

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

При сварке плавлением применяют концентрированные источники теплоты (дуговой разряд, плазменная струя, электронный луч и т. д.), позволяющие расплавлять кромки свариваемых заготовок. Формирование соединения состоит из следующих этапов (рис. 1):

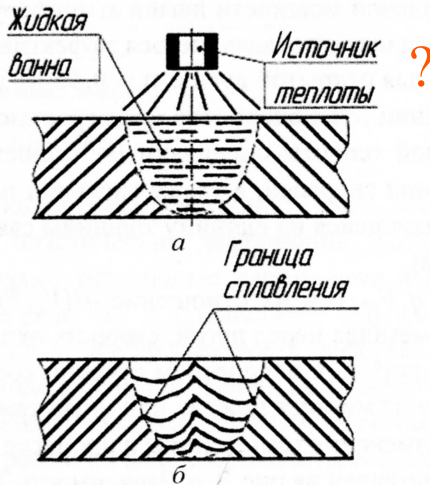


Рис. 1. Формирование сварного соединения:

a – образование жидкой сварочной ванны; *б* – кристаллизация сварочной ванны

1) оплавление свариваемых поверхностей и образование жидкой сварочной ванны, смачивающей оплавленные кромки заготовок (рис. 1, *a*);

2) кристаллизация сварочной ванны, зарождение кристаллитов на оплавленных поверхностях и их рост вплоть до смыкания (рис. 1, *б*).

Наиболее широко применяется электродуговая сварка, имеющая множество разновидностей. При всех видах дуговой сварки в качестве источника теплоты используют дуговой разряд в газовой среде. Он характеризуется стабильностью и возможностью регулирования по мощности и времени действия. Дуговой разряд состоит из столба дуги, где температура плазмы составляет $6000 \dots 7000 \text{ }^\circ\text{C}$, и анодного и катодного активных пятен, где металл нагревается до температур 2000 и $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.

Различают полную тепловую мощность дуги Q и эффективную мощность q , которые подсчитывают по формулам:

$$Q = IU; \quad q = \eta Q = \eta IU,$$

где I — сила тока в дуге, А; U — напряжение на дуге, В.

Потери тепловой мощности дуги в атмосферу учитывают с помощью коэффициента η , являющегося эффективным КПД нагрева дугой; $\eta = 0,6$ для открытой дуги и $\eta = 0,95$ — для закрытой.

При движении дуги вдоль шва со скоростью сварки $V_{\text{св}}$ количество вводимой теплоты оценивают соотношением $q/V_{\text{св}}$, называемым погонной энергией, а также удельной погонной энергией $q/(V_{\text{св}} \delta)$, приходящейся на единицу толщины свариваемого металла (высоту шва).

Величины q , $V_{\text{св}}$, δ и их отношение $q/(V_{\text{св}} \delta)$ определяют скорость нагрева металла перед дугой, скорость охлаждения за дугой, ширину зоны нагрева в поперечном сечении соединения, а также время пребывания металла при тех или иных температурах.

Характер изменения температуры в процессе сварки, т. е. в точках A и B , представлен на рис. 2, а. Зависимость $T(t)$ называют термическим циклом сварки. Изменение температуры происходит по экспоненциальному закону и может быть рассчитано с помощью ЭВМ по специальным формулам. Чем ближе к оси шва располагается исследуемая точка, тем выше температура нагрева в этой точке ($T_A > T_B$). В зонах, нагреваемых выше $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, происходит перегрев, приводящий к укрупнению зерна, снижению прочности и пластичности. Эти явления зависят от максимальной температуры нагрева и его длительности. В зонах, нагреваемых выше $600 \text{ }^\circ\text{C}$,

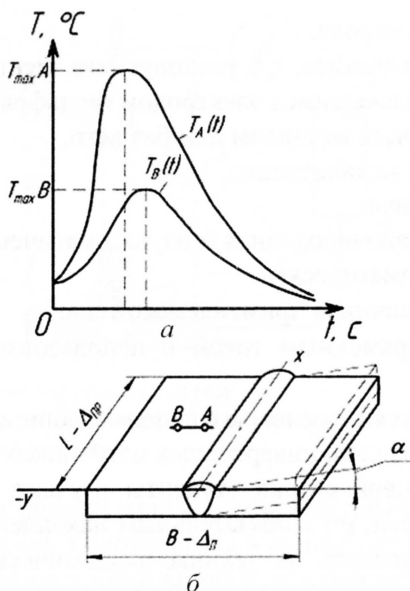


Рис. 2. Термический цикл сварки:

a – характер изменения температуры в процессе сварки в точках A и B ; b – виды и размеры сварочных деформаций

вследствие несвободного температурного увеличения объема металла возникают пластические деформации, которые на этапе охлаждения вызывают остаточные напряжения и сварочные деформации: поперечную $\Delta_{\text{п}}$ и продольную $\Delta_{\text{пр}}$ усадку, угловую деформацию α . Вид и размер сварочной деформации зависят от рода материала, конструкции изделия, расположения сварочных швов и их поперечного сечения (рис. 2, b). Чем больше $q/(V_{\text{св}} \delta)$, тем шире зона нагрева и больше сварочная деформация.

Производительность дуговой сварки оценивают по коэффициенту наплавки $K_{\text{н}}$ и времени сварки изделия $t_{\text{св}}$.

Способы дуговой сварки классифицируют следующим образом.

1. По виду защитной среды:

- сварка в атмосфере (открытой дугой, под флюсом, в среде защитных газов);
- сварка в вакууме (космосе);
- сварка под водой и т. д.

2. По типу электрода:

— сварка плавящимся, т. е. расходуемым электродом;

— сварка неплавящимся электродом (вольфрамовым, графитовым), с присадочным металлом или без него.

3. По степени механизации:

— сварка ручная;

— сварка механизированная (полуавтоматическая);

— сварка автоматическая.

4. По виду источника применяемого тока:

— сварка переменным током с использованием сварочного трансформатора;

— сварка постоянным током с использованием сварочных генераторов, выпрямителей, инверторных источников тока.

Способы дуговой сварки студенты изучают в произвольной последовательности, но с обязательным накоплением данных для сравнительного анализа их технико-экономической эффективности. Критерии сравнения: коэффициент наплавки, скорость сварки, время сварки изделия, поперечная усадка применительно к сварке одной из конкретных конструкций, представленных в приложении и задаваемых преподавателем.

РАБОТА № 1. РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА

Цель работы — получить практическое представление о сварке плавящимся электродом, провести наплавку валика, определить количество электродов заданного сварного узла, рассчитать время, необходимое для выполнения работы.

Физическая сущность процесса

Электрическая сварочная дуга — мощный стабильный электрический разряд в среде ионизированных атмосферных газов и паров металла, сопровождающийся большим тепловыделением на электродах и световым излучением. Дуга 4 возбуждается между свариваемым изделием 1 и специальным электродом 2 (рис. 1.1), на которые подается напряжение от специального сварочного источника 3.

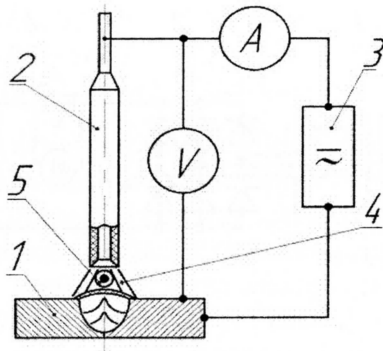


Рис. 1.1. Схема электродуговой сварки:

1 – свариваемое изделие; 2 – электрод; 3 – сварочный источник; 4 – электрическая дуга; 5 – переносимый металл

Дуга расплавляет кромки изделия и электродный металл, который в виде мелких капель 5 переносится в сварочную ванну. После удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя сварной шов — неразъемное соединение заготовок.

Сварочное оборудование

В качестве источника тока в данной работе используется многопостовой сварочный выпрямитель ВДМ-1000, принципиальная схема которого приведена на рис. 1.2. Источник состоит из трехфазного трансформатора 1 напряжением 380/65 В и выпрямителя 2. Напряжение на выходе трансформатора 65 В.

Ток измеряется амперметром 3, представляющим собой шунт, включенный последовательно в сварочную цепь, и милливольтметр, который фиксирует падение напряжения на шунте при прохождении через него сварочного тока.

