

Технология ручной дуговой сварки

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки.

Общепринятые обозначения

РДС – ручная дуговая сварка (преимущественно в советской литературе);

MMA – ManualMetalArc (Welding) – ручная металлическая дуговая сварка;

SMAW – ShieldedMetalArcWelding – металлическая дуговая сварка в защитной атмосфере;

E – международный символ ручной дуговой сварки.

Сварка MMA (ManualMetalArc) это ручная электродуговая сварка штучным покрытым электродом.

Данный вид сварки ведет свое начало с 1882 года, когда впервые в мире русским ученым Н.Н. Бернардом был изобретен и запатентован способ скрепления металлических деталей, используя действие электрической дуги с применением электрода. Несмотря на очевидные недостатки в качестве получаемого сварного шва, этот процесс приобрел широчайшее промышленное применение во многих странах мира.

Поворотным моментом в улучшении качества сварки и, соответственно, приобретении ее современного вида можно считать 1907 год, когда изобретатель О. Кьельберг создал первый штучный электрод, покрытый силикатным клеем в качестве обмазки.

Современная ручная дуговая сварка штучным электродом не претерпела кардинальных изменений по сравнению со своими историческими предшественниками. Аппаратную основу для данного вида составляет источник тока (различный по внутреннему устройству) и два разнополярных кабеля для подведения тока непосредственно к месту сварки. Один кабель оканчивается зажимом клеммы (крепится на деталь) другой держателем электрода (для удержания электрода на оптимальном от детали расстоянии).

Аппараты для ручной дуговой сварки штучным электродом делятся на:
трансформаторы,
выпрямители
инверторы.

Каждый из них обладает своими характеристиками, имеет свои достоинства и недостатки. Для сварки MMA может использоваться переменный или постоянный ток. При применении переменного тока дуга

менее устойчива и нужны более развитые профессиональные навыки для ее поддержания, а качество шва уступает таковому при применении постоянного тока. Также постоянный ток иногда является единственным выбором для сварки некоторых металлов и их сплавов.

Кроме постоянства тока может варьироваться и его полярность. При положительном заряде на детали она прямая, на электроде – обратная. Смена полярности тока часто является незаменимым условием при сварке определенных металлов. Так, например, алюминий можно варить только постоянным током обратной полярности в связи с его способностью образовывать прочную и эластичную оксидную пленку на поверхности сварной ванны.

Наличие дополнительных функций, таких как «горячий» старт, антиприлипание позволяет существенно облегчить сварку покрытым электродом, даже для новичка. В зависимости от положения шва в пространстве будет варьироваться положение электрода при сварке. Сварочные швы также различаются по форме в зависимости от колебательных движений конца электрода.

Достоинства и недостатки

Достоинством ММА сварки является возможность работы с любыми металлами во всех пространственных положениях, практически при всех атмосферных условиях. Для этого необходим лишь правильный подбор электрода. Этот метод делает возможной сварку в труднодоступных местах и ограниченном пространстве.

Сварка штучными электродами имеет и ряд недостатков. Это сравнительно низкая производительность, высокая зависимость качества сварного шва от профессиональных навыков сварщика, вредные условия труда в связи с испарением различных химических примесей электродных обмазок и самого свариваемого металла.

Но, несмотря на все выше перечисленное, этот вид сварки до сих пор является одним из лидеров по популярности и широте использования во всевозможных промышленных направлениях, в строительстве и научных разработках, в бытовом и профессиональном

применении.

| РОД И ПОЛЯРНОСТЬ ТОКА | | |
|--|---|---|
| | — ПОСТОЯННЫЙ | ~ ПЕРЕМЕННЫЙ |
| Прямая  | <ul style="list-style-type: none"> ● Сварка с глубоким проплавлением основного металла ● Сварка низко- и среднеуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 5 мм и более электродами с фтористо-кальциевым покрытием: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др. ● Сварка чугуна | <ul style="list-style-type: none"> ● Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей (типа 09ГС) в строительномонтажных условиях электродами с рутиловым покрытием |
| Обратная  | <ul style="list-style-type: none"> ● Сварка с повышенной скоростью плавления электродов ● Сварка низколегированных низкоуглеродистых сталей (типа 16Г2АФ), средне- и высоколегированных сталей и сплавов ● Сварка тонкостенных листовых конструкций | <ul style="list-style-type: none"> ● Сварка при возникновении магнитного дутья ● Сварка толстолистовых конструкций из низкоуглеродистых сталей |

