

## ТЕМА ЛЕКЦИИ - РЕЖИМЫ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

### План лекции

1. Основные параметры при выборе режима дуговой сварки
2. Выбор режима ручной дуговой сварки
3. Дополнительные параметры при выборе режима дуговой сварки.

### Цель и задачи лекции:

- цель лекционного занятия заключается в изучении параметров и режимов ручной дуговой сварки

### Задачи:

1. Изучить основные параметры при выборе режима дуговой сварки;
2. Изучить режимы дуговой сварки;
3. Изучить дополнительные параметры при выборе режима дуговой сварки.

### 1. Основные параметры при выборе режима дуговой сварки

Режимы дуговой сварки представляют собой совокупность контролируемых параметров, определяющих условия сварочного процесса. Правильно выбранные и поддерживаемые на протяжении всего процесса сварки параметры являются залогом качественного сварного соединения. Условно параметры можно разделить на основные и дополнительные.

**Основные параметры** режима дуговой сварки: диаметр электрода, величина, род и полярность тока, напряжение на дуге, скорость сварки, число проходов.

**Дополнительные параметры:** величина вылета электрода, состав и толщина покрытия электрода, положение электрода, положение изделия при сварке, форма подготовленных кромок и качество их зачистки.

Перед началом сварочной работы следует подобрать значения этих параметров так, чтобы сварочный шов получился требуемого размера и хорошего качества.

Первое, это диаметр электрода, его выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла, положения, в котором выполняется сварка, катета шва, а также вида соединения и формы кромок, подготовленных под сварку. Для того чтобы правильно выбрать диаметр электрода, можно воспользоваться таблицей 1.

## Выбор диаметра электрода в зависимости от толщины металла

Толщина металла, мм	1-2	3	4-5	6-8	9-12	13-15	≥ 16
Диаметр электрода, мм	1,5-2	3	3-4	4	4-5	5	6

## Значения диаметра электрода в зависимости от катета шва

$k$ , мм	3	4–6	7–9
$d_{э}$ , мм	3	4	5

Вертикальные, горизонтальные и потолочные швы выполняют электродами диаметром до 4мм.

Корневой слой при сварке многослойных швов выполняют электродами диаметром 3 – 4 мм, а последующие – электродами большего диаметра

4

Таблица 1.

Однако такое соотношение является примерным, так как на этот фактор накладывает отпечаток размещение шва в пространстве и количество сварочных проходов. К примеру, при потолочном положении шва не рекомендуют применять электроды с диаметром более 4 мм. Не пользуются электродами больших диаметров и при многопроходной сварке, так как это может привести к непровару корня шва.

Однако нужно помнить, что увеличение диаметра электрода уменьшает плотность сварочного тока, что приводит к блужданию сварочной дуги, её колебаниями и изменениям длины. От этого растёт ширина сварочного шва и уменьшается глубина провара – то есть качество сварки ухудшается.

Диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемого металла выбирают в основном при сварке в нижнем положении, хотя такой выбор не исключен при сварке в других пространственных положениях. При сварке металла в нижнем положении (если не учитывать форму разделки кромок) имеется следующая экспериментальная зависимость между толщиной свариваемого металла и диаметром электрода.

Электроды диаметром 2—3 мм при сварке металла толщиной от 4 мм и выше применяют при выполнении первого слоя — так называемого корневого шва.

Диаметр электрода при прочих равных условиях выбирают в зависимости от марки свариваемого металла. Для уменьшения тепловложения в основной (свариваемый) металл (для снижения возможности образования трещин), особенно при сварке закаливающих сталей и чугуна, электрод берут диаметром 2—3 мм, что обеспечивает получение валика небольшого сечения.

Диаметр электрода выбирают также в зависимости от формы разделки кромок под сварку. Если разделки кромок нет, то диаметр электрода можно подбирать по выше приведенной зависимости. Если же имеется разделка кромок, то при наложении первого слоя, независимого от марки свариваемого металла, применяют электроды диаметром 2-3 мм и редко 4 мм. Применение электродов больших диаметров (свыше 4 мм), как правило, приводит к непровару, зашлаковыванию и образованию ряда других дефектов. Последующие слои выполняют электродами диаметром 4 мм, а если толщина металла свыше 12 мм и сварку выполняют в нижнем положении, то могут быть применены электроды диаметром 5 мм. Декоративный слой при сварке металла толщиной более 12 мм в нижнем положении можно выполнить электродами диаметром 4 мм и более. При выполнении швов в вертикальном и других пространственных положениях первый слой накладывают электродами диаметром 2-3 мм и редко 4 мм, а последующие слои, в том числе и декоративный слой, выполняются электродами диаметром 4 мм.

