпись вынесена на белое или синее поле, свободное от декоративного оформления пачки. На плавящемся покрытии, ближе к концу электрода, вставляемого в держатель, тоже наносится маркировка. Некоторые производители дополнительно указывают данные на боковой стороне пачки, но это не является требованием.

Маркировка состоит из группы букв и цифр, за которыми стоят определенные характеристики. Для наглядности пояснения возьмем за пример

распространенные электроды с такой маркировкой:

Первые индексы Э42А указывают на тип расходного элемента. Их несколько и они поясняют сварщику, какой металл лучше сваривается определенными электродами.

В нашем примере указан тип Э42А, где:

Э — электроды для Ручной Дуговой Сварки.

Цифра 42 — предел прочности, измеряемый в кг на мм<sup>2</sup>.

А — металл шва будет обладать повышенной пластичностью и ударной вязкостью.

Благодаря знанию этой части маркировки вы сможете легко подобрать электроды по прочности шва — чем выше цифра, тем прочнее соединение. Например, в нашем случае 42 означает, что сваренный шов выдержит нагрузку в 42 кг на 1 квадратный миллиметр. Когда требуется устойчивость к резким нагрузкам, выбирайте расходники с приставкой "А" в типе.

Марка определяется ГОСТом или патентуется отдельно производителем, если ее обозначение отличается от общепринятых стандартов. Указывает на предназначение расходных элементов. Среди стандартных марок по ГОСТу существуют следующие:

- АНО-4, -6, -17, -21, -24, -36, -37, -27, УОНИ 13/45, 13/55, МР-3, ЦУ-5, ТМУ-21У, ВН-48 — для сварки низколегированных и углеродистых сталей.
- ОЗЛ-6, -8, -17У, -9А, -25Б, ЗИО-8, АНЖР-3У, НЖ-13, НИИ-48Г — для сварки высоколегированной стали.
- ЦЧ-4, МНЧ-2 — для сварки чугуна.
- Т-590, -620, ЦН-6Л, -12М, ЭН-60М, ОЗН-400 — для наплавки поверхностного слоя.
- ЦМ-7С, ОК-46, АНО-1, ОЗС-3, ОЗС-12 — для подводной сварки.

#### 4. Диаметр электрода.

От длины электрода зависит удобство управления процессом сварки. Чем длиннее электрод, тем неудобнее выполнять сварку. Однако при сварке короткими электродами увеличиваются потери времени и электродов в результате более частой их смены.

На выбор оптимальной длины электрода влияют его диаметр и физические свойства металла стержня. Существенное значение имеет электрическое сопротивление металла стержня. Чем больше сопротивление, тем меньшей должна быть длина электрода. Например, электроды для сварки коррозионностойких сплавов несколько короче, чем электроды для сварки

углеродистой стали, при прочих равных условиях.

С уменьшением диаметра электрода сокращают его длину (электрическое сопротивление электродного стержня возрастает с уменьшением диаметра электрода, и при большой его длине электрод будет перегреваться).

## 5. Назначение электродов

Металлические электроды для дуговой сварки сталей и наплавки по назначению подразделяются на следующие группы (ГОСТ 9467–75):

У – для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа. ГОСТ предусматривает девять типов электродов: Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э950А, Э55, Э60;

Л – для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа – пять типов: Э70, Э85, Э100, Э125, Э150;

Т – для сварки легированных теплоустойчивых сталей – девять типов: Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ;

В – для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – 49 типов (ГОСТ 10052–75);

Н – для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – 44 типа (ГОСТ 10051–75).

Цифры в обозначениях типов электродов для сварки конструкционных сталей означают гарантируемый предел прочности металла шва.

Пластические свойства покрытия обеспечивают формовочные добавки (пластификаторы) – бетонит, каолин, декстрин, слюда и др. Некоторые материалы покрытия выполняют одновременно несколько функций. Например, мрамор является стабилизирующим, газозащитным и шлакообразующим компонентом.

С целью повышения производительности сварки в покрытие добавляют железный порошок, содержание которого может составлять до 60% массы покрытия. Электроды бывают **тонкопокрытые** (с тонким слоем обмазки), со средним по толщине слоем покрытия, толстопокрытые и с особо толстым покрытием.