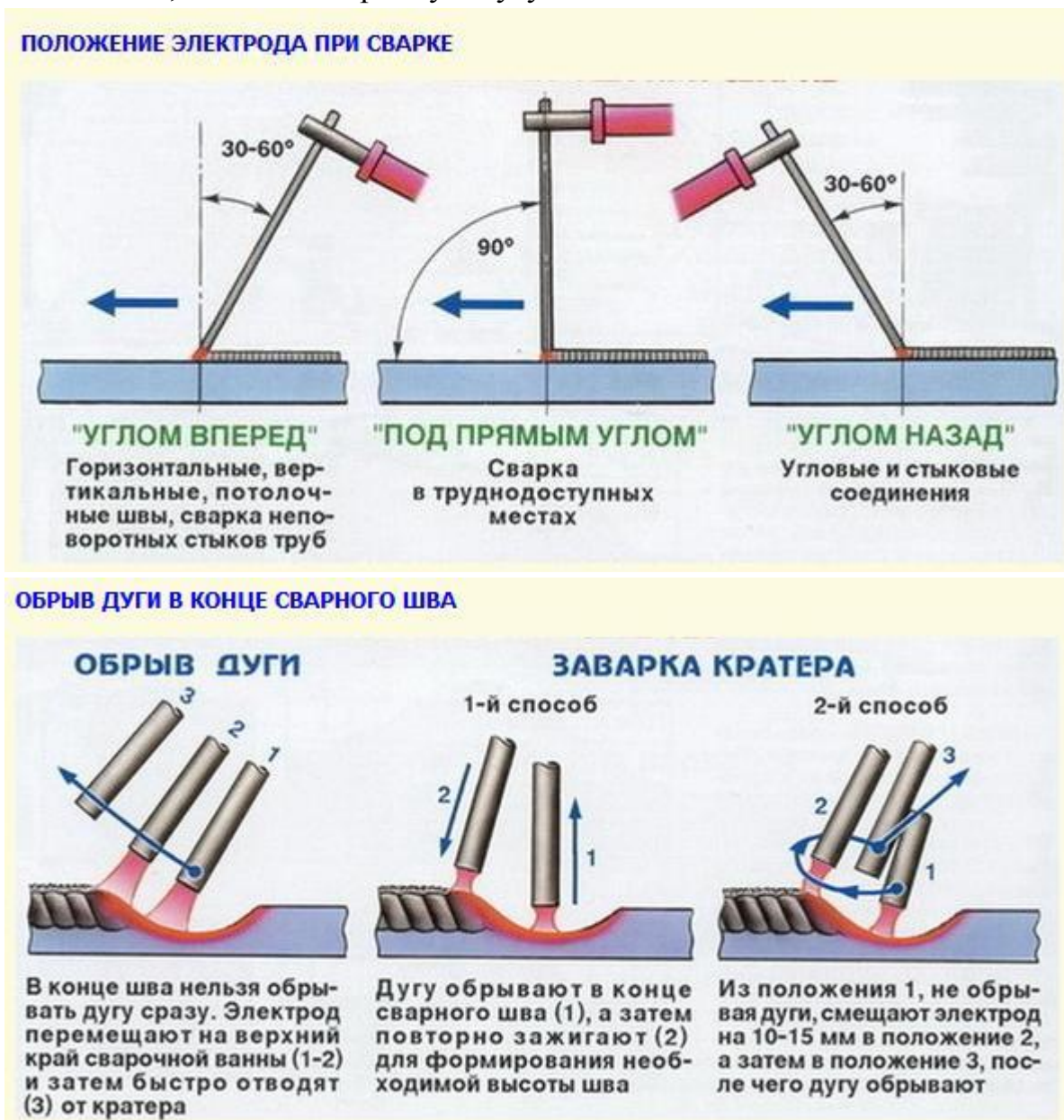
Дуга зажигается приблизительно так же, как и спичка. Для этого конец электрода опускают к свариваемому шву на расстояние 25 мм и, опустив маску, делают касательное движение концом электрода по металлу. При этом происходит короткое замыкание электрода с основным металлом, возникающее на вершинах выступов шероховатой поверхности.