Источник сварочного тока для ручной дуговой сварки должен иметь в отличие от жесткой вольт-амперной характеристики (ВАХ) электрической сети падающую ВАХ (рис. 1.3). Она получается включением последовательно в электрическую цепь каждого поста балластного сопротивления R_6 , которое трансформирует жесткую внешнюю характеристику в падающую и позволяет регулировать величину сварочного тока в зависимости от сварочных и сварива-

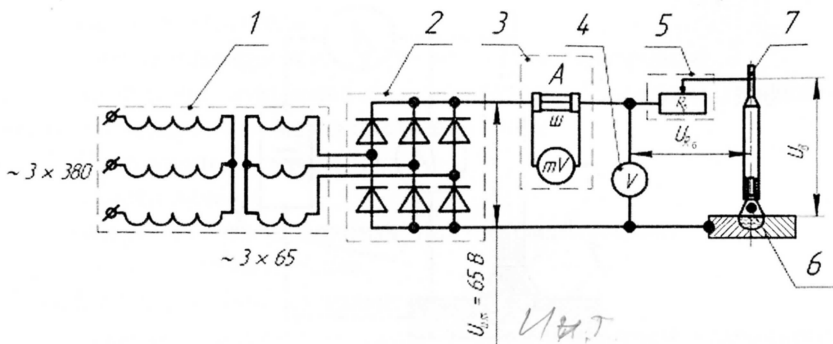


Рис. 1.2. Принципиальная схема многопостового сварочного выпрямителя ВДМ-1000:

1 – трехфазный трансформатор 380/65 В; 2 – выпрямитель; 3 – амперметр; 4 – вольтметр; 5 – балластное сопротивление; 6 – свариваемое изделие; 7 – электрод

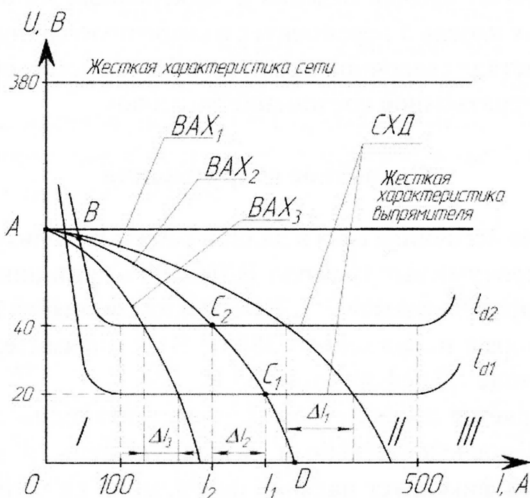


Рис. 1.3. Вольт-амперная характеристика источника сварочного тока (ВАХ) и вольт-амперная статическая характеристика дуги (СХД)

емых материалов, от разных толщин соединяемых элементов и от разных пространственных положений, в которых осуществляется сварка.

Таким образом, когда дуга горит, напряжение источника тока $U_{и.т.}$ равно сумме падений напряжений на балластном сопротивле-

нии U_{R_6} и на дуге U_d :

$$U_{и.т} = U_{R_6} + U_d.$$

В случае когда источник тока включен, а дуга не горит, ток сварки равен 0. Падения напряжений на балластном сопротивлении и дуге отсутствуют, напряжение между электродом и изделием будет равно $U_{и.т}$. Этот режим называется режимом холостого хода.

При коротком замыкании, когда электрод замкнут на изделие, напряжение на дуговом пространстве (между электродом и изделием) становится равным нулю, и нагрузкой в цепи остается лишь балластный реостат. Ток в цепи становится максимальным при данном сопротивлении балластного реостата: $I = I_{к.з} = I_{max}$. На ВАХ источника тока появляется вторая точка — максимальный ток при нулевом напряжении на дуге.

Промежуточные точки ВАХ получаются при повышении сопротивления в цепи за счет сопротивления дуги.

При необходимости увеличить сварочный ток балластное сопротивление уменьшают, и ВАХ приобретает вид ВАХ₁, а для уменьшения тока балластное сопротивление увеличивают — и получают ВАХ₂.

Электрические свойства дуги описываются *вольт-амперной статической характеристикой дуги (СХД)*, которую получают при постоянной длине дуги.

Для газового разряда сопротивление не является постоянным, так как число заряженных частиц в нем зависит от интенсивности ионизации (от тока). Поэтому ВАХ разряда для газов нелинейна.

В зависимости от плотности тока ВАХ дуги может становиться падающей (область I на рис. 1.3), жесткой (область II) или возрастающей (область III).

В области I при малых токах (до 100 А) с увеличением тока интенсивно возрастает число заряженных частиц вследствие разогрева и роста эмиссии электронов с катода. Растет объемная ионизация в столбе дуги. Сопротивление столба уменьшается. Падает необходимое для поддержания разряда напряжение.

При дальнейшем росте тока в области II (100...500 А) плотность тока увеличивается, столб дуги несколько сжимается (пинч-

эффект), объем газа, участвующего в переносе зарядов, уменьшается. Напряжение дуги становится мало зависящим от тока, а ВАХ — жесткой.

В области *III* (выше 500 А) за счет значительного увеличения плотности тока происходит сильное сжатие столба дуги. Вольт-амперная характеристика становится возрастающей, что указывает на увеличение энергии, расходуемой внутри дуги. Это характерно для сильноточных сжатых дуг, имеющих более высокую температуру, которые используются при автоматической и полуавтоматической сварке на больших плотностях тока и в дуговых плазмотронах.

Процесс сварки ведется на среднем участке СХД при токе 150...250 А. На рис. 1.3 представлены ВАХ источника тока и СХД.

Точка *A* соответствует режиму холостого хода. Напряжение на клеммах источника тока повышенное (65 В) по сравнению с напряжением горения дуги (20...40 В), за счет чего облегчается возбуждение дуги.

Точка *B* (точка пересечения ВАХ и СХД) характеризует режим возбуждения дуги. Горение дуги в точке *B* неустойчивое: небольшое снижение величины сварочного тока потребует значительного повышения напряжения, которого не сможет обеспечить источник тока. Дуга погаснет.

Точки *C*₁ и *C*₂ обеспечивают режим стабильного горения для дуг различной длины ($I_{д2} > I_{д1}$): небольшое снижение величины тока в окрестности этих точек приведет к повышению напряжения на дуге, которое вызовет увеличение тока — возврат к исходному состоянию (в точки *C*₁ и *C*₂). Увеличение тока приведет к снижению напряжения, что, в свою очередь, приведет к снижению тока — возврату в точки *C*₁ и *C*₂. Таким образом, точки *C*₁ и *C*₂ являются точками устойчивого горения при колебаниях тока, характерных для ручной дуговой сварки. Увеличение длины дуги приводит к повышению питающего напряжения и снижению тока. При работе на более короткой дуге увеличивается ток и снижается напряжение.

Длина дуги при ручной дуговой сварке колеблется в диапазоне 5 ± 3 мм, что соответствует токам I_2 и I_1 на рис. 1.3. Крутопадающая характеристика источника тока необходима при ручной дуговой сварке потому, что естественные колебания длины дуги около

среднего положения относительно мало влияют на величину сварочного тока, а значит, на качество сварного шва. Чем более крутая ВАХ источника тока, тем более близкими становятся значения сварочного тока при изменении длины дуги в рабочем диапазоне: $\Delta I_1 > \Delta I_2 > \Delta I_3$ (см. рис. 1.3).

Сварочные материалы

При ручной дуговой сварке применяют штучные электроды в виде имеющих специальное защитное покрытие металлических прутков диаметром 2...6 мм, длиной 250...450 мм, закрепляемых в электрододержателях.

Металл для электродных прутков отличается особо малым содержанием вредных примесей, обычно выплавляется специально и обозначается индексом «Св», который располагается перед обозначением марки стали, например: Св08Г2С. Диаметр электрода определяется диаметром прутка.

Открытая дуга является концентрированным и высокотемпературным источником теплоты. Температура плазмы в столбе 4 дуги (см. рис. 1.1) достигает 6000...7000 °С, температура анодного и катодного пятна составляет 2000 и 3000 °С соответственно. Это приводит к диссоциации газовых молекул из окружающей дугу атмосферы и паров воды, а также к увеличению растворимости этих газов в жидком и твердом нагретом металле. Взаимодействие металла с кислородом, азотом и водородом снижает его эксплуатационные свойства.

