

ТЕМА ЛЕКЦИИ – СТРОЕНИЕ СВАРОЧНОЙ ДУГИ И ЕЁ КЛАССИФИКАЦИЯ

План лекции

1. Суть образования сварочной дуги;
2. Классификация сварочной дуги – основные виды;
3. Условия образования, зажигания и устойчивого горения дуги.

Цель и задачи лекции:

-цель лекционного занятия заключается в приобретении знаний по условиям образования дуги и её строению.

Задачи:

1. Изучить суть образования дуги, её классификацию;
2. Изучить условия образования дуги и её строение;
3. Ознакомиться с условиями зажигания и устойчивого горения дуги.

1. Суть образования сварочной дуги

Сварка это процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

В 1802 г. профессором физики Петербургской медико-хирургической академии В.В. Петровым было открыто явление электрического дугового разряда.

В 1882 г. изобретателем Н.Н. Бенардосом разработан практический способ использования электрической дуги для сварки угольным электродом.

В 1888 г. инженером Н.Г. Славяновым разработан способ сварки металлическим электродом.

В России эти изобретения не использовались до начала тридцатых годов.

Сегодня сварка является одним из основных технологических процессов, применяемых в производстве и строительстве. Высокая эффективность сварки, как способа получения неразъемных соединений деталей и конструкций из разнообразных материалов, способствует её широкому внедрению в производство. Механизация процесса сварки затруднена из-за необходимости выполнения сварных швов в неудобных положениях, поэтому ручная сварка в настоящее время остается основным технологическим процессом при ремонтных и строительных работах.

Процесс сварки сам по себе заключается в расплавлении металла в месте соединения металлических деталей. Затем этот расплавленный металл застывает и прочно соединяет их. При соблюдении техники сварки получается прочное, практически монолитное соединение. Расплавление металла требует очень высокой температуры, которая достигается с помощью возбуждения так называемой сварочной дуги. Давайте разберемся почему она так называется?

По определению сварочная дуга это электрический разряд, который может стабильно гореть благодаря действию электрического поля.

Сварочная дуга возникает только в ионизированной смеси газов и паров металла. Она используется как инструмент обработки металла, являясь концентрированным источником тепловой энергии.

Название «Дуга» появилась в 1802 году при экспериментах, описанных В. В. Петровым. Эксперимент выполнялся со столбчатыми разрядами, которые изгибались в «Дугу» под действием тёплого воздуха ими же разогретого.

Природа возникновения

Электрическая сварочная дуга может гореть только в ионизированной газовой среде. Ионизированная газовая среда — это газ или смесь газов, содержащая отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные ионы. При нормальных условиях любой газ, в том числе и воздух не имеет электрически заряженных частиц.

Процесс ионизации газа происходит при зажигании дуги, когда электродом производится касание металла. В этот момент происходит короткое замыкание, происходит частичное расплавление металла.

Из-за высокой температуры при коротком замыкании происходит выделение электронов отрицательно заряженных частиц с поверхности катода (в данном случае сварочного электрода) и положительно заряженных ионов с изделия.

Процесс образование электронов с катода под действием температуры называется термоэлектронная эмиссия (рисунок 1).

После того как произошла ионизация вследствие эмиссии, сварочная дуга начинает стабильно гореть. Процесс ионизации происходит в течение всего периода горения дуги.



Рисунок 1. Процесс ионизации в период горения дуги.

Суть дуги заключается в возникновении мощного электрического разряда между специальным электродом и металлической заготовкой или деталью, которые нужно сварить. При этом используется ток большой силы, а электрод и деталь образуют собой единую электрическую цепь. При отведении электрода от свариваемой детали и образуется сварочная дуга (рисунок 2.). Ее электрическое сопротивление больше, чем у металла и электрода, поэтому именно в ней выделяется основная масса тепловой

энергии, достаточной для расплавления металла. Постоянно подавая ток и соблюдая определенное расстояние между электродом и изделием, сварочную дугу можно поддерживать длительное время. Такая техника применяется при нескольких видах сварки, самой распространенной из которых является ручная дуговая сварка.



