

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

Цели работы

1. Ознакомиться с процессом ручной электродуговой сварки и свойствами сварочной дуги.
2. Изучить устройство источников питания сварочной дуги, их принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
3. Ознакомиться с видами сварочных электродов.
4. Освоить методику расчета режима ручной электродуговой сварки.
5. Практически освоить элементарные приемы техники ручной дуговой сварки.

Оборудование, материалы, инструмент: сварочный трансформатор, металлический заземленный стол, электрододержатель, предохранительный щиток, молоток, зубило, стальная щетка, электроды, образцы сварных соединений.

Краткие теоретические сведения

Ручная электродуговая сварка (РЭДС) – это сварка плавлением. Источником теплоты, необходимой для расплавления кромок соединяемых изделий, при РЭДС является электрическая дуга, которая горит между двумя электродами (одним из которых является заготовка).

Электрическая дуга – мощный стабильный электрический разряд в ионизированной газовой среде. При низкой температуре газ не проводит электрический ток. Газ может проводить электрический ток лишь в том случае, если его молекулы разделяются (ионизируются) на положительные и отрицательные частицы – ионы. Ионизация газа происходит при высокой температуре под действием электрического поля.

На [рис. 6.1](#) схематически показан процесс зажигания дуги при сварке. Он состоит из трех этапов:

- короткое замыкание электрода (катода) на заготовку (анод);
- отвод электрода на расстояние 3–6 мм;
- возникновение устойчивого дугового разряда.

Короткое замыкание ([рис. 6.1, а](#)) производится с целью разогрева электрода и основного металла в зоне их контакта. После отвода электрода ([рис. 6.1, б](#)) с его разогретого торца под действием электрического поля происходит эмиссия электронов ([рис. 6.1, в](#)).

Ионизация газа при соударениях его молекул с электронами, которые вырываются с поверхности катода, возрастает с увеличением силы тока (так как увеличивается кинетическая энергия электронов).

В результате ионизации (рис. 6.1, в) электропроводность дугового промежутка соответствует электропроводности металлов и обеспечивает поддержание устойчивого разряда при прохождении тока. Процесс зажигания дуги заканчивается образованием стабильного электрического разряда (рис. 6.1, г). Основаниями столба дуги служат резко ограниченные области на поверхности электродов – *электродные пятна* (катодное и анодное).

В дуге происходит взаимная бомбардировка катода положительными ионами и анода электронами, в результате кинетическая энергия частиц переходит в тепловую. Происходит нагрев, способствующий расплавлению электрода и основного металла. При сварке заготовку принято называть *основным металлом*.

Электрическая дуга является концентрированным источником тепла с очень высокой температурой. Температура столба дуги достигает $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура анодного и катодного пятна на металле находится в пределах $2000\text{--}3000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

