

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
П.О. СУХОГО**

Машиностроительный факультет

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Выполнил:

студент гр. ТМ -11

Ковалёва П.В

Принял:

преподаватель

Грудина Н.В.

Гомель 2022

**Цель работы:** изучить процесс ручной дуговой сварки, ознакомиться с обозначением покрытых электродов, процессом зажигания и структурой электрической сварочной дуги, применяемым оборудованием, изучить факторы, влияющие на производительность сварки.

### **Общие сведения о сварке и процессах, происходящих при сварке**

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при подведении энергии в виде тепла, давления или совместном их взаимодействии. Сваркой соединяют однородные и разнородные материалы. В зависимости от вида подводимой энергии все способы сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.

К термическому классу относятся способы сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии – дуговая, плазменная, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная, газовая и др.

К термомеханическому классу относятся способы сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления – контактная (стыковая, шовная, точечная), диффузионная и др.

К механическому классу относятся способы сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления – трением, взрывом, холодная сварка давлением, ультразвуковая и др. При дуговой сварке источником теплоты служит электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой.

Электрическая дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газа и паров металла. Процесс зажигания дуги состоит из трех этапов:

- I – короткое замыкание электрода на заготовку;
- II – отвод электрода на расстояние 3–6 мм;
- III – возникновение устойчивого дугового разряда.

Возможно зажигание дуги без короткого замыкания – спичкой или при помощи высокочастотного источника переменного тока, временно включаемого в сварочную цепь. Ручную дуговую сварку выполняют

сварочным покрытым электродом, который подают в зону горения дуги и перемещают вдоль сварного шва с помощью ручного электрододержателя. В процессе сварки (рис. 7.1) дуга горит между стержнем электрода 4, подключенного к одному полюсу источника питания, и основным металлом 6, подключенным ко второму источнику питания.

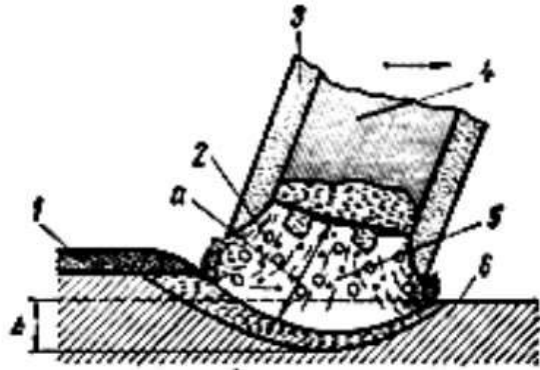


Рис. 7.1. Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом: а – расстояние между рабочим торцом электрода и поверхностью сварочной ванны; б – глубина проплавления заготовки

Между электродом и заготовкой движется поток ионов 2 и электронов 5 с большой скоростью. Кинетическая энергия атомов металла, электронов и молекул газа при соударении между собой и металлом электрода и заготовок переходит в тепловую энергию. В результате температура в дуговом промежутке повышается до 6000 °К. Стержень электрода и кромки свариваемых заготовок плавятся, образуя металлическую ванну. Вместе со стержнем электрода плавится покрытие 3, образуя газовую защитную атмосферу и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванна образуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна кристаллизуется и формируется сварной шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку 1. В сварочной ванне при высоких температурах протекает ряд металлургических процессов: испарение или окисление (выгорание) некоторых легирующих элементов (Si, Mn, Cr и др) и насыщение расплавленного металла кислородом, водородом и азотом из атмосферы. В результате происходит изменение состава металла сварного шва по сравнению с электродным и металлом заготовок, а также изменение его механических свойств, особенно при насыщении шва кислородом. Металл сварного шва имеет пониженную статическую и циклическую прочность,

ударную вязкость, пластичность, приобретает повышенную химическую активность, что интенсифицирует процессы коррозии.