Рисунок 2. Формирование сварочной дуги

Зона катодного пятна — в данной зоне происходит электронная эмиссия (высвобождение электронов). Она имеет отрицательный заряд, температура в этой области для ручной дуговой сварки составляет примерно 2800 — 3200 градусов Цельсия. В этой зоне происходит падение напряжения дуги на 7,8-8,1 вольт, из-за наличия большого количества электронов.

Зона анодного пятна — располагается в противоположные точки, имеет положительный потенциал за счет скопления заряженных частиц — ионов и подвергается бомбардировке электронами со стороны катода.

Температура в анодной области выше, чем катодной и колеблется в диапазоне 3800 — 4200 градусов Цельсия. В этой зоне также происходит падение напряжения порядка 6 вольт, по причине наличие большого количества заряженных частиц — ионов.

Зона столба дуги — располагается между анодным и катодным пятном. Образуется за счёт электродных пятен на аноде и катоде, через который проходит электрический ток.

Температура в столбе дуги колеблется в пределах 4800-12400 градусов Цельсия (в случае сжатой дуги до 20000 градусов).

Напряжение на столбе дуги определяется его длиной, расчёт примерно следующий: на каждый миллиметр длины дуги увеличивается напряжение на столбе на 2 вольта. Поэтому рекомендуется выполнять процесс сварки на максимально короткой сварочной дуге. Потому что тогда напряжением в столбе можно пренебречь. Что в свою очередь увеличит качество сварки и сократит риск прожогов

Температура на дуге может достигать 20000 градусов Цельсия, что используется не только для сварки, но и для резки металла большой толщины (рисунок 3).

Температура в зонах дуги:

- 1) в анодной (+) ~ от 2500°C до 4000°C
- 2) в катодной (-) ~ от 2500°C до 3000°C

3) в столбе дуги $\sim 6000^{\circ}\text{C} - 7000^{\circ}\text{C}$

Температура в зонах дуги зависит от диаметра электрода, плотности тока, состава газовой среды.

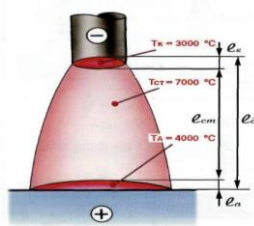


Рисунок 3. Температура в зонах дуги

Сварочная дуга характеризуется следующими параметрами:

- 1) при ее присутствии выделяется много тепла – температура внутри сварочной дуги достигает 6000 градусов
- 2) она дает много света, в том числе, ультрафиолетового и инфракрасного спектра, из-за чего и требуется применение специального снаряжения, защищающего органы зрения, кроме того, такие лучи могут обжигающе воздействовать и на кожу, поэтому при проведении сварочных работ рекомендуется использовать и специальную одежду
- 3) электрическая дуга является проводником электрического разряда
- 4) на нее оказывают воздействие электромагнитные поля
- 5) главная ее особенность – это способность оказывать давление на металл.

2. Классификация сварочной дуги – основные виды

Существует несколько различных классификаций сварочной дуги:

1. В зависимости от подключения к сварочному аппарату.
2. По используемым в процессе электродам.
3. В зависимости от тока.
4. По степени сжатия.
5. В зависимости от защиты.
6. В зависимости от длины.

От подключения к сварочному аппарату

Тут уже идёт внутренняя классификация дуги: прямого действия; косвенного и комбинированная.

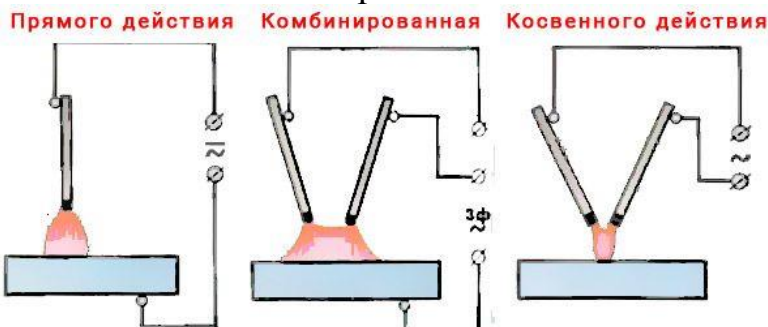


Рисунок 4. Классификация дуги.