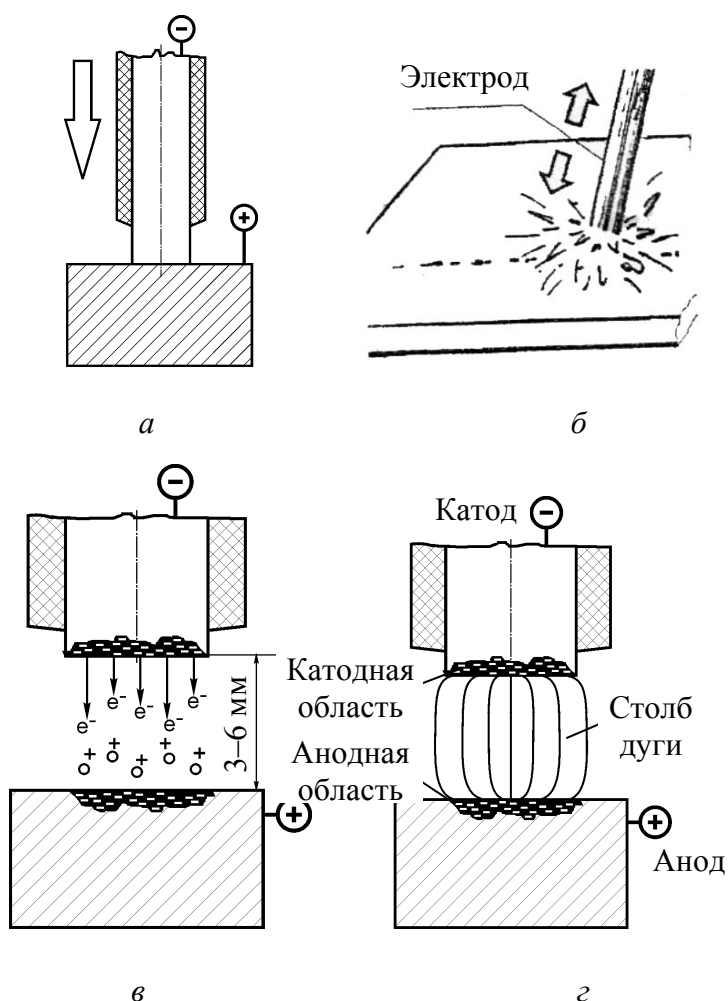


Рис. 6.1. Зажигание электрической дуги: а – короткое замыкание; б–г – этапы формирования стабильной дуги

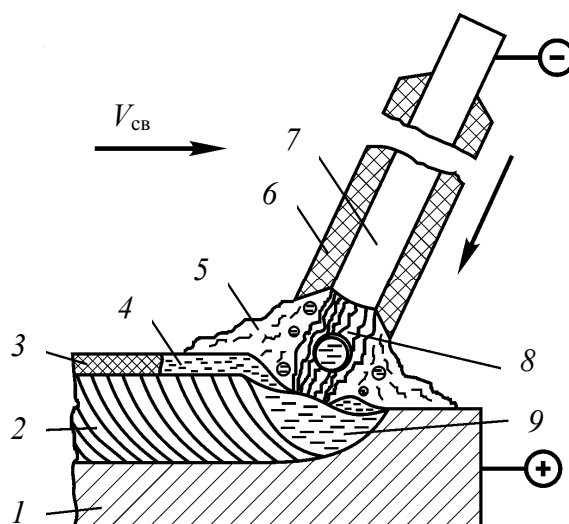


Рис. 6.2. Схема дуговой электросварки металлическим покрытым электродом:
 1 – свариваемый металл; 2 – сварной шов (наплавленный металл); 3 – твердая шлаковая корка; 4 – жидкая шлаковая ванна; 5 – газовая защитная атмосфера;
 6 – покрытие электрода; 7 – металлический стержень из сварочной проволоки;
 8 – электрическая дуга; 9 – металлическая ванна; $V_{св}$ – скорость сварки

Сварочный электрод после зажигания дуги перемещают вдоль кромок свариваемых изделий вручную (рис. 6.2). Дуга 8 горит между стержнем электрода 7 и металлом 1, расплавленный металл стержня электрода каплями стекает в металлическую ванну 9. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 6. Состав покрытия подбирается так, чтобы вокруг дуги создавалась газовая среда 5 и образовывался жидкий шлак 4. Газовая среда защищает дугу от воздуха и стабилизирует ее горение за счет ионизации. Шлак защищает металл от окисления и насыщения азотом. По мере перемещения дуги вдоль заготовок сварочная ванна затвердевает и образует сварной шов 2 (рис. 6.2). Шлак замедляет охлаждение металла, способствует уплотнению шва. Застывший шлак образует твердую корку 3.

Технология ручной электродуговой сварки

Для получения качественного сварного соединения нужно назначить режим сварки, определяемый прежде всего величиной тока, напряжения и скоростью сварки.

Величина сварочного тока зависит от многих параметров: состава и толщины свариваемого металла, положения шва в пространстве, диаметра электрода и др. Из обобщения практических данных установлена следующая эмпирическая зависимость для определения величины сварочного тока (А):

$$I = kd_3,$$

где k – опытный коэффициент; $k = 40\text{--}60$ А/мм для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали, $k = 35\text{--}40$ А/мм – из высоколегированной стали; d_3 – диаметр электрода, мм.