ЗАЖИГАНИЕ (ВОЗБУЖДЕНИЕ) СВАРОЧНОЙ ДУГИ



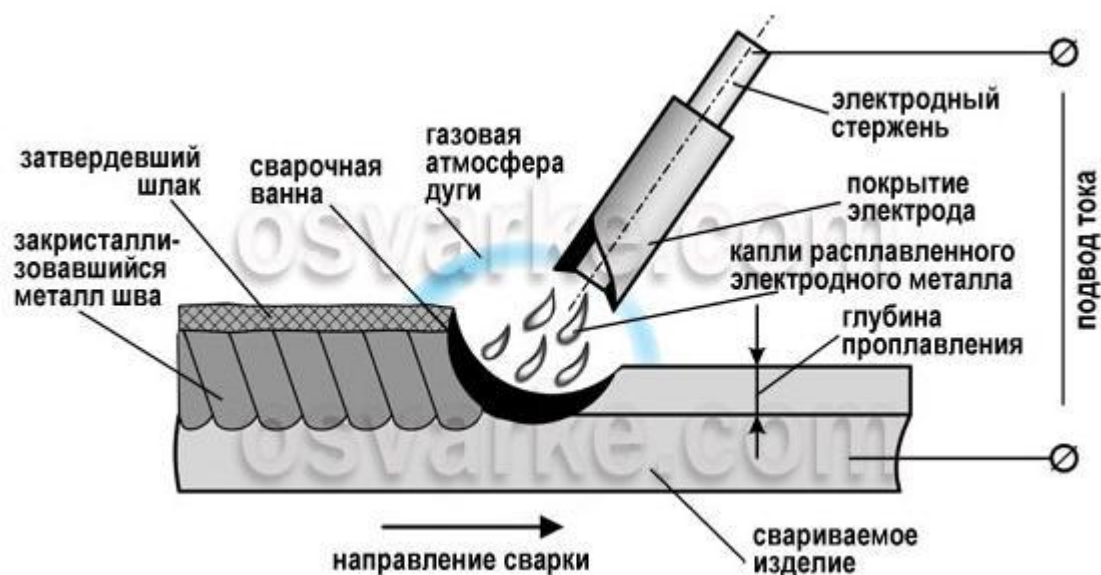
В результате протекания тока короткого замыкания и наличия контактного сопротивления торец электрода быстро нагревается до высокой температуры, при которой после отрыва электрода происходит ионизация газового промежутка и возникает сварочная дуга. Для надежного зажигания дуги сварщик должен отводить электрод от изделия на высоту 4–5 мм, так как при большем расстоянии между концом электрода и изделием дуга не возникает.

Под действием образовавшейся теплоты эти выступы начинают плавиться, образуя жидкую перемычку между электродом и основным металлом. При отводе электрода перемычка удлиняется, а ее сечение снижается, увеличивая электрическое сопротивление и, как следствие, температуру. Когда температура расплавленного металла достигает точки кипения, электрический ток начинает поддерживаться образовавшимися ионами металла, вызывая сварочную дугу.



Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (основной металл). Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на

поверхность.



Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д. Они обычно находятся в следующих пределах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм.

Длина дуги – расстояние от активного пятна на поверхности сварочной ванны до другого активного пятна на расплавленной поверхности электрода. В результате плавления покрытия электрода вокруг дуги и над сварочной ванной образуется газовая атмосфера, отесняющая воздух из зоны сварки для предотвращения его взаимодействия с расплавленным металлом. В газовой атмосфере также присутствуют пары легирующих элементов, основного и электродного металлов.

Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, препятствует их взаимодействию с воздухом, а также способствует очищению расплавленного металла от примесей.

По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с образованием шва, соединяющего свариваемые детали. На поверхности шва образуется слой затвердевшего шлака.

Перемещения электрода при ручной сварке

В процессе сварки электроду сообщается движение в трех направлениях.



Длина дуги в зависимости от скорости плавления электрода. Длина дуги при ручной сварке в зависимости от условий сварки и марки электрода должна быть в пределах $(0,5-1,2)d_{эл}$. 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 качества шва как по форме, так и по механическим свойствам, а при сварке электродами с покрытием основного вида – и к порообразованию.