Для защиты шва от взаимодействия с атмосферой и повышения его механических свойств на штучные электроды наносится защитно-легирующее покрытие, содержащее следующие компоненты:

— газообразующие (CaCO_3), повышающие концентрацию защитных газов и препятствующие взаимодействию металла с атмосферными газами;

— шлакозащитные (CaCO_3 , CaF_2 , TiO_2), создающие при расплавлении жидкий шлак на поверхности электродных капель и в металле шва, который препятствует его окислению;

- раскисляющие (FeSi, FeMn), восстанавливающие железо из оксидов в сварочной ванне;
- легирующие (FeMn, FeTi, FeCr), придающие металлу шва определенные механические и эксплуатационные свойства;
- ионизирующие (CaCO₃), увеличивающие степень ионизации газа дуги и повышающие стабильность ее горения;
- связующие добавки (жидкое натриевое или калиевое стекло), позволяющее связывать перечисленные выше порошкообразные компоненты и удерживать их на поверхности электрода.

Прочностные характеристики металла сварного шва, выполненного электродами с защитно-легирующим покрытием, могут не только не уступать основному металлу, но и превосходить их.

Иногда (очень редко) для сварки применяют электроды, в состав покрытия которых входят только ионизирующие и связующие компоненты.

Электроды для сварки обозначают буквой Э и числом, записанным через дефис. Число показывает прочность сварного шва на растяжение, например: Э-42 (420 МПа), Э-85 (850 МПа) и т. д.

Сварочный ток в зависимости от толщины свариваемых заготовок подбирается по опытной формуле

$$I_{\text{св}} = K d_3,$$

где K — коэффициент, равный 40...60 А/мм для углеродистых сталей и 30...40 А/мм для высоколегированных; d_3 — диаметр электрода, мм.

Диаметр электрода определяют по эмпирической формуле в зависимости от толщины (δ) свариваемого металла:

$$d_3 = \delta/2 + 1 \leq 6 \text{ мм.}$$

Достоинства и недостатки ручной дуговой сварки

Главным достоинством ручной дуговой сварки является ее мобильность, что позволяет применять сварку практически в любых условиях: при монтаже конструкций во всех пространственных

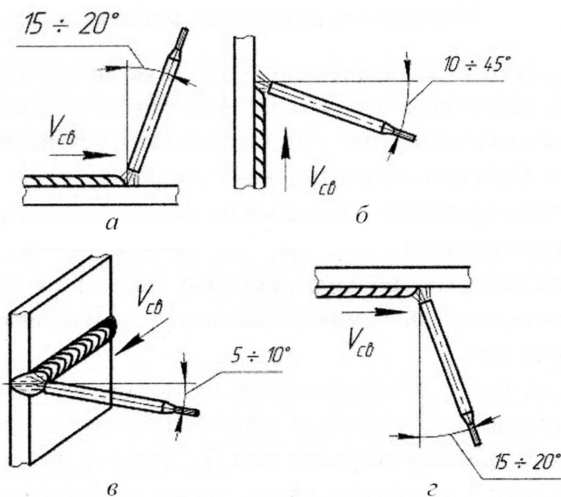


Рис. 1.4. Пространственные положения сварного шва:
а – нижнее; *б* – вертикальное; *в* – горизонтальное; *г* – потолочное

положениях (рис. 1.4), в обычной атмосфере и под водой. Эти достоинства и определяют широчайшее применение ручной дуговой сварки в промышленности, строительстве, судостроении, при прокладке трубопроводов любого назначения и др.

К недостаткам ручной дуговой сварки относится следующее:

1. Для выполнения работы с необходимым качеством требуется очень высокая квалификация оператора. Некачественно сваренная конструкция (даже один некачественно выполненный шов) может привести к разрушению всего объекта — моста, подкранового пути, трубопровода, корабля и т. д. — и, как следствие, к человеческим жертвам, а также к колоссальным материальным потерям. Поэтому для сварки объектов повышенной опасности допускаются только сварщики высокой квалификации и получившие специальное разрешение с ограниченным сроком действия.

2. Производительность ручной дуговой сварки невелика — 4...6 м/ч (условная толщина свариваемых элементов 10 мм).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с физической сущностью процесса, а также с устройством сварочного поста, приемами сварки плавящимся электродом, объемом выполнения работы, техникой безопасности на рабочем месте. Ответить на контрольные вопросы.

2. Получить практический навык по наплавке шва под руководством учебного мастера.

3. Осуществить контрольную наплавку сварочного валика (шва) на поверхность пластины, определив силу тока, напряжение дуги и время горения дуги.

4. Для заданного преподавателем варианта сварного узла (см. приложение) решить следующие технологические задачи:

а) определить массу сварного шва $G_{ш}$ изделия по его геометрическим размерам и рассчитать время сварки по формуле

$$t = G_{ш} / IK_{н};$$

б) определить количество электродов, необходимое для сварки заданного изделия, путем деления массы сварного шва на массу металла, наплавленного одним электродом, с учетом потерь металла на угар и разбрызгивание, а также длины огарка.

5. Полученные данные занести в таблицу (см. приложение).

6. Оформить отчет о работе.

Содержание отчета

Отчет о работе должен включать следующее:

1) описание физической сущности и схему процесса сварки открытой дугой штучными электродами;

2) таблицу с исходными данными и результатами замеров при контрольной наплавке.

Контрольные вопросы

1. Как ионизируется газ при возбуждении дуги?

2. Как ограничивается ток при коротком замыкании в сварочной цепи?

3. Как изменяют силу тока при сварке?
4. Для каких изделий применяется ручная дуговая сварка?
5. Объясните назначение компонентов, входящих в состав покрытия качественного электрода.

РАБОТА № 2. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ

Цель работы — получить практическое представление об автоматической сварке под флюсом, изучить физическую сущность процесса, ознакомиться с устройством оборудования и его технологическими возможностями.

Физическая сущность процесса

Особенности автоматической дуговой сварки заключаются в следующем: сварку ведут непрерывной электродной проволокой, дугу и сварочную ванну защищают флюсом, подача и перемещение электродной проволоки механизированы.

Схема процесса автоматической сварки под флюсом приведена на рис. 2.1. Дуга *1* горит между свариваемыми заготовками *2* и электродной проволокой *3*, к которой подводится электрический ток через скользящий токоподвод *4*. Проволока подается в зону дуги по мере ее плавления механизмом *5* из кассеты. Зона закрыта высыпавшимся из бункера *6* мелкозернистым флюсом, нижний слой которого, попадая в зону действия температуры дуги, расплавляется. Капли электродного металла и жидкий металл сварочной ванны *8* под силовым воздействием дуги отталкиваются в сторону, противоположную движению дуги, защищаются от взаимодействия с воздухом жидким флюсом *7*, который, реагируя с расплавленным металлом, раскисляет и легирует его. После затвердевания сварочной ванны образуется шов *9*, а на его поверхности затвердевший флюс — шлак *10*. Сварочный ток к дуге подается по сварочной цепи *11* от сварочного источника *13* при замыкании контактора *12*.

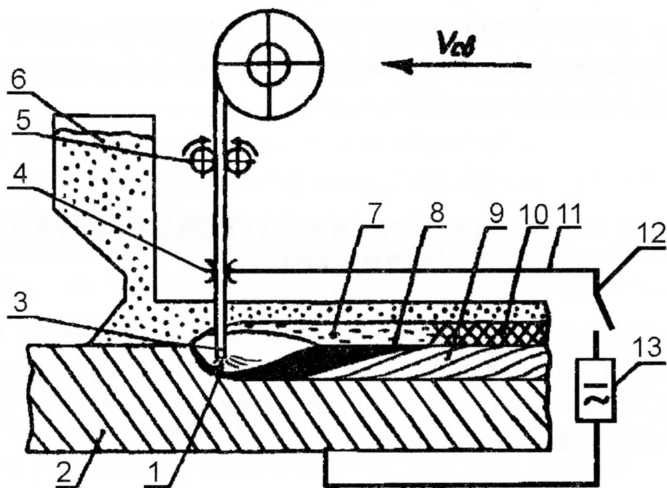


Рис. 2.1. Схема процесса автоматической сварки под флюсом: 1 – электрическая дуга; 2 – заготовка; 3 – электродная проволока; 4 – скользящий токопровод; 5 – механизм подачи; 6 – бункер; 7 – жидкий флюс; 8 – расплавленный металл; 9 – шов; 10 – шлак; 11 – сварочная цепь; 12 – контактор; 13 – источник питания

Сварочные материалы

Сварочными материалами при автоматической сварке являются электродная проволока и флюс. Электродная проволока может иметь химический состав, близкий к составу свариваемого металла или существенно отличающийся от него за счет дополнительно введенных легирующих присадок. Для сварки применяют специально выплавленную проволоку, обозначенную индексом «Св». Например, маркировка Св08 означает: сварочная проволока, содержащая 0,08 % углерода. Проволоку заправляют в кассеты, длина заправленного куска может достигать десятков и сотен метров.