Таблица 6.1

К выбору диаметра электрода

Толщина металла, мм	0,5	1–2	2–5	5–10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1,5	2,0–2,5	2,5–4,0	4–6	4–8

При выборе диаметра электрода руководствуются данными, представленными в [табл. 6.1](#).

Длина дуги существенно влияет на качество шва. При оптимальной длине дуга горит устойчиво и обеспечивает получение качественного сварного шва. Длинная дуга часто гаснет и приводит к чрезмерному разбрызгиванию металла, малая длина – к короткому замыканию. Из опытных данных длина дуги (мм)

$$l_d = 0,5(d_э + 2),$$

где $d_э$ – диаметр электрода, мм. На практике длина дуги $l_d = 2–8$ мм.

Напряжение горения дуги при величине сварочного тока более 100 А практически зависит лишь от длины дуги.

Величина напряжения (В) определяется так:

$$U_d = \alpha + \beta l_d,$$

где α – коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах; $\alpha = 10–12$ В для стальных электродов, $\alpha = 35–38$ В для угольных электродов; β – коэффициент, характеризующий падение напряжения на 1 мм длины столба дуги; $\beta = 2,0–2,5$ В/мм в зависимости от марки свариваемого металла, состава газа в дуговом промежутке и других факторов.

Напряжение зажигания дуги для постоянного тока составляет 40–60 В, для переменного – 60–80 В.

Масса наплавленного металла (г) определяется по геометрическим размерам сварных швов:

$$M = LF\rho/1000,$$

где L – длина сварного шва, мм; F – площадь поперечного сечения шва, мм²; ρ – плотность наплавленного металла; для стали $\rho = 7,85$ г/см³.

Количество металла (г), переходящего в шов при расплавлении одного электрода:

$$m = \frac{\pi d_э^2 l_э}{4} \frac{\rho}{1000} \cdot K,$$

где $l_э$ – стандартная длина электрода 450 мм; K – коэффициент использования электрода, учитывающий потери электродного металла на разбрызгивание, угар и огарок (огарок – это неиспользованная часть электрода, остающаяся в электрододержателе); $K = 0,7–0,75$.

Необходимое количество (шт.) электродов стандартной длины

$$n = \frac{M}{m}.$$

Полное время сварки (ч)

$$T = \frac{t_o}{k_3},$$

где t_o – основное время горения дуги, ч; k_3 – коэффициент загрузки сварщика; $k_3 = 0,4–0,8$ в зависимости от вида производства и характера выполняемой работы.

Основное время горения дуги (ч):

$$t_o = \frac{M}{Ik_n},$$

где M – масса наплавленного металла, г; I – величина сварочного тока, А; k_n – коэффициент наплавки; $k_n = 7–8$ г/(А·ч) для тонко обмазанных качественных электродов, $k_n = 10–12$ г/(А·ч) для толсто обмазанных качественных электродов.

Скорость сварки (м/ч):

$$V_{св} = \frac{L}{t_o}.$$

Техника ручной электродуговой сварки

Ручная дуговая сварка применяется во всех областях металлообработки и промышленности и строительства. Толщина изделий, свариваемых РЭС: минимальная – 1 мм; максимальная при однократной односторонней сварке без разделки кромок – 6–8 мм, при использовании разделок практически не ограничена.

Для правильного формирования шва электрод необходимо держать наклонно по отношению к поверхности свариваемого металла (под углом 70–85°). Изменяя угол наклона электрода, можно регулировать глубину проплавления основного металла и влиять на скорость сварки и охлаждения расплавленного металла.

Зажигание сварочной дуги сварщик производит кратковременным прикосновением конца электрода к изделию (*метод короткого замыкания*):

способ 1. Осуществить короткий удар электродом в вертикальном направлении и затем оторвать его на высоту 4–5 мм от изделия;

способ 2. Осуществить скользящее движение концом электрода по изделию (50–80 мм) и затем оторвать его на высоту 4–5 мм (зажигание «спичкой»).