**Толстопокрытые** электроды часто называют качественными электродами или электродами с качественной обмазкой. Некоторые из них имеют толщину слоя покрытия 3 мм.

Тонкое покрытие электродов обеспечивает только устойчивое горение



дуги при сварке. Такие электроды применяют для сварки неответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей, поскольку небольшое количество образующихся газов и шлаков не дает надежную защиту сварочной ванны.

Толстое покрытие электродов обеспечивает устойчивое горение сварочной дуги и получение сварных соединений, обладающих высокими механическими свойствами. Эти электроды используют для сварки ответственных конструкций различного назначения.

Электроды с толстым покрытием создают при сварке газовую и шлаковую защиту, стабилизируют дугу, раскисляют расплавленную ванну металла, легируют наплавленный металл, формируют сварной шов. Такие электроды в зависимости от назначения подразделяют на электроды для сварки конструкционных, легированных сталей и для наплавки.

Электроды с **особо толстым** покрытием используют для высокопроизводительной сварки.

Газовая защита наплавленного металла от кислорода и азота воздуха зависит от качества электродного покрытия. Электродные покрытия влияют на механические свойства металла шва. Наиболее высокие механические свойства (временное сопротивление, относительное удлинение, ударная вязкость) металла шва достигаются при использовании электродов с толстыми покрытиями.

Масса толстых электродных покрытий составляет 30–40% массы электродного стержня. Для приготовления обмазочной пасты к сухой смеси добавляют 30% водного раствора жидкого стекла. Повысить производительность сварки можно введением в покрытие электродов железного порошка. В зависимости от процентного содержания железного порошка в обмазке (5–50%) коэффициент наплавки увеличивается в 1,5–2 раза.

Наиболее простая тонкая обмазка для электродов – мел, сцементированный жидким стеклом. В состав тонкого покрытия могут быть введены гранит, соединения кальция в виде природных минералов, полевой шпат, а также мел, мрамор и другие компоненты.

Вещества, входящие в состав покрытия, вместе с электродным стержнем при сварке плавятся и испаряются, активно насыщая дуговой воздушный промежуток электрическими зарядами – электронами и ионами.

Пары кальция и некоторых других элементов легко ионизируются. Благодаря этому дуга между электродом и сварочной ванной горит устойчиво, стабильно. Поэтому тонкие покрытия называют стабилизирующими, а также ионизирующими, так как они усиливают ионизацию дугового промежутка. Толщина стабилизирующего покрытия 0,1–0,25 мм, а масса его составляет 1–



5% массы электродного стержня.

При сварке электродами с тонким покрытием образующееся при их плавлении количество газов и шлака очень мало и недостаточно для хорошей защиты расплавленного металла от вредного воздействия азота и кислорода воздуха. При сварке такими электродами выгорают углерод, марганец, кремний. В результате получается сварное соединение с низкими механическими свойствами.

Органические соединения, а также мрамор, мел, известняк, входящие в обмазку электрода, разлагаются под действием высокой температуры вблизи торца электрода. Образующиеся при этом газы нагреваются, расширяются, оттесняя окружающий воздух.

Иногда в маркировке присутствует дополнительное обозначение, прописываемое под горизонтальной чертой.

**Цифра 4** указывает на устойчивость сварного шва к коррозии. Всего существует пять ступеней (0/2/3/4/5) — чем выше число, тем лучше. В нашем примере цифра 4, что говорит о высокой защите шва от ржавчины при последующей эксплуатации.

**Цифра 3** относится к максимальной температуре, при которой сохраняется жаропрочность соединения. Всего бывает 9 вариантов, где 1 — 500 градусов, а 9 — свыше 850 градусов. В нашем случае 3 — шов выдержит нагрев до 560-600 °С без потери свойств.

**Цифра 2** — предел рабочей температуры шва. Тоже имеет 9 уровней с показателем от 600 до 1100 градусов. В нашем примере 2 указывает на пределе в 650 °С, после которого в металле начнутся изменения.