Диаметр электрода должен выбираться в зависимости от свариваемого соединения. При сварке стыкового соединения выбор диаметра электрода надо осуществлять как было сказано выше. При сварке тавровых, угловых и нахлесточных соединений существует такое правило выбора диаметра электрода:

-для швов, выполняемых в несколько слоев, первый слой делают электродами диаметром 2, 3, 4 мм. Чем ответственнее конструкция, тем меньше диаметр применяемого электрода, что способствует получению хорошего провара в корне шва, уменьшает тепловложение в основной металл, а, следовательно, снижает сварочные напряжения и деформации;

-для швов, выполняемых за один проход, применяют электроды диаметром 2, 3, 4, 5 и 6 мм — в зависимости от толщины свариваемых листов.

Тип и марку электрода подбирают в зависимости от прочности, механических и эксплуатационных свойств сварного соединения.

Важнейшим параметром при работе ручной дуговой сварки является сила сварочного тока. **Сила тока выбирается** в зависимости от диаметра шва длины его рабочей части, состава покрытия, положения сварки и т.д. Чем больше сила тока, тем интенсивнее расплавляется его рабочая часть и тем выше производительность сварки. Именно сварочный ток будет определять качество сварочного шва и производительность сварки в целом.

Обычно рекомендации по выбору силы сварочного тока приведены в инструкции пользователя, которая поставляется в комплекте со сварочным аппаратом. Если таковой инструкции нет, то силу сварочного тока можно выбрать в зависимости от диаметра электрода. Большинство производителей



электродов размещают информацию о величинах сварочного тока прямо на упаковках своей продукции.

Кроме того, уровень сварочного тока зависит от расположения сварочного шва в пространстве. При сварке швов в потолочном или вертикальном положении рекомендуется диаметр электродов не меньше 4 мм и понижение силы сварочного тока на 10-20%, относительно стандартных показателей тока при работе в горизонтальном положении. Но это правило может приниматься с некоторыми оговорками. При чрезмерном токе для выбранного диаметра электрода происходит перегрев рабочей части, что чревато ухудшением качества шва, разбрызгиванием капель жидкого металла и даже может привести к сквозным прогораниям деталей. При недостаточной силе тока дуга будет неустойчива, часто будет обрываться, что может привести к непроварам, не говоря уже о качестве шва. Чем больше диаметр электрода, тем меньше допустимая плотность тока, так как ухудшаются условия охлаждения сварочного шва.

### **Напряжение дуги (длина сварочной дуги)**

После того, как сила сварочного тока определена, следует рассчитать длину сварочной дуги.

Расстояние между концом электрода и поверхностью свариваемого изделия и определяет длину сварочной дуги. Стабильное поддержание длины сварочной дуги очень важно при сварке, это сильно влияет на качество свариваемого шва. Лучше всего использовать короткую дугу, т.е. длина которой не превышает диаметр электрода, но это достаточно тяжело осуществить даже при наличии солидного опыта. Поэтому оптимальной длиной дуги принято считать размер, который находится между минимальным значением короткой дуги и максимальным значением (превышает диаметр электрода на 1-2 мм.)

Напряжение на дуге изменяется пропорционально длине дуги. При увеличении длины дуги возрастает ее напряжение и поэтому увеличивается доля тепла, идущая на плавление электрода и основного металла. В результате этого ширина сварного шва увеличивается, а глубина провара и высота усиления уменьшаются. (Напряжение на дуге зависит от величины тока и диаметра электрода. Оно обычно бывает 18-40 В.

Сварку лучше выполнять короткой дугой, где напряжение устанавливается 18-20 В. Длинная дуга издает резкий звук, сопровождающийся хлопками и значительным разбрызгиванием расплавленного металла. Поэтому опытный сварщик по звуку дуги может даже на некотором расстоянии судить о ее длине. С целью уменьшения длины дуги следует быстрее опускать вниз электрододержатель с электродом.