Флюс содержит компоненты, обеспечивающие образование на поверхности жидкого металла вязкого слоя шлака, который препятствует его взаимодействию с атмосферой. Шлак имеет меньшие, чем у металла, температуру плавления и плотность, а также отличный от него коэффициент усадки, что обуславливает всплытие шлака

ка из шва перед затвердеванием и последующее его отделение от шва. Кроме шлакообразующих компонентов в состав ряда флюсов вводят раскисляющие, легирующие, рафинирующие и ионизирующие компоненты.

Сварочное оборудование

В состав сварочного оборудования входит кондуктор для фиксации заготовок во время сварки, манипулятор для перемещения заготовок, сварочный автомат с источниками питания.

Автоматическую сварку выполняют двумя видами автоматов: подвесными сварочными головками и сварочными тракторами самоходного типа, перемещающимися по изделию.

Устройство сварочного трактора-автомата АДС-1000 представлено на рис. 2.2. Механическая часть автомата состоит из двух основных узлов:

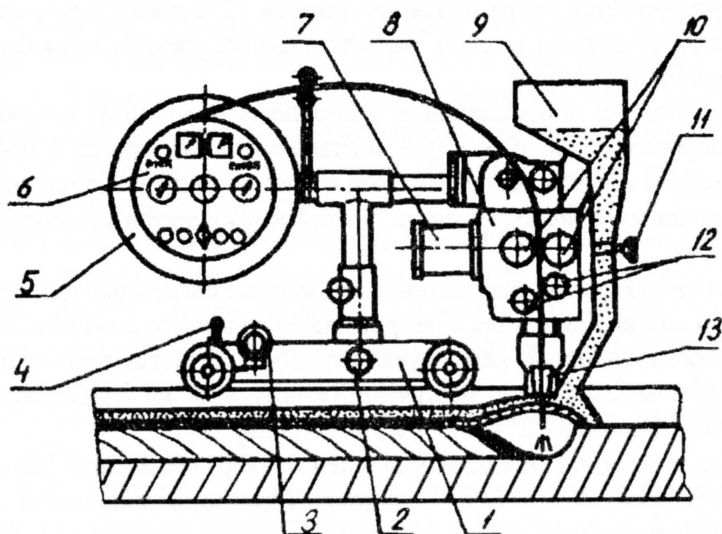


Рис. 2.2. Устройство сварочного трактора-автомата АДС-1000:

1 – каретка; 2 – суппорт с рукояткой для поперечных перемещений; 3 – электродвигатель перемещения каретки; 4 – рукоятка; 5 – кассета; 6 – пульт управления автоматом; 7 – электродвигатель механизма подачи; 8 – механизм подачи проволоки; 9 – бункер для подачи флюса; 10 – подающие ролики; 11 – регулятор; 12 – правящие ролики; 13 – канал токоподвода

— головки, т. е. механизма подачи электродной проволоки и флюса в зону горения дуги;

— каретки, т. е. механизма перемещения автомата вдоль оси шва.

Каретку 1, имеющую колесный ход, приводит в движение электродвигатель постоянного тока 3 через два червячных редуктора и зубчатую муфту, включаемую при подъеме рукоятки 4.

Каретка движется по рельсовому пути на обрешиненных колесах, играющих роль электроизоляторов. На каретке установлен суппорт с рукояткой 2 для поперечных настроечных перемещений. На суппорте закреплена колонна с Т-образным кронштейном. На одном плече кронштейна укреплена кассета для электродной проволоки 5 и пульт управления 6 автоматом. На другом плече шарнирно подвешена сварочная головка, состоящая из механизма подачи проволоки 8 с электродвигателем постоянного тока 7 и подающими роликами 10.

При вращении роликов 10 проволока вытягивается из кассеты и проталкивается через правящие ролики 12 и канал токоподвода 13, который состоит из двух медных пластин, сжатых пружинами, и сменных вкладышей.

Токоподвод присоединен к сварочному источнику, подающему напряжение на дугу через контактор, находящийся в шкафу управления под автоматом. Другой полюс источника присоединен к сварочному приспособлению, в котором крепятся свариваемые заготовки.

В качестве источника питания применяют сварочные трансформаторы или выпрямители с напряжением холостого хода 60...70 В, имеющие падающую характеристику. Дуга питается переменным либо постоянным током на прямой («минус» на электроде) или на обратной полярности («плюс» на электроде).

Над сварочной головкой укреплен бункер для подачи флюса 9 с регулятором 11 и гибким шлангом. Управление автоматом осуществляют с пульта 6, имеющего амперметр со шкалой до 1,0 кА, вольтметр на 50 В для измерения параметров режима сварки и другие пускорегулирующие устройства.

При настройке автомата необходимый диаметр электродной проволоки, сила тока, скорость сварки, напряжение на дуге опре-

деляются в зависимости от толщины свариваемой заготовки; скорость подачи электродной проволоки задается равной скорости ее плавления на установленном режиме. При возникновении условий, приводящих к отклонению режима сварки от заданного (например, пробуксовка механизма подачи), автомат изменяет скорость подачи электрода и тем самым исключает обрыв дуги или короткое замыкание и поддерживает одинаковые размеры и высокое качество шва по всей его длине.

Достоинства и недостатки автоматической сварки под флюсом

При автоматической сварке под флюсом возрастает производительность процесса сварки в 10–15 раз. Такая высокая производительность достигается благодаря использованию больших значений сварочных токов (от 500 до 1500 А) и высоких скоростей сварки (80...300 м/ч), непрерывности процесса сварки, более полному использованию теплоты дуги для сварки (до 95 %) и увеличению коэффициента наплавки в интервале 20...25 г/(А·ч).

Применение электродной проволоки без покрытия позволяет приблизить токоподвод непосредственно к дуге, устраняя тем самым его перегрев даже при больших значениях тока. Флюсовая защита сварочной ванны предотвращает разбрызгивание и угар расплавленного металла в условиях действия мощной дуги, а также потери тепла на излучение.

При автоматической сварке под флюсом повышается качество сварных швов за счет улучшения их механических свойств и формы их поверхности. Это достигается благодаря плотной защите сварочной ванны флюсом, интенсивному раскислению и легированию металла жидким шлаком, замедленному охлаждению шва после сварки и более плавным переходам от металла к шву, что снижает концентрацию напряжений.

Автоматическую сварку под флюсом рационально применять в серийном и массовом производствах (т. е. при большом количестве однотипных изделий), для сварки длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении на металле постоянной толщины от 2 до 20 мм и более. Ее применяют для сварки изделий из различных марок стали, сплавов алюминия, титана, меди.

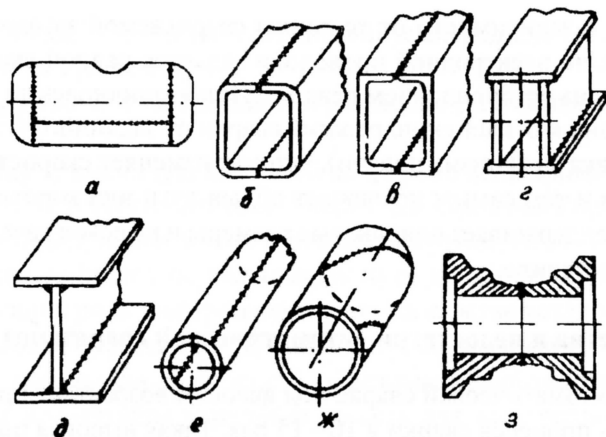


Рис. 2.3. Типовые изделия: *а* – цистерны; *б, в, г, д* – балки; *е, ж* – трубы; *з* – катки трактора Т-75

На рис. 2.3 представлены типовые изделия: цистерны (*а*), балки (*б, в, г, д*), трубы (*е, ж*), катки трактора Т-75 (*з*), соединяемые из двух поковок, полученных горячей объемной штамповкой).

К недостаткам автоматической сварки под флюсом можно отнести следующее: ограничение на пространственное положение сварного шва, громоздкость оборудования.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с физической сущностью процесса и ответить на контрольные вопросы.

2. Получить практический навык по управлению автоматом под руководством учебного мастера.

3. Наплавить контрольный валик, измерив силу тока, напряжение, время горения дуги, длину шва, а также длину расплавленной части электродной проволоки (по меловым отметкам на проволоке).