- Прямого действия — дуга горит между деталью и одним электродом;
- Косвенного — разряд горит между несколькими электродами, на изделия ток не подаётся (как пример атомно-водородная наплавка и сварка)
- Комбинированный способ включает в себя симбиоз методов прямого и косвенного. Дуга горит как между электродами, так и между изделиями (выполняется на трёхфазном токе)

По используемым в процессе электродам

При сварке могут использоваться следующие виды электродов, от которых будет отличаться дуга и её свойства:

- плавящиеся электроды — штучные электроды с обмазкой и металлическим стержнем внутри, порошковая проволока и проволока сплошного сечения;
- неплавящиеся электроды угольные или графитовые;
- неплавящиеся электроды из вольфрама и различными тугоплавкими добавками лантана, иттрия, тория и прочих.

От тока

В зависимости от тока существует следующая классификация:

- Дуга постоянного тока;
- Переменного тока;
- Импульсная.

Свою очередь дуга постоянного тока подразделяется на:

- Дуга с прямой полярностью;
- Дуга с обратной полярностью.

По степени сжатия

Дуга может быть:

- свободногорящая — дуговой разряд горит в защитной атмосфере без мероприятий по увеличению давления и сжатия.
- Сжатая — дуговой разряд сжимается за счёт воздуха или инертного газа с использованием специальных сопел и плазмотронов или с помощью электромагнитного поля.

В зависимости от защиты

Здесь выделяют три следующих в классификации:

- открытая — защита осуществляется газовой средой образующиеся от испарения обмазки электрода;
- открытая в среде инертного газа — защита осуществляется подачей инертного Газа;
- закрытая под слоем флюса – защита осуществляется за счёт плавления флюса, под которым и происходит ее горение.

В зависимости от длины

Классификация в зависимости от расстояния между электродом и изделием:

1. Короткая — длиной 1,5-2,0 мм.
2. Нормальная 2,0 — 3,0 (максимум 3,5 мм).
3. Длинная — более 3,5 мм.

Длина дуги равна расстоянию между торцом электрода и поверхностью расплавленного металла. У покрытых электродов 0 4—5 мм длина устойчиво горящей нормальной дуги составляет 5—6 мм. Такая дуга считается короткой. Дуга длиной более 6 мм называется длинной. Горит она неустойчиво, металл электрода плавится неравномерно, капли металла больше подвергаются воздействию кислорода и азота воздуха, наплавленный металл пористый с неровной поверхностью.

Под действием тепла дуги металл свариваемого изделия расплавляется на определенную глубину, которая называется глубиной проплавления или проваром, а жидкий расплавленный металл — сварочной ванной.

Давление газов сварочной дуги отбрасывает расплавленный металл со дна ванны на боковую ее поверхность. При этом образуется углубление — кратер. В конце сварки необходимо с помощью специальных технологических приемов заделать кратер, так как в нем, как правило, обнаруживаются усадочные рыхлости, часто переходящие в трещины.

3. Условия образования, зажигания и устойчивого горения дуги

Как уже было сказано, основными условиями образования сварочной дуги являются следующие этапы:

1. Первичное короткое замыкание между электродом и изделием.
2. Появление расплавленного металла в зоне между электродом и изделием.
3. После отведения электрода образуется вытягивание металла — образуется “шейка”
4. Происходит обрыв “шейки” с образованием ионизированного газа.
5. Возникновение стабильно горящей дуги.