### **Скорость сварки**

Режимы ручной дуговой сварки покрытыми электродами включают установление скорости. Выбор скорости сварки зависит от толщины свариваемого изделия и от толщины сварочного шва. Подбирать скорость сварки следует так, чтобы сварочная ванна заполнялась жидким металлом от электрода и возвышалась над поверхностью кромок с плавным переходом к

основному металлу изделия без наплывов и подрезов. Желательно поддерживать скорость продвижения так, чтобы ширина сварочного шва превосходила в 1,5-2 раза диаметр электрода.

Если слишком медленно перемещать электрод, то вдоль стыка образуется достаточно большое количество жидкого металла, который растекается перед сварочной дугой и препятствует её воздействию на свариваемые кромки- то есть результатом будет непровар и некачественно сформированных шов.

При дальнейшем увеличении скорости сварки время теплового действия дуги на металл и глубина провара уменьшается, а при значительной скорости сварки будет даже образовываться несплавление основного металла с металлом шва.

Неоправданно быстрое перемещение электрода тоже может вызывать непровар из-за недостаточного количества тепла в рабочей зоне. А это чревато деформацией швов после охлаждения, вплоть до трещин.

Наиболее простой способ подбора скорости сварки ориентирован на приблизительно среднее значение размеров сварочной ванны. В большинстве случаев сварочная ванна имеет размеры: ширина 8-15 мм, глубина до 6 мм, длина 10-30 мм. Важно следить, чтобы сварочная ванна равномерно заполнялась плавленным металлом, т.к. глубина проплавления почти не изменяется.

Для получения удачного шва скорость должна быть 35-40 м/час. Тогда сварочная ванна будет находиться сверху поверхности кромок, не образуя стекания вниз. Переход ее к соединению будет плавным, наплывы и подрезы не образуются.

Наглядно зависимость сварного шва от напряжения, тока и темпа сварки можно увидеть на рисунке 1.



Рисунок 1.

В зависимости от расположения соединений на изделии или от наклона изделия ручная дуговая сварка может быть выполнена на горизонтальной плоскости, на подъем и спуск. Влияние наклона изделия и пространственного расположения соединений на изделии на форму шва примерно такое, что и влияние наклона электрода. При сварке на подъем расплавленный металл под действием собственного веса вытекает из-под дуги, в результате чего увеличиваются глубина проплавления и высота усиления, а ширина шва

уменьшается. При сварке на спуск жидкий металл подтекает под дугу, что уменьшает глубину проплавления и увеличивает ширину шва.

При сварке на подъем наблюдается большая глубина проплавления, а также большая высота валика. При сварке на спуск наоборот снижается глубина проплавления и уменьшается высота сварного шва. При этом ширина шва практически не меняется.

Ручную дуговую сварку можно выполнять вертикальным электродом, углом вперед и углом назад. В виду того что столб дуги стремится сохранить направление оси электрода, то в каждом из этих случаев форма сварочной ванны и, следовательно, форма шва будет различной. При сварке углом вперед, как правило, жидкий металл подтекает под дугу, поэтому глубина провара и высота усиления уменьшаются, а ширина шва увеличивается. При сварке углом назад жидкий металл давлением дуги вытесняется из-под нее, поэтому глубина провара и высота усиления увеличиваются.

На рисунке 2. видно, что при сварке углом назад более глубокое проплавление, а при сварке углом вперед увеличивается ширина шва и уменьшается высота валика.



Рисунок 2.

Кроме того, на силу тока оказывает полярность и вид тока.

Род и полярность тока также влияют на форму и размеры шва. При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара на 40-50% больше, чем при сварке постоянным током прямой полярности, что объясняется различным количеством теплоты, выделяющейся на аноде и катоде. Поэтому обратная полярность применяется при сварке тонкого металла с целью исключения прожога и при сварке высоколегированных сталей с целью исключения их перегрева. При сварке переменным током



глубина провара на 15—20% меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

Объяснение является достаточно простым и соответствует физическим законам. Где плюс, там нагревание больше. Соответственно, при прямой полярности выше нагреваются свариваемые детали. Становится возможным соединение крупных изделий. Применение такого вида полярности на тонких деталях вызовет прожоги, и шов будет некачественным. Поэтому для соединения тонких деталей обеспечивают обратную полярность.