4. Определить коэффициент наплавки по формуле $K_n = G/(It)$, где G — масса расплавленной проволоки; I — сила тока; t — время сварки.

5. Для заданного сварного узла (см. приложение) решить следующую технологическую задачу:

- а) определить необходимую массу шва для заданного сварного узла;
 - б) рассчитать время сварки в режимах наплавки контрольного валика.
6. Полученные данные занести в таблицу (см. приложение).
 7. Оформить отчет о работе.

Содержание отчета

Отчет о работе должен включать следующее:

- 1) описание физической сущности и схему процесса автоматической сварки под флюсом;
- 2) характеристики сварочных материалов;
- 3) таблицу с исходными данными и результатами замеров при контрольной наплавке;
- 4) рассчитанный коэффициент наплавки;
- 5) эскиз сварного изделия и результаты решения технологической задачи.

Контрольные вопросы

1. В чем главная причина большей производительности автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой?
2. Почему шлак не образует шлаковых включений в металле шва?
3. За счет чего достигается самопроизвольное отделение шлака от шва?
4. В чем различие между флюсом и шлаком?
5. Почему глубина провара при автоматической сварке больше, чем при ручной?
6. Каковы характерные признаки конструкций, которые можно изготовить с помощью автоматической сварки под флюсом?

РАБОТА № 3. ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Цель работы — получить практическое представление о дуговой сварке в защитных газах, изучить физическую сущность процесса, его технологические возможности, ознакомиться с особенностями устройства оборудования и областями его применения.

Физическая сущность процесса

Дуговая сварка в среде защитных газов относится к способам сварки плавлением (рис. 3.1). При сварке тепло, выделяемое источником теплоты 2 (дуговым разрядом — электрической сварочной дугой), расходуется на расплавление либо только свариваемого металла 1 (дуговая сварка в защитном газе 3 неплавящимся вольфрамовым электродом 4), либо свариваемого металла и сварочной проволоки (дуговая сварка неплавящимся электродом с присадочной проволокой и дуговая сварка в защитном газе 3 плавящимся электродом 4).

При последующей кристаллизации расплавленного металла 5 (сварочной ванны) в зоне сварки образуется литая структура — сварной шов 7. Образование и рост кристаллов 6 в сварочной ванне начинаются с нерасплавленной поверхности основного металла 1 и уже закристаллизовавшегося металла шва 7.

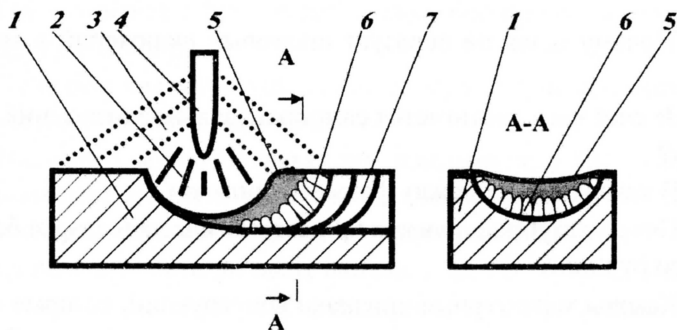


Рис. 3.1. Схема дуговой сварки в среде защитных газов:
1 — свариваемая заготовка; 2 — электрическая сварочная дуга; 3 — защитный газ;
4 — вольфрамовый электрод либо сварочная проволока; 5 — сварочная ванна;
6 — кристаллы; 7 — кристаллизовавшийся металл шва

Дуговая сварка в среде защитных газов имеет разновидности, которые можно классифицировать следующим образом.

По способу образования сварного шва:

- дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом;
- дуговая сварка неплавящимся электродом с присадочной проволокой;
- дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом.

По типу защитных газов:

- дуговая сварка в инертных газах;
- дуговая сварка в активных газах;
- дуговая сварка в смеси инертных и активных газов.

Дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом

Сварка неплавящимся электродом в защитном газе — это процесс, в котором сварочная дуга возбуждается между вольфрамовым электродом и изделием. Вольфрам — самый тугоплавкий из известных материалов (по температуре плавления уступает лишь углероду). Температура плавления вольфрама составляет 3645 К, плотность — 19,3 г/см³. Вольфрам при рабочей температуре обладает высокой химической активностью по отношению к кислороду, поэтому в качестве защитных газов применяют только инертные газы: аргон (аргонодуговая сварка) или гелий (гелиодуговая сварка). Защитный газ охлаждает электрод и предохраняет его от окисления. Наиболее широкое применение нашел аргонодуговой способ сварки. Это объясняется экономической целесообразностью. Стоимость гелия значительно выше, чем аргона, поэтому его применяют в особых случаях: при сварке химически чистых и активных металлов, при необходимости получения большей глубины проплавления и получения специальной формы шва.

При сварке сталей, никелевых сплавов и сплавов титана используется постоянный ток прямой полярности («минус» на электроде). Технологические свойства дуги зависят от полярности. При прямой полярности тока на изделии выделяется около 70 % теплоты, что обеспечивает более глубокое проплавление основного металла и более высокую стойкость электрода, чем при токе обратной по-

лярности. При сварке на постоянном токе конец электрода затачивают под углом 60° .

При сварке изделий из магниевых и алюминиевых сплавов (элементы кузова автомобиля, корпус ракеты и др.) сварку осуществляют на переменном токе с помощью специального источника питания. При минусе на электроде разрушается тугоплавкая оксидная пленка Al_2O_3 , а при плюсе на электроде вольфрамовый электрод охлаждается, что увеличивает его работоспособность. Схема установки для сварки представлена на рис. 3.2.

Напряжение на горелку 3 (вольфрамовый электрод) и свариваемое изделие 4 подается от источника питания 1. Для обеспечения стабильного процесса сварки источник питания должен иметь крутопадающую ВАХ (например, однопостовой сварочный выпрямитель ВД-502 — для сварки сталей, ТИР-300 — для сварки алюминиевых сплавов). Возбуждение дуги между электродом и свариваемой заготовкой при ручной сварке осуществляется касанием электрода о заготовку, а при автоматической сварке с помощью специального устройства — осциллятора 2. Осциллятор создает в момент зажигания дуги импульсы высокого напряжения (напряжение 400...3000 В, частота 150...300 кГц), обеспечивающие пробой межэлектродного зазора и ионизацию газа, достаточную для возбуждения дуги.

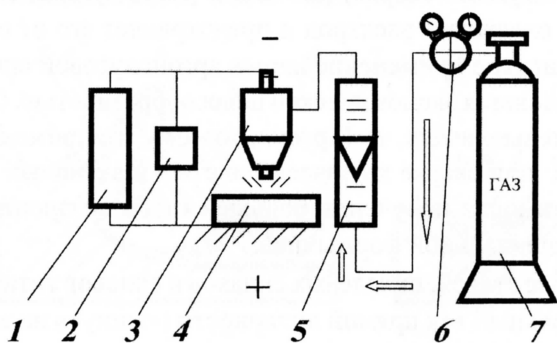


Рис. 3.2. Схема установки для сварки неплавящимся электродом в защитном газе:

1 — источник питания; 2 — осциллятор; 3 — горелка; 4 — свариваемое изделие; 5 — ротаметр; 6 — редуктор; 7 — баллон

Защитный газ подается в горелку от баллона 7 через редуктор 6 и ротаметр 5. В баллоне газ находится под давлением 15 МПа, для снижения давления применяется специальный редуктор, а точный расход защитного газа устанавливается по ротаметру.

Наиболее важным узлом сварочной установки является горелка (рис. 3.3). В горелке происходит формирование и направление струи защитного газа. Схема технологического процесса сварки неплавящимся электродом представлена на рис. 3.3. Стрелками показан газовый поток, который оттесняет воздух и создает нейтральную атмосферу в зоне дуги.