Второе движение – перемещение электрода вдоль оси валика для образования шва. Скорость этого движения устанавливается в зависимости от силы тока, диаметра электрода, скорости его плавления, вида шва и других факторов. При отсутствии поперечных движений электрода получается узкий шов (ниточный валик) шириной примерно 1,5 диаметра электрода. Такие швы применяют при сварке тонких листов, наложении первого (корневого) слоя многослойного шва, сварке по способу опирания и в других случаях.

Третье движение – перемещение электрода поперек шва для получения требуемых ширины шва и глубины проплавления. Поперечные колебательные движения конца электрода определяются формой разделки, размерами и положением шва, свойствами свариваемого материала, навыком сварщика (см. рисунок ниже). Ширина швов, получаемых с поперечными колебаниями, обычно составляет 1,5–5 диаметров электрода.

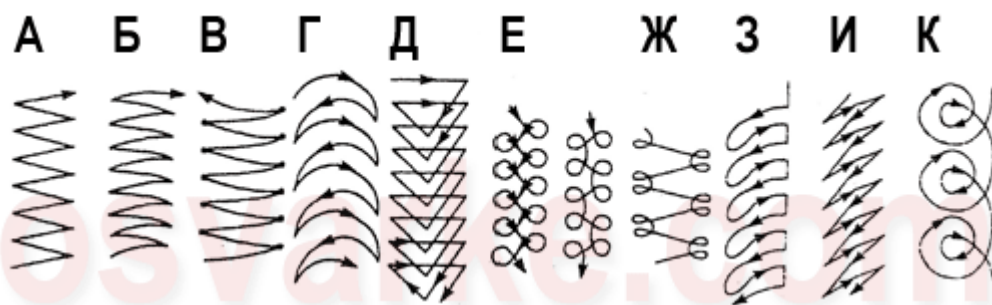


Рисунок. Основные виды траекторий поперечных движений конца электрода при слабом (А, Б, В, Г, Д), усиленном (Е–Ж) прогреве свариваемых кромок, усиленном прогреве одной кромки (З, И), прогреве корня шва (К).

Техника ручной сварки в различных пространственных положениях

Техника выполнения ручной дуговой сварки во многом зависит от пространственного положения сварного шва. При сварке различают нижнее ($0-60^\circ$), вертикальное ($60-120^\circ$) и потолочное ($120-180^\circ$) положения (см. рисунок).

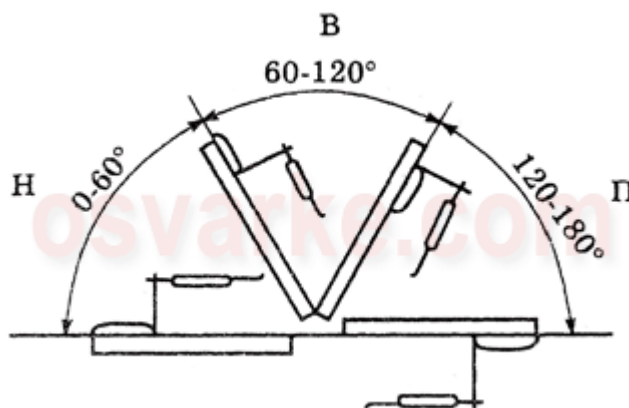


Рисунок. Различные положения изделия при ручной дуговой сварке

Ручная дуговая сварка в нижнем положении

При ручной сварке в нижнем положении основная проблема состоит в том, чтобы обеспечить полное проплавление сечения без образования прожогов.

На рисунке приведены различные варианты выполнения швов в нижнем положении. При сварке односторонних швов на весу (рисунок А), как правило, очень трудно избежать непроваров или прожогов, поэтому для односторонних швов обычно применяют способы удержания сварочной ванны:

- сварка на съемной медной подкладке (рисунок Б);
- сварка на остающейся стальной подкладке (рисунок В);

наложение подварочного шва (рисунок Г);
 вырубка непровара с последующей заваркой корня шва (рисунок Д).