## 1. Электроды для ручной дуговой сварки

Покрытые электроды для ручной дуговой сварки классифицируют по назначению, виду и толщине покрытия, допустимому пространственному положению сварки или наплавки, роду и полярности сварочного тока. Различают электроды для сварки сталей, чугуна, алюминия, меди. При сварке стали учитывают её химический состав и свойства, обозначая электроды для сварки:

- углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с  $\sigma_{\text{в}} \leq 600$  МПа – У;
- легированных конструкционных сталей с  $\sigma_{\text{в}} \geq 600$  МПа – Л;
- легированных теплоустойчивых сталей – Т;
- высоколегированных и сталей с особыми свойствами – В;
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – Н.

В зависимости от механических свойств наплавленного металла применяются электроды 14 типов: Э42, Э46А, Э50, Э60, Э70, ... Э150. Тип электрода обозначается буквой Э с цифрой, указывающей гарантированное временное сопротивление разрыву наплавленного металла в кгс/мм<sup>2</sup>. Буква А после цифр обозначает повышенную пластичность наплавленного металла.

По виду покрытия электроды разделяются на:

- 1) А – с кислым покрытием (ОММ-5, АНО-2, СМ-5, ЦМ-7, МЭЗ-04 и др), содержащим оксиды железа, марганца, кремния, иногда титана. При наплавлении покрытия выделяется большое количество  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ , кроме того, оно токсично. Эти электроды обеспечивают стабильное горение дуги на переменном и постоянном токе. Металл шва отличается повышенным содержанием окислов, плотностью и пластичностью;
- 2) Б – с основным покрытием (УОНИ-13/45, УОНИ-13/5БК, УОНИ-В/85, АНО-Т, ОЗС-5, ДСК-50, СН-11, УП-1/45 и др), содержащим мрамор –  $\text{CaCO}_3$ , плавленый шпат –  $\text{CaF}_2$ , кварцевый песок, ферросплавы. Наплавленный металл имеет повышенную прочность на ударный изгиб, малую склонность к старению и появлению трещин. Эти электроды

применяются для сварки на постоянном токе обратной полярности ответственных конструкций из углеродистых и легированных сталей;

3) Р – с рутиловым покрытием (ОЗС-12, АНО-32, ОЗС-6, АНО-6, МР-4, ОЗЛ32 и др), содержащим рутил –  $TiO_2$ , мрамор –  $CaCO_3$ , полевой шпат –  $K_2O \triangleleft Al_2O_3 \triangleleft 6SiO_2$ , каолин, иногда железный порошок. Они обеспечивают устойчивое горение дуги и хорошее формирование шва во всех пространственных положениях;

4) Ц – с целлюлозным покрытием (ОМА-2, ВСЦ-1, ВСЦ-2, ВСП-1, ВСЦ-4М и др). При плавлении покрытия выделяется большое количество газов. Эти электроды применяются для сварки металла малой толщины и при сварке в сложных монтажных условиях;

5) П – с прочими покрытиями (ильменитовым, рутил-ильменитовым – АНО24, рутил-основным – АНО-30, фтористо-кальциевым – АНО-Д и др). По толщине покрытия (отношению диаметра электрода  $D$  к диаметру стержня  $d$ ) электроды изготавливают:

- М – с тонким покрытием  $D/d < 1,2$ ;
- С – со средним покрытием  $1,2 < D/d < 1,45$ ;
- Д – с толстым покрытием  $1,45 < D/d < 1,8$ ;
- Г – с особо толстым покрытием  $D/d > 1,8$ .

По допустимому пространственному положению сварки электроды разделяются: для всех положений – 1; для всех положений, кроме вертикального, – 2; для нижнего, горизонтального и вертикального – 3; для нижнего – 4.

По качеству изготовления, состоянию поверхности покрытия электроды бывают 1, 2, 3 групп. По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока и номинальному напряжению холостого хода источника переменного тока электроды подразделяются: 0 – обратная полярность постоянного тока; 4 – любая; 5 – прямая; 6 – обратная для постоянного тока и для переменного тока с напряжением холостого хода 70 В.