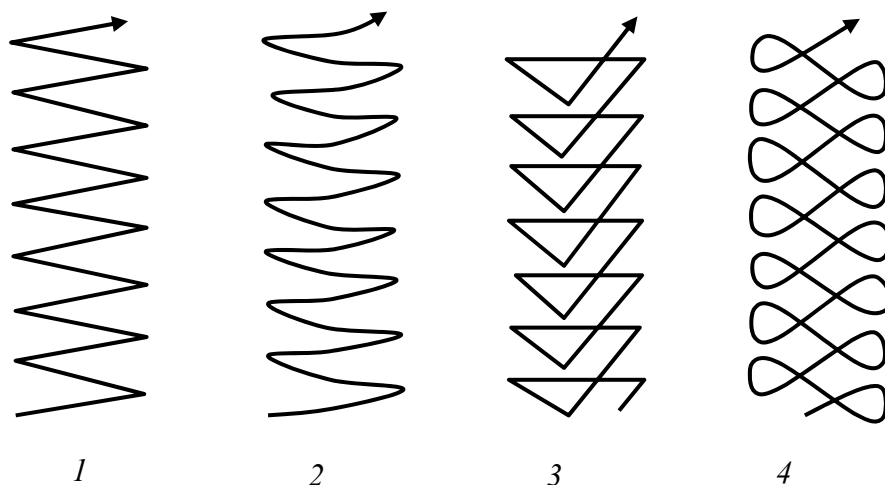


Рис. 6.3. Виды поперечных перемещений конца электрода:

1 и 2 – для равномерного прогрева кромок (используются наиболее часто);
3 – при увеличенном нагреве середины; 4 – при увеличенном нагреве кромок

Перемещение электрода (дуги) производится таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок и качественное формирование шва. Для получения «узкого» валика осуществляют только продольное перемещение электрода без поперечных колебаний. Ширина валика – $0,8-1,5d_z$. Для получения «уширенного» валика осуществляют поперечное колебание конца электрода определенной траектории ([рис. 6.3](#)).

При сварке (или наплавке валика) необходимо учитывать следующее:
чрезмерное уменьшение длины дуги ухудшает формирование шва и может привести к короткому замыканию;

чрезмерное увеличение длины дуги приводит к снижению глубины провара, увеличению разбрызгивания электродного металла и ухудшению формирования шва.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с областями применения РЭДС, свойствами сварочной дуги, принципом работы и устройством источников питания сварочной дуги, видами сварочных электродов и электродных покрытий, техникой выполнения РЭДС и видами возникающих при сварке дефектов.

2. Освоить методику расчета режима РЭДС, рассчитать режим сварки для сварного соединения, выданного преподавателем.

3. Произвести пробную наплавку однослойных валиков в нижнем положении:

а) освоить способы зажигания дуги и добиться устойчивости ее горения;

б) зажечь дугу и вести электрод вдоль меловой линии, начерченной на стальной планке, с целью образования ниточного валика, поддерживая постоянной длину дуги;

в) оценить по внешнему виду качество наплавленного валика.

Содержание отчета

1. Дать определение электрической дуги.
2. Привести схему ручной электродуговой сварки.
3. Начертить схему сварочного трансформатора и вольт-амперную характеристику.
4. Привести результаты расчетов режима сварки для заданного сварного соединения.
5. Перечислить компоненты покрытий для качественных электродов и указать их назначение.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термина «электрическая дуга».
2. Какие металлургические процессы протекают при ручной электродуговой сварке?
3. Приведите график внешней (вольт-амперной) характеристики источника сварочного тока для ручной электродуговой сварки.
4. Принцип выбора стальных электродов для ручной электродуговой сварки.
5. Сущность процесса дуговой электросварки.
6. С какой целью металлические электроды покрывают обмазками?
7. Начертите схему понижающего сварочного трансформатора. Объясните принцип его работы.
8. Начертите схему сварочного генератора. Объясните принцип его работы.