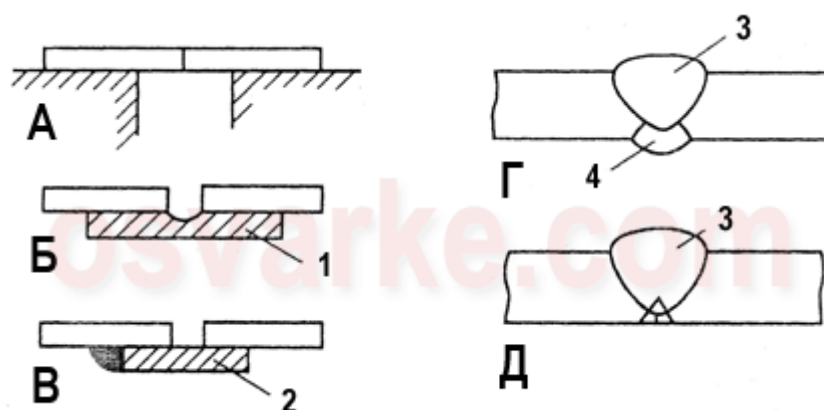
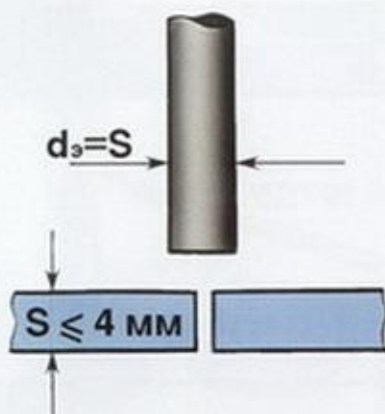


Рисунок. Способы удержания сварочной ванны

1 – съемная медная подкладка; 2 – остающаяся стальная подкладка; 3 – основной шов; 4 – подварочный шов

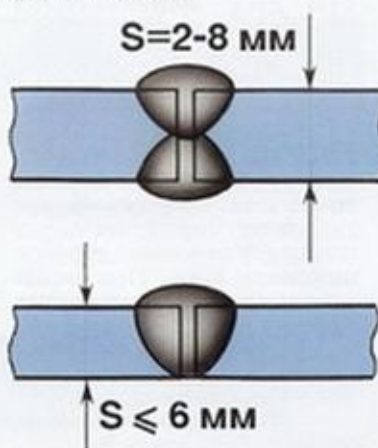
СВАРКА В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ

Односторонние без скоса кромок выполняют электродами диаметром, равным толщине металла, если она не превышает 4 мм

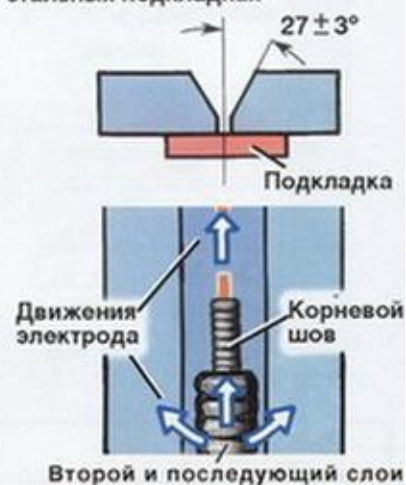


СТЫКОВЫЕ

Листы без скоса кромок толщиной 2-8 мм сваривают двусторонним швом, а до 6 мм - односторонним



Металл толщиной более 8 мм сваривают с разделкой кромок. Во избежание прожогов сварку ведут на съемных медных или стальных подкладках



Сварку угловых швов в нижнем положении можно выполнять двумя способами: при повороте изделия на 45° (так называемое положение «в лодочку») и наклонным электродом (см. рисунок ниже). Сварка «в лодочку» более предпочтительна, так как при сварке наклонным электродом из-за отекания расплавленного металла трудно предупредить подрез по вертикальной плоскости и обеспечить провар по нижней плоскости.