Значение взятое в скобки (5) — количестве ферритной фазы в шве. Индекс подразделяется на 8 уровней с процентным содержанием от 0.5-4.0% до 10-20%. При нашем показателе 5 содержание ферритной фазы колеблется от 2.0 до 8.0%.

Такая группа индексов указывает сразу не несколько характеристик. Обычно, она пишется на упаковках электродов, предназначенных для работы с низколегированными и легированными металлами.

## 6. Виды электродных покрытий.

Электродные покрытия могут обеспечивать разную защиту. У одних преобладает газовая защита, у других — шлаковая. По-разному может осуществляться выведение из металла шва такого нежелательного элемента, как водород — за счет кислорода или за счет фтора. Различной может быть степень очищения металла шва от серы и фосфора.

Покрытие электродов	Особенности сварки	Обозначение
Кислое	Сварка во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху-вниз, постоянным и переменным током. Не рекомендуется для сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Недостаток: возможны трещины в швах, сильное разбрызгивание	А
Основное	Сварка постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху-вниз, металла большой толщины	Б
Рутиловое	Сварка во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху-вниз, постоянным и переменным током.	Р
Целлюлозное	Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. Целесообразны на монтаже. Не допускают перегрева. Большие потери на разбрызгивание	Ц
Смешанного типа	Сварка конструкций и трубопроводов во всех положениях шва, кроме потолочного, при низком расходе на 1кг наплавленного металла	АЦ, РБ

Рисунок 2

Различают шесть видов электродных покрытий: А, Б, Р, Ц, П и смешанное.

А– кислое покрытие, отличается тем, что в его состав входят образующие шлаковую защиту различные руды и материалы, содержащие большое количество кислорода.

Для удаления кислорода и восстановления железа из оксидов применяют ферросплавы, для газовой защиты вводят органические примеси – крахмал, декстрин. В сварочной ванне происходит активное раскисление железа, она кипит, что способствует дегазации металла. Для этих покрытий невозможно легирование шва вследствие окисления легирующих элементов.

Сварка электродами с этим покрытием возможна на постоянном (прямой и обратной полярности) и переменном токах во всех положениях. Допускается сварка при небольшой ржавчине и окалине, однако в этом случае увеличивается разбрызгивание. Кроме того, металл шва склонен к образованию кристаллизационных трещин.

Вследствие применения ферромарганца выделяется значительное количество токсичных марганцевых соединений, что ограничивает использование таких покрытий.

Б– основное покрытие содержит фтористокальциевые соединения и ферросплавы.

При расплавлении это покрытие выделяет большое количество углекислого газа, образующегося вследствие диссоциации карбонатов. Кальций хорошо рафинирует металл шва, извлекая из него серу и фосфор. Фтор связывает водород в соединение HF (второводород) и выводит его из шва. Содержание фтора ограничивают, поскольку он снижает устойчивость горения дуги.

Электроды с основным покрытием предназначены для сварки постоянным током обратной полярности во всех положениях. При сварке



переменным током в покрытие добавляют более активные стабилизаторы – калиевое жидкое стекло, поташ и др.

Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, обладает высокими механическими показателями, особенно ударной вязкостью при положительных и низких температурах, не склонен к образованию горячих и холодных трещин, содержит минимальное количество кислорода и азота. Эти электроды применяют для сварки наиболее ответственных конструкций, а также для сварки деталей, имеющих большие сечения.

Недостатком основных покрытий является их повышенная склонность к образованию пор при увеличении длины дуги, наличии ржавчины на свариваемых кромках, а также при сварке непрокаленными электродами.

Другой недостаток этих покрытий – пониженная устойчивость горения дуги, обусловленная наличием в покрытии фтора, обладающего высоким потенциалом ионизации. Поэтому сварку обычно производят постоянным током.

Сварка электродами с основным покрытием должна вестись короткой дугой и при хорошей очистке свариваемых кромок от ржавчины, окалины, масла и влаги для избежания образования пористости в швах.

