

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

Кафедра технологии металлов и материаловедения

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Оборудование сварочного производства»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Тверь 2020

УДК 621.791 (075.8)
ББК 30.61:34.641я7

Рецензент – заведующий кафедрой «Технология металлов и материаловедение» ТвГТУ, кандидат технических наук, доцент Барчуков Д.А.

Дожделев, А.М. Выбор параметров сварки плавящимся электродом в защитных газах: методические указания / А.М. Дожделев. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2020. 16 с.

Описаны особенности подбора параметров для выполнения качественного сварного соединения плавящимся электродом в среде защитных газов. Приведен ряд современных технологий управления процессом сварки, дано их краткое описание, область применения, достоинства и недостатки.

Обсуждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры «Технология металлов и материаловедение» (протокол № 10 от 13 марта 2020 г.).

Цель работы: получить представление о процессах дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, изучить основные параметры режима полуавтоматической сварки, ознакомиться с современными технологиями управления процессом переноса электродного металла в дуге, их областями применения, преимуществами и ограничениями.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При сварке в защитном газе источником нагрева служит электрическая дуга, при этом электрод, сварочная ванна и часть шва защищены струей защитного газа. Расплавленные кромки свариваемых изделий совместно с расплавленным присадочным материалом образуют сварочную ванну. *Сварочная ванна — это металл в жидком состоянии при сварке плавлением, состоящий из части шва, которая образуется из основного и, иногда, присадочного материала и необходима для полного заполнения сварочного шва.* Наличие сварочной ванны является залогом успешного процесса сварки. Охлаждаясь, сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов. В качестве защитных газов применяют *инертные газы* (аргон, гелий), *активные газы* (углекислый газ, азот, водород и др.) и их смеси.

Наиболее часто употребляемые сокращения:

GMAW - Gas Metal Arc Welding, это сварка металлическим электродом в газовой среде, подразделяется на MIG и MAG;

MIG – Metal Inert Gas, сварка в инертном газе;

MAG – Metal Active Gas, сварка в активном газе.

1.1. Род и полярность тока

Специфика работы полуавтоматических сварочных аппаратов предполагает определённую скорость подачи проволоки к месту соединения заготовок и соответственно этому – несколько режимов сварки. Полярность включения зависит от конкретно выбранного режима и определяется требованиями эффективности сварочных операций и их экономичности.

Обратная полярность востребована при сварке в среде защитных газов, тогда как *прямая* чаще всего применяется при работе с порошковой (флюсовой) проволокой (рис. 1, а).

За счёт правильно выбранной полярности подачи тока в полуавтоматическом режиме обеспечивается полное выгорание флюса и образование в зоне сварки требуемой защитной среды. В этом случае металл прогреваться заметно меньше, а его разбрызгивание сводится к возможному для данных условий минимуму.

Прямой полярностью сварщики пользуются при работе с вольфрамовыми электродами, чаще всего применяемыми для сплавления изделий из цветных металлов. За счёт использования прямой полярности удаётся повысить температуру в зоне нагрева, что очень важно для такого сложного в обработке металла, как алюминий (рис. 1. б).

Можно сделать вывод, что выбор той или иной полярности подключения питающего напряжения определяется рядом факторов, порой не связанных с

классом используемого оборудования.

Основное влияние оказывает тип применяемого электрода, материал свариваемой заготовки и режим работы конкретного сварочного агрегата.