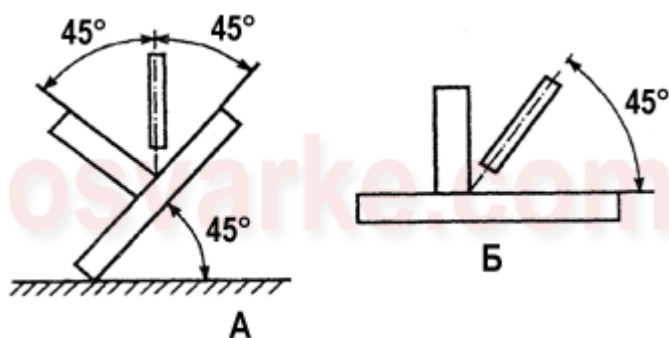
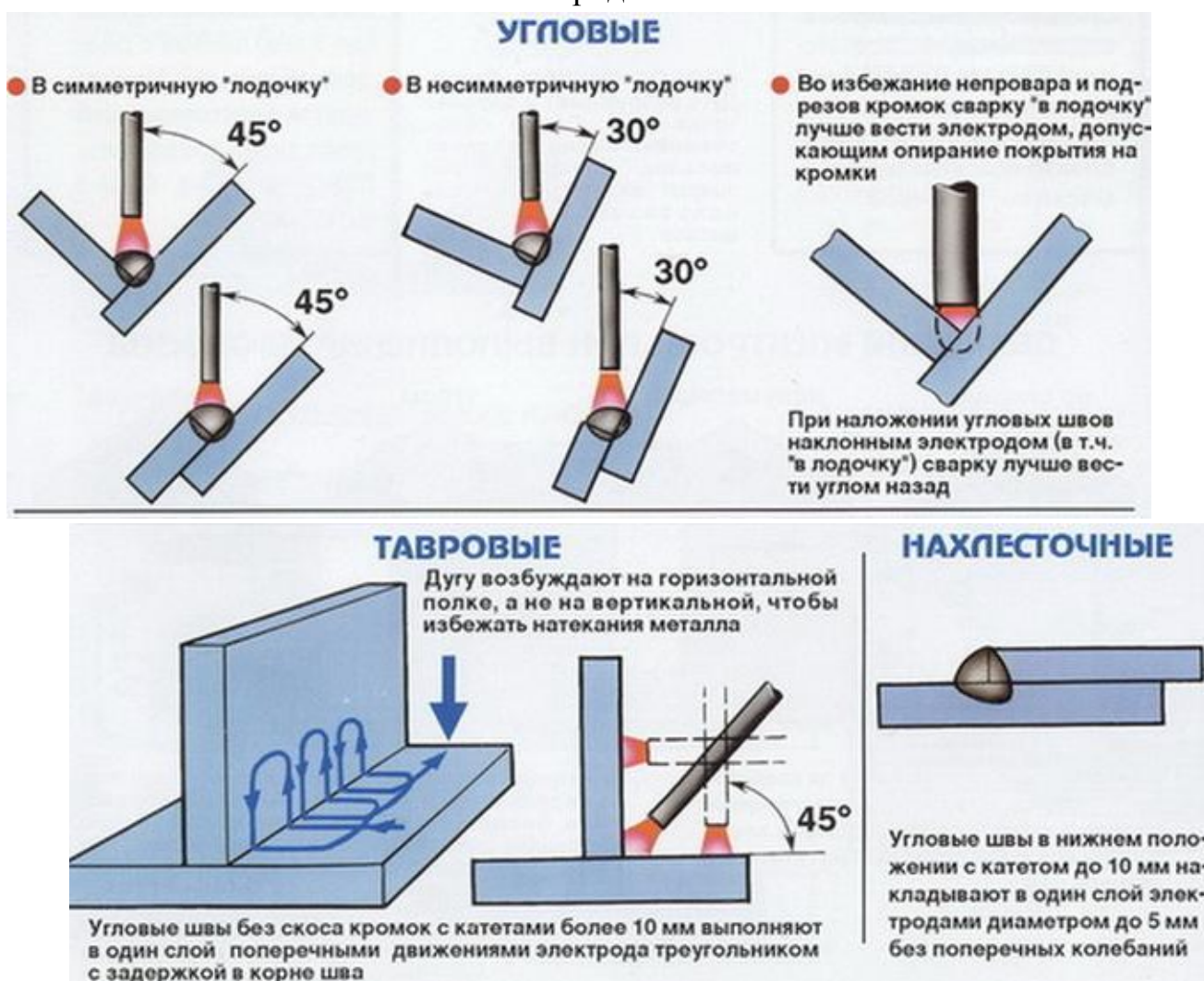


Рисунок. Техника выполнения угловых швов при ручной дуговой сварке:

А – «в лодочку»; Б – наклонным электродом



Ручная дуговая сварка в вертикальном положении

При ручной сварке в вертикальном положении стекание расплавленного металла также оказывает существенное влияние на формирование шва и глубину проплавления (см. рисунок). Вертикальные швы обычно выполняют

на подъем. В этом случае удастся обеспечивать требуемый провар и поддерживать расплавленный металл на кромках. Однако производительность сварки низкая и увеличивается при сварке на спуск. Однако из-за малой глубины проплавления это возможно только для тонкого металла и при применении специальных электродов.