Род и полярность тока выбирают по типу электродного покрытия, марке свариваемого металла, толщине свариваемого металла.

Можно использовать обратную полярность при сварке высоколегированных сталей во избежание их перегрева, а на прямой полярности лучше варить массивные детали. К примеру, при сварке постоянным током с обратной полярностью катод и анод меняются местами и глубина провара увеличивается до 40%. Глубина провара при сварке переменным током на 15 - 20% меньше, чем при сварке постоянным током. Эти обстоятельства следует учитывать при выборе режимов сварки.

Сварку низколегированных сталей можно производить как ручным способом, так и автоматически, вне зависимости от полярности тока.

Напомню вам, что низколегированные стали – это конструкционные стали, в которых содержится не больше 2,5% легирующих элементов (углерода, хрома, марганца, никеля и т.д.), причем углерода не должно быть более 0,2%), широко применяются в строительстве, судостроении, трубопрокатном производстве.

Как правило, для сварочных работ применяют ток постоянной величины. Прямая полярность при постоянном токе дает возможность сваривать толстые детали. Чтобы избежать появления прожогов при соединении тонких металлов включают обратную полярность. Сварку переменным током практически не применяют, поскольку это снижает производительность.

Выбор режима сварки при ручной дуговой сварке заключается, в частности, в возможности проводить процесс при разных полярностях. При прямом варианте проводник тока подключают к клемме с минусом, а металлическое соединение к плюсу. Интенсивней, чем электрод, начинают расплавляться элементы сварного соединения. Это дает преимущество при сварке толстых металлических деталей.

Обратная полярность получается при подключении электрода к плюсу, а металлических деталей к минусу. Это обеспечивает интенсивный расплав электрода, превосходящий плавление деталей.

Если при сварке изменять сварочный ток то будут меняться параметры сечения шва. При более низком токе увеличивается глубина проплавления и увеличивается валик сварного шва.

Следующий основной параметр это зажигание (возбуждение) сварочной дуги.



Дуга — мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка возникает во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает в себя три этапа: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода и возникновение устойчивого дугового разряда.

Дуга может возбуждаться двумя приемами: касанием конца электрода к свариваемому изделию и отводом от изделия перпендикулярно вверх на расстояние 3—4 мм, или быстрым боковым движением электрода к свариваемому изделию и отводе электрода от изделия («чирканьем» электродом по изделию, подобно зажиганию спички). Данный способ чаще всего применяют на новом электроде. Этот метод прост и особых профессиональных навыков не требует.

Второй способ «касанием», удобнее, но неприемлем в узких и неудобных местах. т.к. электрод подводят вертикально (перпендикулярно) к месту начала сварки и после легкого прикосновения к поверхности изделия отводят верх на расстояние примерно в 3-5 мм. Чаще всего этот способ применяют в труднодоступных, узких и прочих неудобных местах. Прикосновение электрода к изделию должно быть кратковременным, иначе он приваривается к изделию.

## **2. Выбор режима ручной дуговой сварки;**

При выборе режимов сварки следует учитывать и наличие скоса свариваемых кромок. Все эти обстоятельства учтены и сведены в таблицах на слайде Особенности горения сварочной дуги на постоянном и переменном токе различны. Дуга, представляющая собой газовый проводник, может отклоняться под воздействием магнитных полей, создаваемых в зоне сварки. Процесс отклонения сварочной дуги под действием магнитных полей называют магнитным дутьем, которое затрудняет сварку и стабилизацию горения дуги.

Максимальное значение тока должно уточняться по паспорту электродов.

Особенно ярко выражено магнитное дутье при сварке на источнике постоянного тока. Магнитное дутье ухудшает стабилизацию горения дуги и затрудняет процесс сварки. Для уменьшения влияния магнитного дутья применяют меры защиты, к которым относят: сварку на короткой дуге, наклон электрода в сторону действия магнитного дутья, подвод сварочного тока к точке, максимально близкой к дуге и т.д. Если полностью избавиться от действия магнитного дутья не удастся, то меняют источник питания на переменный, при котором влияние магнитного дутья заметно снижается. Малоуглеродистые и низколегированные стали обычно варят на переменном токе.