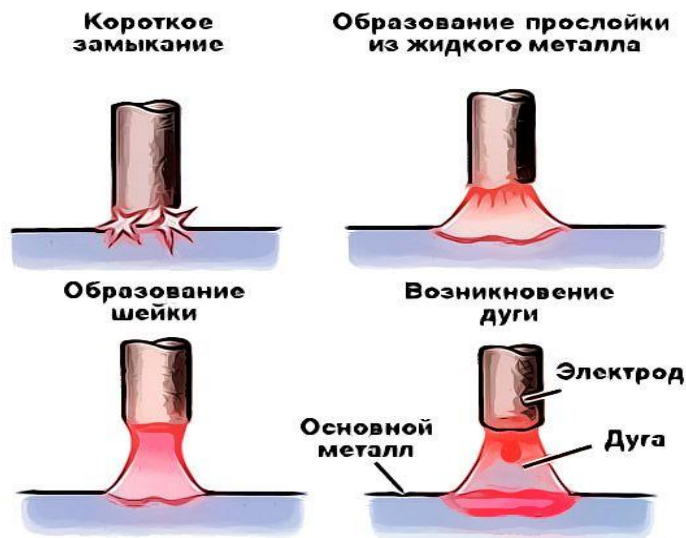


Рисунок 5. Условия образования и горения дуги.

Для поддержания и стабильного горения столба дуги нужна непрерывная ионизация газа. Для этого применяют либо защитные газы, которые имеют высокую степень ионизации такие как аргон и гелий.

Если сварка выполняется с помощью электродов, то в состав обмазки включаются добавки из щёлочноземельных и щелочных металлов, таких как калий, натрий и других. За счёт этого происходит повышение ионизации в процессе горения и плавления обмазки электрода.

И так, первым условием зажигания и горения дуги является наличие электрического источника питания дуги достаточной мощности, позволяющего быстро нагревать катод до высокой температуры при возбуждении дуги. Более полная стабилизация горения дуги достигается также при достаточной степени ионизации столба дуги, поэтому вторым условием для зажигания и горения дуги является наличие ионизации столба дуги за счёт введения в состав покрытия штучных электродов или в состав флюсов таких элементов, как калий, натрий, барий, литий, алюминий, кальций. Эти элементы обладают низким потенциалом ионизации и в момент зажигания дуги способствуют быстрому её возникновению.

Третьим условием устойчивости горения дуги при сварке на переменном токе является наличие в сварочной цепи дросселя повышенной индуктивности. Это объясняется тем, что в сварочной цепи переменного тока, имеющей только омическое сопротивление, в процессе горения сварочной дуги образуются обрывы.

Для зажигания дуги требуется напряжение большее по величине, чем напряжение для горения дуги.

В процессе горения дуги ток и напряжение находятся в определённой зависимости. Эта зависимость при постоянной длине дуги называется статической вольтамперной характеристикой дуги (рисунок 6).