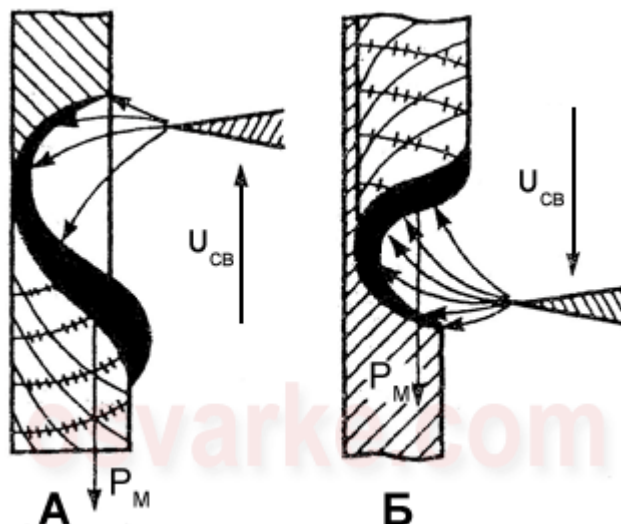
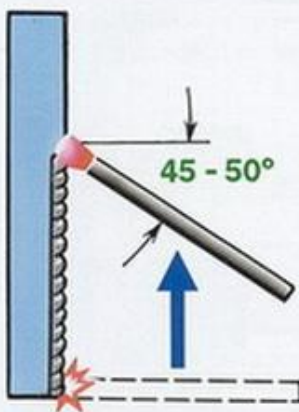


Рисунок. Ручная дуговая сварка швов в вертикальном положении

СВАРКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШВОВ

СНИЗУ ВВЕРХ (НА ПОДЪЕМ)



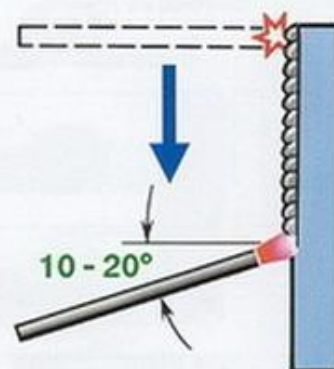
Наиболее удобный, распространенный и производительный способ. Используются электроды диаметром до 4 мм. Поперечные колебания электрода: углом, полумесяцем, "елочкой"

Вертикальные швы выполняют с током на 10% меньшим, чем при сварке в нижнем положении. Чтобы металл не вытек из ванны, нужно поддерживать короткую дугу. Используются электроды, дающие быстротвердеющий тонкий слой шлака («короткие» шлаки)

СПОСОБ СНИЗУ ВВЕРХ. Дугу возбуждают в нижней точке шва. Сваркой подготавливают площадку сечением, равным сечению шва. При этом электрод совершает поперечные колебания. Наибольший провар достигается при положении электрода, перпендикулярном вертикальной оси. Стеkanie расплавленного металла предотвращают наклоном электрода вниз

СПОСОБ СВЕРХУ ВНИЗ. Дугу возбуждают в верхней точке шва. После образования капли жидкого металла электрод наклоняют так, чтобы дуга была направлена на жидкий металл

СВЕРХУ ВНИЗ (НА СПУСК)



Рекомендуется в основном для сварки тонких (до 5 мм) листов с разделкой кромок. Используются электроды с целлюлозным покрытием (ОЗС-9, АНО-9, ВСЦ-2, ВСЦ-3)

Особенно неблагоприятные условия формирования шва наблюдаются при выполнении на вертикальной плоскости горизонтальных швов, так как расплавленный металл натекает на нижнюю свариваемую деталь.