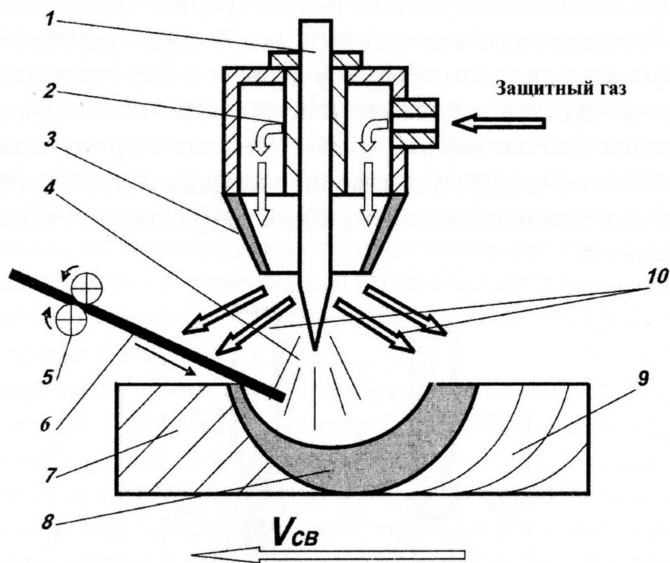


Рис. 3.3. Схема технологического процесса сварки неплавящимся электродом в защитном газе:

1 – вольфрамовый электрод; 2 – зажимная цанга (медная); 3 – керамическое сопло; 4 – сварочная дуга; 5 – механизм подачи присадочной проволоки; 6 – присадочная проволока; 7 – свариваемая заготовка; 8 – сварочная ванна (расплавленный металл); 9 – сварной шов; 10 – струя защитного газа, истекающая из сопла горелки

При изготовлении тонколистовых изделий (толщина до 3 мм) целесообразно использовать дуговую сварку в защитном газе неплавящимся электродом без дополнительного присадочного материала (на рис. 3.3 должны отсутствовать позиции 5 и 6).

При сварке толстолистовых материалов используют сварку неплавящимся электродом с подачей присадочного металла в зону дуги. Подача присадочной проволоки *б* (см. рис. 3.3) осуществляется либо сварщиком (ручная сварка), либо с помощью специального механизма подачи *5* (автоматическая сварка).

Дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом

При сварке плавящимся электродом в защитных газах дуговой разряд существует между концом непрерывно расплавляемой проволоки и изделием. Проволока подается в зону дуги с помощью механизма подачи со скоростью, равной средней скорости ее плавления. Расплавленный металл электродной проволоки переходит в сварочную ванну и таким образом участвует в формировании шва. Перенос металла через дуговой промежуток происходит в виде капель и паров. Разновидности переноса металла в дуге показаны на рис. 3.4. Капли формируются на конце электрода под действием сил тяжести, сил поверхностного натяжения, давления газов и электромагнитных сил.

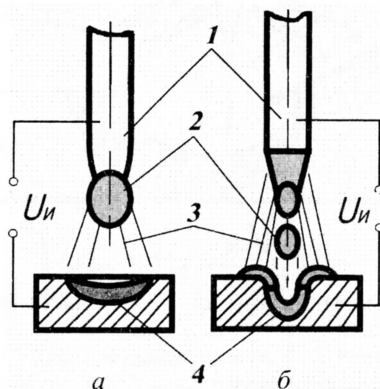


Рис. 3.4. Разновидности переноса металла в дуге:
а – крупнокапельный; *б* – струйный; *1* – сварочная проволока; *2* – капля расплавленного металла; *3* – сварочная дуга; *4* – сварочная ванна

При плавлении электрода *1* расплавленный металл под действием поверхностного натяжения собирается в капли *2*. По мере расплавления электрода капля растет до такого объема, когда ее вес

становится равным силе поверхностного натяжения и капля отрывается.

Перенос электродного металла в дуге 3 сопровождается частичным выбросом металла за пределы сварочной ванны 4. Данное явление называется разбрызгиванием. При сварке в среде аргона разбрызгивание незначительное: 2...3%. При сварке в атмосфере CO₂ оно существенно больше. Основной причиной разбрызгивания металла при сварке является электрический взрыв перемычки (капли) между электродом и ванной.

При увеличении силы тока изменяется характер переноса металла от крупнокапельного (рис. 3.4, а) — максимальное разбрызгивание — к мелкокапельному, а затем и к струйному (рис. 3.4, б). При струйном переносе металла достигается минимальное разбрызгивание, более устойчивое горение дуги и, как следствие, лучшее формирование шва. Струйный перенос металла обеспечивается при плотностях тока 150...200 А/мм². Однако струйный перенос возможен на токах выше критического, при которых возможно образование прожогов при сварке тонколистового металла.

При сварке плавящимся электродом в зависимости от свариваемого материала в качестве защитного газа используются как инертные, так и активные газы. В основном применяются аргон, углекислый газ и их смесь.

Схема технологического поста представлена на рис. 3.5. Напряжение от ИП — источника питания 7 подается через мундштук 11 сварочной горелки 10 на электродную проволоку 8 и изделие 14. Сварочная дуга 13 горит между сварочной проволокой и изделием. Электродная проволока с помощью электрического привода и механизма подачи 6 подается из барабана (кассеты) 9 в зону дуги. Для защиты расплавленного металла используется защитный газ 12, который с помощью газовой аппаратуры подается в зону дуги через сопло сварочной горелки из баллона 1 (газовый поток показан стрелками). Газовая аппаратура предназначена:

- для удаления влаги (подогреватель и осушитель газа 2);
- для понижения давления газа до рабочего (редуктор 3);
- для измерения расхода газа (ротаметр 4);
- для автоматического включения и выключения подачи газа (газовый клапан 5).

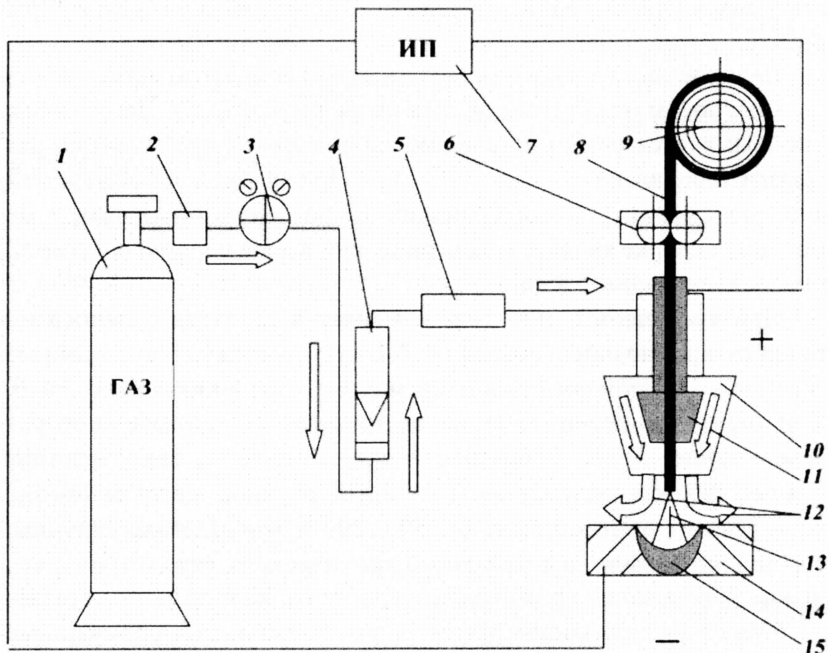


Рис. 3.5. Схема технологического процесса плавящимся электродом в защитном газе:

1 – баллон; 2 – подогреватель и осушитель газа; 3 – редуктор; 4 – ротаметр; 5 – газовый клапан; 6 – механизм подачи проволоки; 7 – источник питания (ИП); 8 – электродная проволока; 9 – кассета; 10 – сварочная горелка; 11 – мундштук; 12 – защитный газ; 13 – сварочная дуга; 14 – изделие; 15 – сварочная ванна

Особенности сварки в углекислом газе

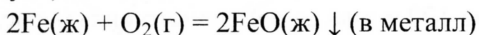
При изготовлении изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей широкое применение находит сварка в углекислом газе.

Углекислый газ при высокой температуре (в дуге) диссоциирует, образуя оксид углерода CO и кислород O₂.

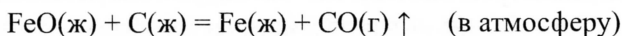
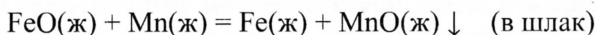
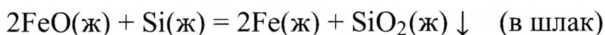
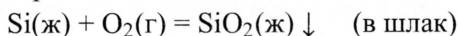


Несмотря на то, что железо по сравнению с другими компонентами сплава (Si, Mn, C) при всех значениях температур жидкого сплава обладает наименьшим сродством к кислороду, оно окисляется в первую очередь благодаря наибольшему его содержанию. Реак-

ция окисления протекает в зоне высоких температур (в сварочной ванне вблизи дуги):



Для удаления кислорода и получения качественного сварного соединения необходимо в зоне дуги и в металле шва иметь достаточное количество раскислителей Si, Mn, Al, Ti. Поэтому для сварки в CO₂ разработаны специальные сварочные проволоки с содержанием Si, Mn, это Св08ГС, Св08Г2С, Св08ХГС. При сварке проволоками такого химического состава в металле шва интенсивно протекают следующие реакции:



Благодаря хорошему раскислению металла сварочной ванны качество сварных швов лучше, чем при сварке покрытыми электродами (они содержат меньше кислорода, азота, водорода, а также неметаллических включений).