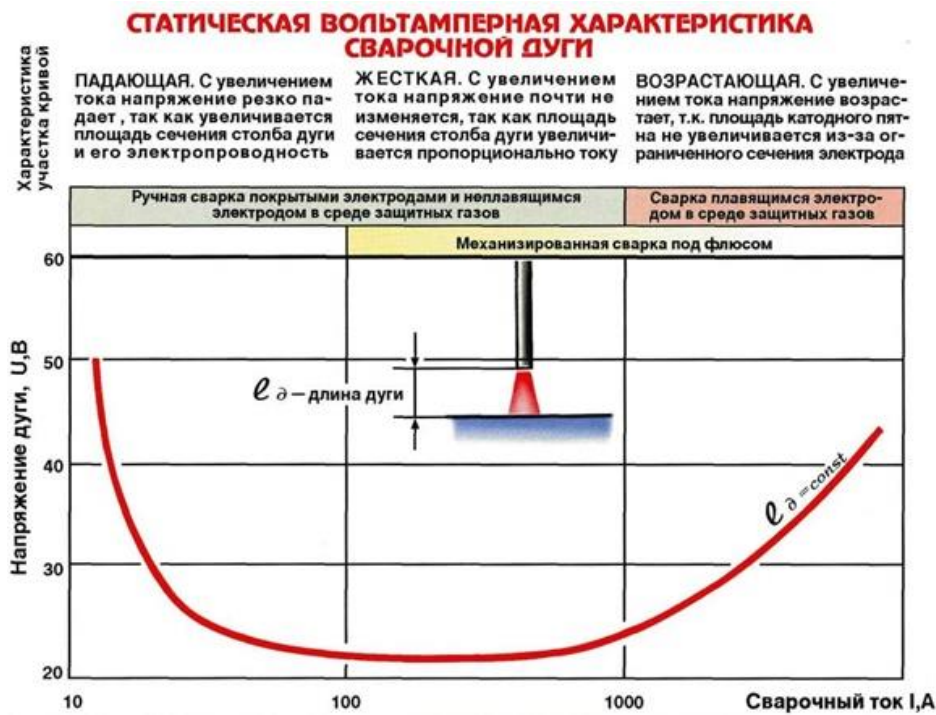


Рисунок 6. Статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги.

Для обеспечения устойчивого горения дуги ток и напряжение ее должны находиться в определенной зависимости.

Повышение силы тока в дуге до 100А вызывает резкое увеличение площади сечения столба дуги, что приводит к возрастанию его электропроводности и уменьшению напряжения. В этом случае характеристика дуги называется падающей. При дальнейшем повышении силы тока до 1000А площадь сечения столба дуги увеличивается пропорционально силе тока, поэтому плотность его и падение напряжения на всех участках столба дуги сохраняются постоянными. Такая характеристика именуется жесткой. Повышение силы тока в дуге свыше 1000А приводит к резкому возрастанию напряжения: увеличение плотности тока выше определенного значения уже не может увеличить сечение столба дуги. Поэтому напряжение на дуге повышается. Характеристику называют возрастающей. От этой характеристики зависит время выполнения сварочных работ. Регулировка силы тока производится для корректировки температуры в рабочей зоне, даже на длинном столбе электродуга не будет затухать при большом ампераже. Напряжение редко изменяют в процессе сварки.

На характеристике график делится на три области:

- падающая – при подъеме силы тока напряжение резко падает, это связано с формированием столба: площадь сечения плазменного потока возрастает, электропроводность плазмы изменяется;
- жесткая, это участок стабильной плотности тока и падения напряжения, с ростом ампеража от 100 до 1000 А пропорционально увеличивается диаметр дугового столба (анодное и катодное пятна, соответственно, изменяются);



- возрастающая, характеризуется постоянным размером катодного пятна, она ограничена диаметром электрода, при увеличении ампеража по закону Ома увеличивается U , R дугового столба.

По мощности сварочной дуги определяют скорость плавления металла. Мощность сварочной дуги в свою очередь зависит от следующих факторов:

- напряжение – повышение данного показателя вызывает рост мощности в небольшом диапазоне, кроме того, необходимо помнить об ограничениях по размеру электрода;
- сила тока – большой ампераж позволяет добиться стабильного горения дуги;
- величина напряжения плазмы – данный показатель пропорционален мощности.

Длина дуги определяется как расстояние между сварным кратером и концом электрода. Данная величина непосредственно влияет на то, какой объем тепла выделяется в процессе работы.

Большая сила тока короткого замыкания чревата прожогом металла изделия. Падение капли влечет за собой замыкание, после чего ампераж повышается до величины тока короткого замыкания, появившийся мостик перегорает, а дуга загорается вновь. На изменение тока и напряжения в столбе уходят доли секунды, поэтому важно, чтобы оборудование быстро стабилизировало напряжение.

Во время дуговой сварки сварочная дуга является основным инструментом, который должен расплавлять основной металл заготовки и присадочный материал, чтобы создать шов и соединить две части неразрывно. В сварке она является главной особенностью, но ею нужно научиться управлять. Управлением дуги мы с вами учиться на практических занятиях.

Пройдя по ссылке, вы можете посмотреть видео по образованию и управлению дугой.

<https://youtu.be/QcwAuD4Tn8U>