Ручная дуговая сварка в потолочном положении

Достаточно сложна и ручная сварка в потолочном положении. Расплавленный металл в сварочной ванне в этом случае удерживается от вытекания силой поверхностного натяжения (см. рисунок). Поэтому необходимо, чтобы вес расплавленного металла не превысил эту силу. Объем сварочной ванны должен быть минимальным, поэтому сварка возможна только при короткой дуге. Ток должен быть на 15—20% меньше, чем при сварке в нижнем положении. Потолочную сварку выполняют сварщики-потолочники, прошедшие специальную подготовку.

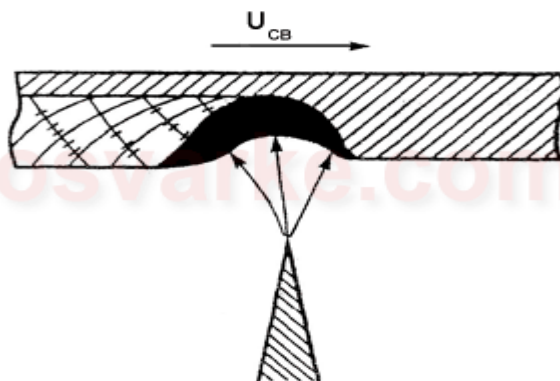
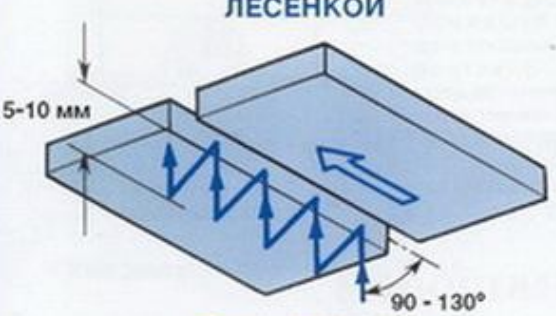


Рисунок. Формирование ванны и шва при ручной дуговой сварке в потолочном положении

СВАРКА В ПОТОЛОЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ

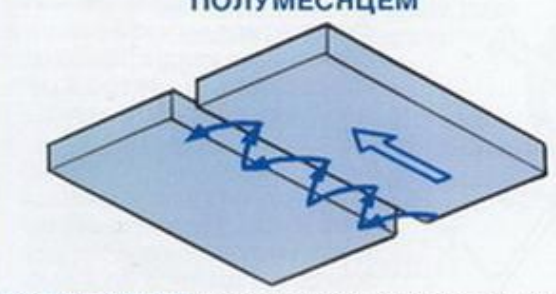
ЛЕСЕНКОЙ




5-10 мм

90 - 130°

ПОЛУМЕСЯЦЕМ



ОБРАТНОПОСТУПАТЕЛЬНО



Газы, выделяемые покрытием электрода, поднимаются вверх и могут остаться в шве, поэтому используют только хорошо просушенные электроды. Узкие валики накладывают тремя способами

ЛЕСЕНКОЙ. Электрод располагают под углом к плоскости 90-130°, подводят к изделию и зажигают дугу. После образования маленькой порции расплавленного металла электрод отводят на 5-10 мм от потолочной плоскости и возвращают, перекрывая закристаллизовавшуюся порцию металла расплавленным примерно на 1/2 - 1/3 ее длины

ПОЛУМЕСЯЦЕМ. Электрод располагают под углом 90-130° к потолочной плоскости и, манипулируя по схеме полумесяца, непрерывно заходят электродом на закристаллизовавшуюся часть металла

ОБРАТНОПОСТУПАТЕЛЬНО. Концом электрода сварщик непрерывно возвращается назад, на кристаллизирующуюся часть металла, постоянно удлиняя валик

При сварке потолочных и горизонтальных швов жидкий металл стремится вытечь из ванны. Поэтому сварку ведут короткой дугой. Сварочный ток уменьшают на 15-20% по сравнению со сваркой в нижнем положении. Металл толщиной более 8 мм сваривают многопроходными швами

| ШОВ | Диаметр электрода (мм) для выполнения проходов | |
|----------------|--|-------------|
| | первого | последующих |
| Потолочный | 4 | 5 |
| Горизонтальный | 3 | 4 |

Преимущества ручной дуговой сварки

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

Недостатки ручной дуговой сварки

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.