## **2. Устройство и работа сварочного трансформатора и выпрямителя**

Для питания электрической дуги применяются источники переменного тока (сварочные трансформаторы) и постоянного тока (сварочные выпрямители и

типа СТШ 500-80

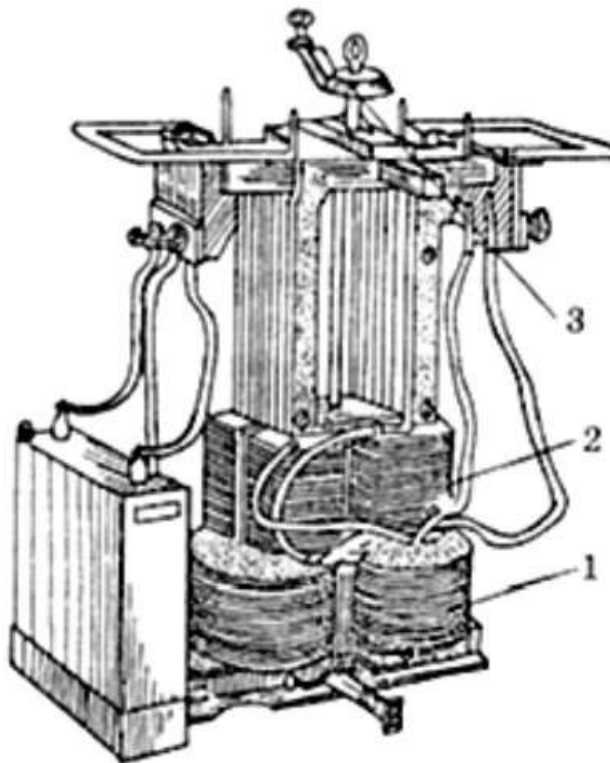


Рис. 7.3. Сварочный трансформатор типа ТСК-500

В трансформаторах типа ТД применено двухдиапазонное плавное регулирование тока: в диапазоне малых токов катушки первичной и вторичной обмоток включаются последовательно, а больших – параллельно. Включение и отключение катушек производится переключателем, смонтированным внутри трансформаторов. Сварочные выпрямители и генераторы выпускаются с падающими и жесткими внешними характеристиками типа ВД. Предназначены для ручной дуговой сварки, резки, наплавки, автоматической дуговой сварки под флюсом, а с жесткими внешними характеристиками типов ВС,ВДГ, ВМ и универсальные ВДУ, ВСУ – для дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах и под флюсом.

### 2.3. Выбор режима сварки

Режим обуславливает характер протекания процесса сварки и обеспечивает получение сварного шва заданной формы и размеров. Все параметры режима определяются диаметром, типом и маркой электрода, коэффициентом наплавки, родом, полярностью и силой тока, напряжением дуги, скоростью сварки, углом наклона и движения электрода, массой наплавленного металла. Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого

металла. При сварке в нижнем положении для выбора диаметра можно пользоваться таблицей.

При сварке горизонтальных, вертикальных и потолочных швов, независимо от толщины свариваемого металла, применяют электроды диаметром  $d_э \bullet 4$  мм. Тип и марка электрода выбираются в зависимости от марки и механических свойств ( $\blacklozenge$  в ,  $\blacklozenge$  т, KCV,  $\underline{\Delta}$ ) свариваемого металла, назначения и условий работы конструкции. Сила сварочного тока  $I$  выбирается в зависимости от диаметра стержня электрода  $d_э$  и положения сварного шва в пространстве. При сварке в нижнем положении:

$$I = k \cdot d_э, \text{ А,}$$

где  $k$  – опытный коэффициент равный 40–60 для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали и 35–40 для электродов со стержнем из высоколегированной стали, А/мм. При сварке горизонтальных и вертикальных швов сила тока уменьшается на 10–15 %, а потолочных – на 15–20 %. Чрезмерно большой сварочный ток приводит к перегреву и разбрызгиванию электродного металла, ухудшению формирования шва, а при сварке тонкостенных заготовок – к прожогу стенок. Сварка на малых токах сопровождается неустойчивым горением дуги, непроваром, малой производительностью. Род тока и полярность выбираются в зависимости от марки свариваемого металла, его толщины, марки электрода, назначения конструкции. Сварка на постоянном токе обратной полярности применяется для тонкостенных заготовок и высоколегированных сталей с целью исключения их перегрева. Сварку углеродистых сталей обычно выполняют на переменном токе.