Сварочные материалы

В качестве неплавящегося электрода используют вольфрамовые прутки, а также вольфрамовые прутки с присадками оксидов тория, иттрия и лантана (например, лантанированные вольфрамовые прутки) диаметром от 1 до 10 мм.

Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от силы сварочного тока (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Диаметр электрода, мм	1 – 2	3	4	5	6
Сила сварочного тока, А	65 – 150	140 – 180	250 – 340	300 – 400	350 – 450

Расход вольфрамового электрода невелик и зависит от толщины заготовки и материала свариваемых элементов. При толщине заготовки 4 мм на 100 м шва жаропрочного сплава расходуются 125 г вольфрамового электрода, а алюминиевого сплава 40 г (сварка автоматическая).

В качестве защитных газов при дуговой сварке неплавящимся электродом применяются аргон (Ar) и гелий (He) — инертные одноатомные газы, практически полностью нейтральные по отношению ко всем свариваемым металлам.

В сварочном производстве аргон и гелий поставляются в газообразном состоянии в стальных баллонах под давлением 15 МПа. Объем газа в баллоне составляет 6,2 м³.

Расход защитного газа при сварке зависит от толщины свариваемых элементов и, примерно, равен 7...10 л/мин.

Для сварки плавящимся электродом используется сварочная проволока диаметром 0,5...2,0 мм для полуавтоматической сварки, диаметром 3,0...5,0 мм — для автоматической сварки. Химический состав сварочной проволоки выбирается в зависимости от свариваемого материала (Св08, Св08ГС, Св08Г2С, Св08ХГС и др.).

Защитный газ выбирается в зависимости от свариваемого материала. Используют защитные газы: аргон, углекислый газ и смесь аргона с углекислым газом. Углекислый газ для сварки поставляется в стальных баллонах черного цвета емкостью 40 л под рабочим давлением 20 МПа в жидком виде. При испарении образуется около 13 м³ газа.

Сварочное оборудование

Для получения хорошего качества сварного шва необходимым условием является поддержание постоянной длины дуги. При дуговой сварке в защитном газе плавящимся электродом применяют источник питания, обеспечивающий эффективное саморегулирование дуги. Для этой цели используют источники питания с жесткой внешней ВАХ (выпрямитель ВДГ-601), а сварку ведут преимущественно на постоянном токе обратной полярности.

Интенсивность саморегулирования дуги зависит от СХД и ВАХ источника питания (см. на рис. 1.3 характерный участок СХД при

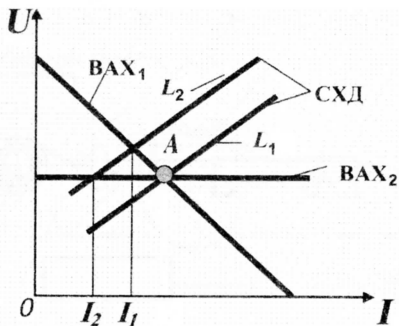


Рис. 3.6. Вольт-амперная характеристика источника сварочного тока (ВАХ) и вольт-амперная статическая характеристика дуги (СХД)

сварке в защитных газах — возрастающую ее часть). На рис. 3.6 представлены крутопадающая VAX_1 и жесткая VAX_2 .

В точке пересечения СХД и ВАХ (точка A рис. 3.6) скорость плавления электродной проволоки равна скорости ее подачи — система находится в равновесии. Увеличение длины дуги от L_1 до L_2 приводит к нарушению стабильности процесса. За счет саморегулирования (скорость плавления сварочной проволоки уменьшается с уменьшением силы тока, $I_1 < I$ и $I_2 < I$) дуга восстанавливает свою первоначальную длину. Более интенсивно протекает процесс саморегулирования (возвращение системы в равновесное состояние — в точку A) в случае использования источника с жесткой внешней VAX_2 ($I_2 < I_1$). Это объясняется тем, что скорость плавления сварочной проволоки при силе тока I_2 уменьшится в большей степени.

При автоматической и полуавтоматической сварке используют оборудование с постоянной, независимой от напряжения на дуге скоростью подачи сварочной проволоки.

В состав сварочного оборудования входят (рис. 3.7): сварочная горелка 1 , механизм подачи электродной проволоки 4 , газовая аппаратура 7 , газо- 6 и электрокоммуникации 11 , источник питания 10 , свариваемая заготовка 12 .

В полуавтомате для сварки плавящимся электродом в защитных газах электродная проволока 5 с помощью электрического привода 9 и механизма подачи подается из барабана (кассеты 8) по гибкому шлангу 3 к сварочной горелке 1 . Горелка выполняется с держателем пистолетного типа. В шланге 3 расположены газопровод, цепи

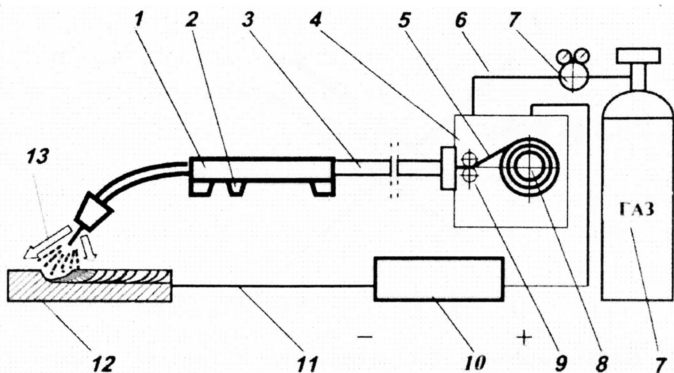


Рис. 3.7. Схема полуавтомата для дуговой сварки в защитном газе: 1 – сварочная горелка; 2 – кнопка «Пуск»; 3 – шланг; 4 – механизм подачи проволоки; 5 – электродная проволока; 6 – газокоммуникации; 7 – газовая аппаратура; 8 – кассета; 9 – электрический привод; 10 – источник питания; 11 – электрокоммуникации; 12 – свариваемая заготовка; 13 – защитный газ

управления, трубопроводы защитного газа и электродной проволоки 3. Включение и выключение процесса сварки выполняется нажатием кнопки «ПУСК» 2, расположенной на рукоятке держателя сварочной горелки 1.

Технологические возможности и область применения дуговой сварки в защитных газах

Дуговую сварку в защитном газе применяют для получения стыковых, угловых, нахлесточных соединений в любых пространственных положениях. С применением дуговой сварки в защитном газе можно изготавливать изделия из сталей всех марок, никелевых сплавов, сплавов титана, магния, меди и алюминия.

Аргон и гелий в качестве защитных газов применяется при сварке конструкций ответственного назначения из дорогих материалов (высоколегированные стали, жаропрочные никелевые сплавы, сплавы титана, алюминия и магния).

Углекислый газ используется при сварке конструкционных сталей: низко- и среднеуглеродистых, низко- и среднелегированных.

Дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом предназначена для соединения элементов сварной конструкции

толщиной от 0,5 до 3...4 мм. Внешний вид сварного соединения толщиной 3 мм показан на рис. 3.8.

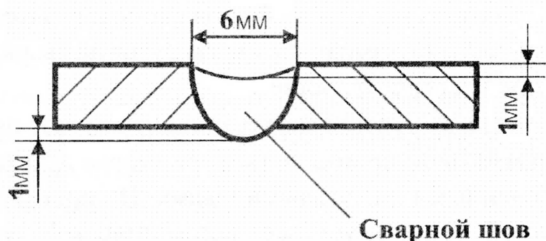


Рис. 3.8. Вид сварного соединения дуговой сваркой в защитном газе неплавящимся электродом

Дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом с присадкой и плавящимся электродом предназначена для соединения элементов сварной конструкции толщиной от 1,0 до 120 мм. Внешний вид сварного соединения толщиной 3 мм показан на рис. 3.9.