Широко используют электроды марки АНО-11 с фтористо-кальциевым покрытием. Они предназначены для сварки переменным и постоянным током ответственных конструкций из низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных сталей. Этими электродами можно сваривать швы в различных пространственных положениях, они обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами (легкая отделяемость шлаковой корки, незначительные потери расплавленного металла на разбрызгивание). Вредных выделений при этом значительно меньше, чем при сварке электродами других марок с аналогичным покрытием. Металл сварного шва обладает высокой прочностью, пластичностью и ударной вязкостью.

R– рутиловое покрытие, которое содержит 50% рутилового концентрата в виде оксида титана ( $TiO_2$ ), а также карбонаты кальция – мрамор, тальк, мусковит, магнезит, ферросплавы, целлюлозу. Газовая защита происходит за счет диссоциации материалов и органической составляющей. Раскисление и легирование металла шва обеспечивается ферросплавами.

Электроды с таким покрытием позволяют получить плотный металл сварного шва при наличии ржавчины на свариваемых кромках, незначительное разбрызгивание электродного металла при сварке, они пригодны для сварки постоянным и переменным током во всех пространственных положениях, обеспечивают устойчивое горение сварочной дуги, обладают хорошими технологическими свойствами и применяются для

сварки низкоуглеродистых сталей.

Ц – целлюлозное покрытие содержит в основном оксицеллюлозу или аналогичные ей органические вещества, а также рутил и ферросплавы. Это покрытие при расплавлении выделяет много защитного газа и небольшое количество шлака, необходимого для процесса раскисления. Электроды с таким покрытием пригодны для сварки во всех пространственных положениях постоянным током и употребляются в основном для сварки первого слоя стыков трубопроводов. Основной недостаток – повышенное разбрызгивание электродного металла при сварке.

Смешанные покрытия обозначают двойной буквой, например БЦ – покрытие основного типа со значительным количеством целлюлозы.

Покрытия, обозначенные буквой П, не имеют явно выраженного кислого, основного, целлюлозного или рутилового состава.

Существуют сотни марок штучных электродов. Однако только незначительное количество их широко используется в сварочном производстве. При выборе электродов учитывают возможность получения требуемых механических и других свойств металла шва. Каждому типу электрода может соответствовать несколько марок, которые различаются составом покрытия.

В технических условиях каждой марки электрода указаны характеристики покрытия, область применения электродов, марка стержня, рекомендуемое пространственное положение, технологические особенности, рекомендуемые электрический ток (постоянный, переменный) и полярность, диаметр сварочного тока, коэффициент наплавки, характеристика перехода металла стержня в сварной шов, механические свойства и химический состав наплавленного металла и др.

Чтобы электрод соответствовал маркировке, в его обмазке должны присутствовать химические вещества в определенных пропорциях. Это могут быть: кварцевый песок, каолин, мрамор, марганцевая руда, титановый концентрат, мел и пр. Именно газ от расплавленного покрытия вступает в реакцию со сварочной ванной и придает шву определенные характеристики. Такой процесс происходит во время горения дуги и после ее затухания, пока формируется новая кристаллическая решетка.

По допустимым пространственным положениям при сварке и наплавке электроды делят на следующие группы: 1 – включает все положения; 2 – все положения, кроме вертикального «сверху вниз»; 3 – нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости и вертикальное «снизу вверх»; 4 – нижнее положение и нижнее «в лодочку».

Этот параметр не всегда указывается отдельно, поскольку определяется



по типу обмазки. Но некоторые производители его выводят в отдельный индекс маркировки. По роду и полярности тока, а также по номинальному напряжению холостого хода используемого источника питания сварочной дуги переменного тока электроды подразделяют на группы от 0 до 9:

0 – сварка на постоянном токе обратной полярности;

1, 4, 7 – сварка на переменном и постоянном токе любой полярности при напряжении холостого хода источника питания, равном или превышающем 50, 70, 90 В соответственно;

2, 5, 8 – сварка на переменном и постоянном токе прямой полярности, равном или превышающем 50, 70, 90 В соответственно;

3, 6, 9 – сварка на переменном или постоянном токе обратной полярности, равном или превышающем 50, 70, 90 В соответственно.

Отклонения в напряжении допускаются в пределах  $\pm 10$  В.