Напряжение для устойчивого горения дуги  $U_d$  определяется по формулам:

$$U_d = U_{ка} + E_c \cdot l \text{ или } U_d = 20 + 0,04I,$$

где  $U_{ка} = 20 \div 22$  – суммарное падение напряжения на катоде и аноде, В;  $E_c = 3,3 \div 3,8$  – градиент напряжения (напряженность электрического поля) в столбе дуги, В/мм;  $l = (0,5 \div 1,1) d_э$  – длина дуги, мм;  $I$  – сварочный ток, А. По выбранным  $U_d$  и  $I$  с учетом производительности и КПД выбирают тип сварочного трансформатора или выпрямителя.

#### 1.4. Техника ручной дуговой сварки

Виды сварных соединений и швов. Применяют следующие сварные соединения: стыковое, внахлестку, тавровое, угловое и боковое (рис.7.4). При



сварке нижних стыковых швов электрод располагают под углом  $70-80^\circ$  к заготовке для обеспечения равномерного покрытия жидкого металла расплавленным шлаком. Для образования сварного шва (рис. 7.5а) электроду сообщается сложное движение: поступательное вдоль оси со скоростью плавления стержня для поддержания определенной длины дуги и вдоль кромок со скоростью сварки. Колебание конца электрода поперек шва (рис. 7.5б) необходимо для получения определенной его ширины, хорошего провара кромок и замедления остывания сварочной ванны.

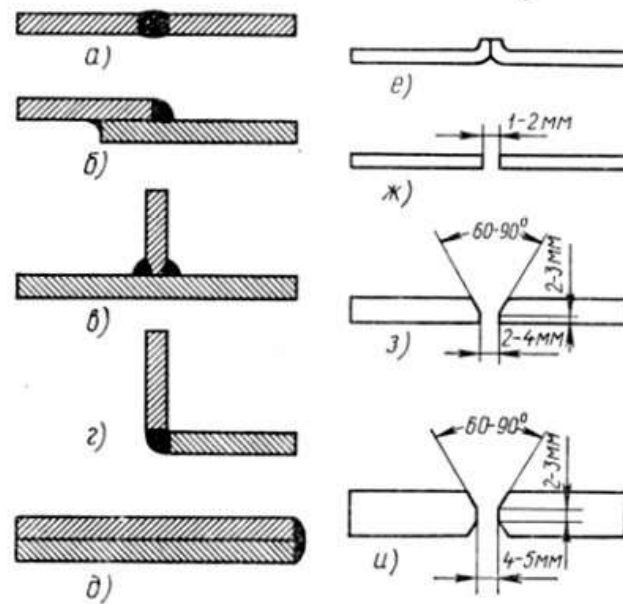


Рис. 7.4. Типы сварных соединений и подготовка кромок сварного шва: а – стыковое; б – внахлестку; в – тавровое; г – угловое; д – боковое; е, ж, з, и – подготовка кромок

Характер колебательных движений определяется формой, размером и положением шва в пространстве. При сварке необходимо внимательно следить за расплавлением кромок основного металла и конца электрода, проваром корня шва и не допускать затекания жидкого шлака вперед дуги.

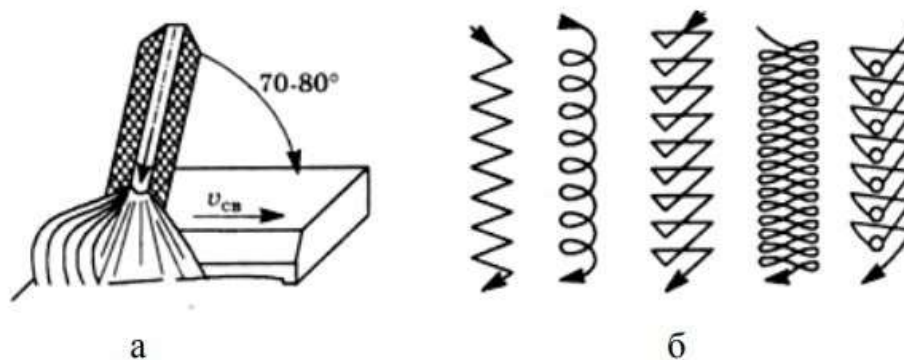


Рис. 7.5. Положение (а) и поперечное движение (б) электрода при сварке нижних стыковых швов