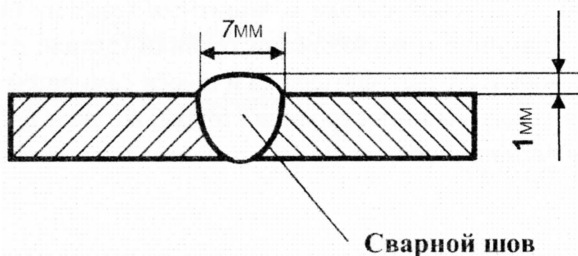


Рис. 3.9. Вид сварного соединения дуговой сваркой в защитном газе неплавящимся электродом с присадкой или плавящимся электродом

Область применения дуговой сварки в защитном газе зависит от степени автоматизации технологического процесса (производительности). В зависимости от степени автоматизации дуговая сварка в защитном газе подразделяется:

- на ручную аргонодуговую сварку;
- на полуавтоматическую сварку плавящимся электродом (сварочная проволока подается в зону дуги специальным механизмом, а перемещение горелки осуществляется сварщиком);
- на автоматическую дуговую сварку неплавящимся и плавящимся электродом.

Ручная аргодуговая сварка находит применение в ремонтных работах, в опытном производстве, при устранении дефектов в отливках и в сварных швах.

Полуавтоматическая сварка благодаря более высокой производительности успешно заменяет ручную дуговую сварку, как на производстве, так и в строительстве.

Автоматическая дуговая сварка в защитном газе применяется в серийном и массовом производстве, при сварке изделий с длинными прямолинейными и круговыми швами. По производительности данный способ немного уступает автоматической дуговой сварке под флюсом, но благодаря своим преимуществам он во многих случаях более эффективен (сварка тонколистового материала толщиной от 0,5 до 10 мм).

Дуговая сварка в защитных газах находит широкое применение во многих отраслях производства. Это автомобилестроение, судостроение, оборонная промышленность, энергетическое машиностроение, строительство.

С помощью дуговой сварки в защитных газах изготавливаются изделия авиационной и космической техники (детали реактивных двигателей, корпуса ракет, фюзеляжи и шасси самолетов и др.), изделия химического машиностроения (трубы, котлы и др.), изделия транспортного машиностроения (вагоны, рамы автомобилей, колеса и др.).

Достоинства и недостатки дуговой сварки в среде защитных газов

К достоинствам дуговой сварки в среде защитных газов относят:

- 1) высокую степень концентрации дуги, обеспечивающую относительно небольшие деформации изделия;
- 2) возможность визуального наблюдения за процессом сварки;
- 3) высокую производительность (возможность механизации и автоматизации процесса, в том числе с применением робототехники);
- 4) высокоэффективную защиту расплавленного металла;

- 5) возможность сварки металлов различной толщины в пределах от десятых долей до десятков миллиметров;
 - 6) возможность сварки в различных пространственных положениях;
 - 7) низкую стоимость выполнения сварочных работ.
- К недостаткам дуговой сварки в защитном газе относят:
- 1) необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
 - 2) возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла;
 - 3) потери металла на разбрызгивание (дуговая сварка плавящимся электродом), при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия;
 - 4) наличие газовой аппаратуры;
 - 5) необходимость в некоторых случаях водяного охлаждения сварочных горелок.

Порядок выполнения работы

1. На рабочем месте ознакомиться с требованиями по технике безопасности.
2. Получить практический навык по управлению полуавтоматом под руководством учебного мастера.
3. Осуществить наплавку контрольного валика, одновременно измеряя силу тока, напряжение, время горения дуги, длину шва, а также длину расплавленной части электродной проволоки.
4. Определить коэффициент наплавки по формуле, представленной в приложении.
5. Для заданного сварного узла (см. приложение) решить следующую технологическую задачу:
 - а) рассчитать время сварки на режимах, идентичных наплавке контрольного валика. Для этого необходимо вычислить требуемую массу наплавленного металла;
 - б) определить скорость сварки или наплавки;
 - в) рассчитать удельную погонную энергию источника теплоты;

г) определить приближенно поперечную усадку при сварке заданного узла, условно приняв, что сварка выполнена за один проход с полным проваром кромок.

6. Полученные данные занести в таблицу (см. приложение).

7. Оформить отчет о работе.

Содержание отчета

Отчет о работе должен включать следующее:

1) описание физической сущности процессов и основные схемы;

2) классификацию способов сварки в среде защитных газов, описание преимуществ и недостатков сварки в защитных газах;

3) характеристику сварочных материалов, применяемых для различных способов дуговой сварки в защитных газах;

4) примеры технологических возможностей всех способов сварки в защитных газах и рациональную область их применения;

5) объяснение особенностей сварки в углекислом газе;

6) таблицу с исходными данными, результатами экспериментальной и расчетной частей работы (см. приложение);

7) рассчитанный коэффициент наплавки;

8) эскиз сварного изделия и результаты решения технологической задачи.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается физическая сущность процесса сварки в защитных газах?

2. Перечислите основные способы дуговой сварки в защитных газах.

3. В чем заключаются преимущества и недостатки сварки в защитных газах?

4. Какие газы могут применяться в качестве защитных?

5. Каковы технологические возможности сварки неплавящимся и плавящимся электродом?

6. Какие сварочные материалы применяются для сварки неплавящимся и плавящимся электродом?

Выполнение расчетной части задания

1. Определить коэффициент расплавления K_p по формуле

$$K_p = G_3 / It = \pi d^2 \Delta l \gamma / 4It,$$

где G_3 — масса металла электрода (в г), расплавленного за время t (в ч) при работе на токе I (в А); d — диаметр электрода (в см); Δl — длина израсходованной части электрода (в см); γ — плотность материала электрода (в г/см³) (для стальных электродов $\gamma = 7,8$ г/см³).

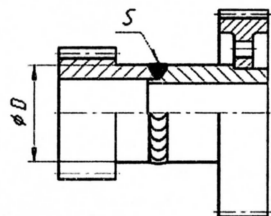
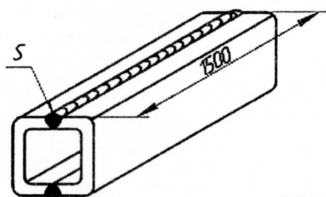
2. Определить коэффициент наплавки K_n с учетом потерь металла электрода на разбрызгивание и угар по формуле

$$K_n = K_p(1 - \Psi),$$

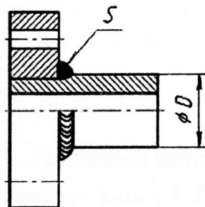
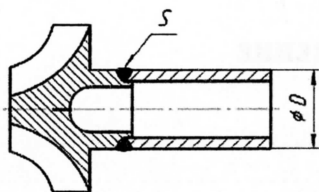
где $\Psi = 0,08$ для ручной дуговой сварки и $\Psi = 0,03$ для автоматической сварки под флюсом.

3. Полученные данные занести в таблицу.

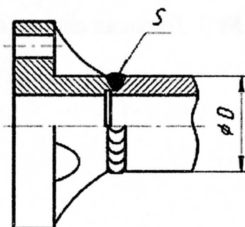
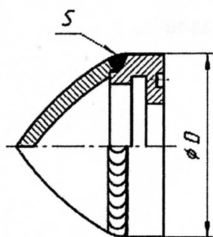
Способ сварки	Свариваемые материалы	K_p	K_n	$I_{св}$	$U_{св}$	$t_{св}$	Количество электродов
Ручная дуговая							
Автоматическая сварка под флюсом							
Полуавтоматическая в защитных газах							



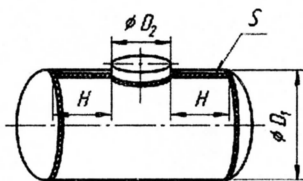
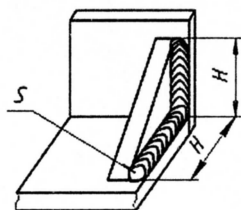
1 Балка 2 Блок шестерен



3 Ротор 4 Колонна



5 Обтекатель 6 Вал



7 Уголок 8 Цистерна

Параметры	1	2	3	4	5	6
$D, \text{ см}$	-	20-40	10-20	30-60	50-400	70-100
$S, \text{ см}^2$	0,2-11	0,5-10	1,0-15	2,0-3,0	0,8-12	2,0-4,0

Параметры	7	8
$H, \text{ см}$	10-20	200-300
$D_1, \text{ см}$	-	150-200
$D_2, \text{ см}$	-	100-140
$S, \text{ см}^2$	0,5-10	2,0-4,0