### **Траектория движения электрода**

Правильное поддержание дуги и ее перемещение является залогом качественной сварки. Слишком длинная дуга способствует окислению и

азотированию расплавленного металла, разбрызгивает его капли и создает пористую структуру шва. Красивый, ровный и качественный шов получается при правильном выборе дуги и равномерном ее перемещении, которое может происходить в трех основных направлениях. Классические траектории движения электрода при ручной дуговой сварке приведены на слайде.

Поступательное движение сварочной дуги происходит по оси электрода. При помощи этого движения поддерживается необходимая длина дуги, которая зависит от скорости плавления электрода. По мере плавления электрода, его длина уменьшается, а расстояние между электродом и сварочной ванной - увеличивается. Для того чтобы это не происходило, электрод следует продвинуть вдоль оси, поддерживая постоянную дугу. Очень важно при этом поддерживать синхронность. То есть, электрод продвигается в сторону сварочной ванны синхронно с его укорочением.

Продольное перемещение электрода вдоль оси свариваемого шва формирует так называемый ниточный сварочный валик, толщина которого зависит от толщины электрода и скорости его перемещения. Обычно ширина ниточного сварочного валика бывает на 2 — 3 мм больше диаметра электрода. Собственно говоря, это уже есть сварочный шов, только узкий. Для прочного сварочного соединения этого шва бывает недостаточно. И поэтому по мере перемещения электрода вдоль оси сварочного шва выполняют третье движение, направленное поперек сварочного шва.

Поперечное движение электрода позволяет получить необходимую ширину шва. Его совершают колебательными движениями возвратно-поступательного характера. Ширина поперечных колебаний электрода определяется в каждом случае индивидуально и во многом зависит от свойств свариваемых материалов, размера и положения шва, формы разделки и требований, предъявляемых к сварному соединению. Обычно ширина шва лежит в пределах 1,5 — 5,0 диаметров электрода.

Таким образом все три движения накладываются друг на друга, создавая сложную траекторию перемещения электрода. Практически каждый опытный мастер имеет свои навыки в выборе траектории перемещения электрода, выписывая его концом замысловатые фигуры.

Но в любом случае траекторию перемещения дуги следует выбирать таким образом, чтобы кромки свариваемых деталей проплавились с образованием требуемого количества наплавленного металла и заданной формы шва.

Если шов не будет закончен до того, как длина электрода уменьшится настолько, что требуется его замена, то сварку на время прекращают. После замены электрода следует удалить шлак и возобновить сварку. Для завершения оборванного шва зажигают дугу на расстоянии 12 мм от углубления, образовавшегося на конце шва, называемого кратером. Электрод возвращают к кратеру, чтобы образовать сплав старого и нового электродов, а затем снова начинают перемещать электрод по первоначально выбранной траектории.

### **3. Дополнительные параметры при выборе режима дуговой сварки.**

Режимы сварки электродуговой включают не только основные, но и дополняющие их параметры. Такие режимы дуговой сварки так же оказывают влияние на конечное получение сварного шва.

#### **Вылет электрода**

Вылетом электрода называется расстояние от торца электрода до поверхности металлической детали. Он оказывает влияние на процесс сварки и размеры получаемого шва.

Увеличение этого параметра снижает стабильность горения дуги. Металл начинает сильнее разбрызгиваться. Маленький вылет делает затруднительным наблюдение за сварочным процессом. Набрызгивание происходит на сопло.

#### **Толщина электродного покрытия**

Режимы ручной дуговой сварки включают особенности электродов, в частности, его покрытие, а именно его толщина. Этот параметр регламентирует ГОСТ 9466. Оптимальное покрытие предполагает нахождение его торцевого размера в пределах 0,5-2,5 мм. Применение проводников тока с такой толщиной покрытия обеспечивает получение прочного шва, выдерживающего большие нагрузки.

#### **Число проходов**

Однопроходной способ сварки предполагает сваривание одним слоем. Колебательные движения при этом не делаются. Он применяется при сварке деталей небольшой толщины, когда ширина шва не превышает 14-15 мм. При этом уменьшается величина остаточных деформаций. Для стыковых соединений, особенно при сварке толстых элементов, используют несколько слоев, и этот способ называется многопроходным.

Шов, осуществленный за один проход, имеет ванну большего размера. Преимуществами являются высокая производительность процесса и экономичность способа. К недостаткам относятся снижение пластичности шва и слишком большая зона нагрева. Все швы при многопроходной сварке выполняют электродами одного размера.