При сварке однослойных швов (рис. 7.6а) дуга возбуждается на краю скоса кромки (в точке А), а затем перемещается вниз для проваривания корня шва. На скосах кромок движение электрода замедляется для исключения прожога в зазоре. При сварке многослойных швов (рис. 7.6б) особое внимание уделяется качественному выполнению первого слоя с проваром корня шва, определяющего прочность всего шва. Процесс заканчивается заваркой кратера. Сварка вертикальных швов (рис. 7.6в) выполняется короткой дугой при перемещении электрода снизу вверх и сверху вниз. При сварке горизонтальных швов дуга возбуждается на нижней горизонтальной кромке, а затем переносится на наклонную для поддержания стекающей капли металла.

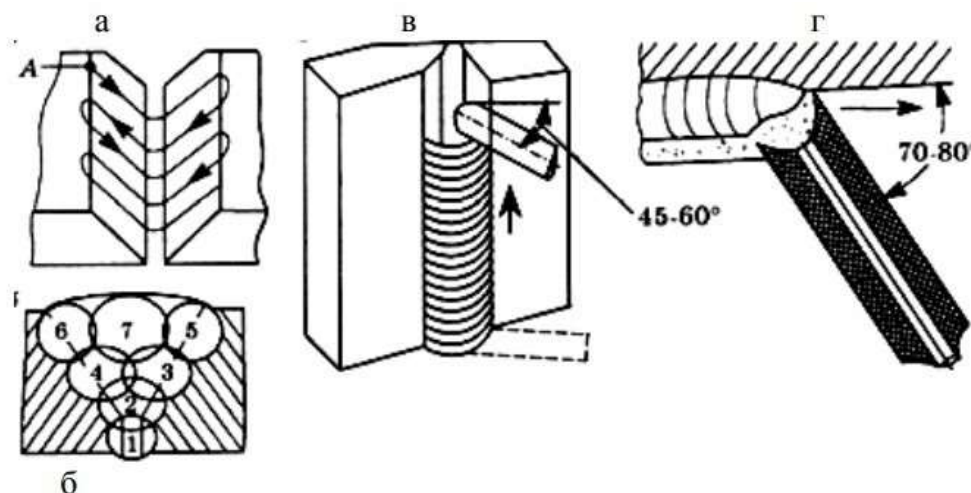


Рис. 7.6. Положение и движения электрода при сварке однослойных (а), многослойных (б), вертикальных (в) и потолочных (г) швов

Сварка потолочных швов (рис. 7.6г) выполняется короткой дугой при периодическом замыкании электрода с ванной жидкого металла. Короткие

швы длиной до 250 мм сваривают за один проход, т. е. при движении электрода от начала шва к концу. Средние (250–1000 мм) и длинные (>1000 мм), сваривают за несколько проходов от середины к краям или обратноступенчатым способом.

**Достоинства и недостатки ручной дуговой сварки.** Достоинства: возможность получения неразъемных соединений из большинства применяемых в машиностроении сплавов; возможность осуществления сварки в любых пространственных положениях; возможность сварки заготовок любой толщины многослойными швами. Недостатки: потребность в квалифицированном персонале; невысокая производительность из-за ограничения величины сварочного тока и утомления сварщика; разогрев стержня электрода и его покрытия при сварке на повышенном токе и, как следствие, ухудшение защиты сварочной ванны, дуги и шва, разбрызгивание (до 30 %) металла, снижение механических свойств соединения и ухудшение его внешнего вида.