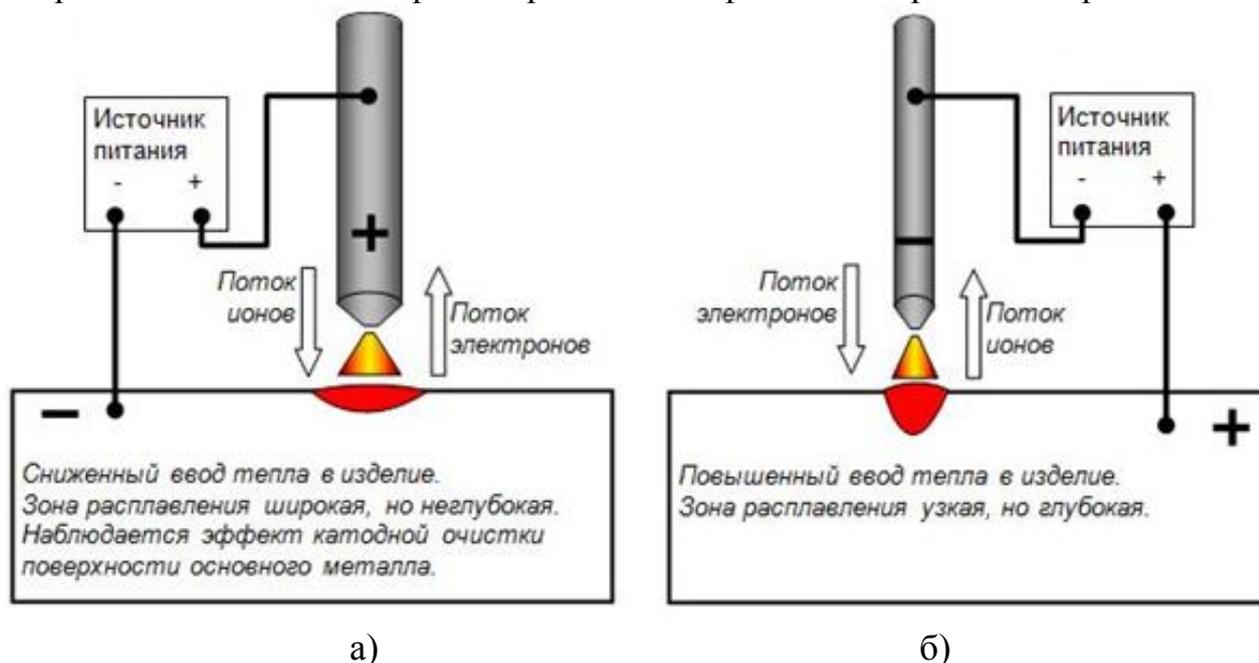


Рис. 1. Схема подключения токовой цепи при работе со сварочным полуавтоматом:

а) обратная полярность; б) прямая полярность

Помимо прямой и обратной полярности подачи напряжения, большое влияние на сварку оказывает род тока (*постоянный или переменный*). Зависимость сварочного процесса в этом случае проявляется в том, что при сварке постоянным током прямой направленности электрод выгорает значительно дольше. Род и полярность тока, как факторы, совместно влияющие на особенности сварки, имеет смысл рассматривать лишь для постоянного напряжения.

При формировании электрической дуги в режиме переменного тока понятие полярности автоматически исключается из рассмотрения.

Влияние типа питающего напряжения (постоянное или переменное) сказывается при выборе оборудования для сварки. Оно выражается в следующих разноречивых факторах:

- 1) при работе инвертором на постоянном токе удаётся получить более качественный и надёжный шов;
- 2) тот же результат получается при работе с полуавтоматом;
- 3) с другой стороны большинство электронных и автоматизированных систем сварки чувствительно к величине питающего напряжения и нуждаются в стабилизаторе;
- 4) обычный трансформаторный преобразователь в части питающего напряжения не имеет строгих ограничений и может запускаться даже при сильно заниженных его показаниях.

1.2. Выбор электродной проволоки

Химический состав сварочной проволоки влияет на качество и стойкость сварного шва. Большинство производителей проволоки стараются придерживаться требований по химическому составу. Тем не менее, некоторые производители изменяют или даже ужесточают допуски на определенные элементы химического состава для повышения производительности.

Некоторые сплавы способствуют созданию более стабильных, прочных сварных швов с минимальным образованием сварочных брызг и меньшим потенциалом для появления пор по сравнению с другими сплавами. По большей части, сварочная проволока с высоким содержанием марганца может быть использована с более дешевым защитным газом - CO_2 , однако наилучшие свойства сварочного шва достигаются при помощи использования смесей газов.

Диаметр присадочной проволоки подбирается в зависимости от толщины металла в свариваемых заготовках. В ряде литературы указывается, что если толщина стального изделия 3 - 5 мм, то берут проволоку 2 мм, если толщина 5 - 16 мм, то используют проволоку диаметром 3 - 4 мм. Для более толстых листов 7 - 25 мм можно использовать проволоку 7 мм толщиной. Для сварочных полуавтоматов выпускается проволока в таких диаметрах: 0,6 мм, 0,8 мм, 1 мм, 1,2 мм, 1,6 мм. Проволока для сварки с помощью электродов и присадочных прутков – 1,6 – 5 мм. Самый широкий диапазон сварочной проволоки в категории порошковых проволок – 0,6 – 6 мм.

Однако следует учитывать трудоемкость замены токопроводящего наконечника в сварочной горелке и подающих роликов в механизме подачи проволоки сварочного полуавтомата. По этой причине на производстве стараются минимизировать варианты диаметров электродной проволоки. Чаще всего можно встретить проволоку диаметром 1,2 или 2 мм.

Помимо толщины изделия на требуемый диаметр сварочной проволоки также влияет сила тока, которая необходима для сварки в конкретном случае.

Для того чтобы обеспечить бесперебойное прохождение тока от контактного наконечника к проволоке, крайне важно обеспечить постоянный диаметр проволоки. Проволока недостаточного диаметра может вызывать дуговые разряды между проволокой и внутренней поверхностью наконечника, что приводит к повышенному изнашиванию наконечника и его сплавлению с проволокой. Проволока слишком большого диаметра требует излишнего усилия при подаче, приводит к закупориванию наконечника, рывкам проволоки и простоям оборудования.

Из-за неправильных показателей CAST (диаметр остаточного искривления) и HELIX (остаточный угол подъема) также может увеличиться процент брака и простоев в работе полуавтомата. CAST определяется путем измерения диаметра круга, образованного витком сварочной проволоки, лежащей на плоской поверхности (рис. 2. а).

В идеале, сварочная проволока для автоматического сварочного оборудования должна попадать в пределы диаметров от 0,9 до 1,4 мм. Проволока, CAST которой слишком мал, может создать такие проблемы, как чрезмерный износ сварочного наконечника и «гуляние» дуги.

Если CAST слишком велик, то это может привести к непостоянному контакту проволоки в сварочном наконечнике, а следовательно к нестабильной сварке.

Остаточный угол подъема HELIX замеряется расстояние подъема спирали одной нити проволоки от плоской поверхности (рис. 2. б). В применении для автоматической сварки, требование к сварочной проволоке должно быть таким, чтобы это расстояние было до 3 см.

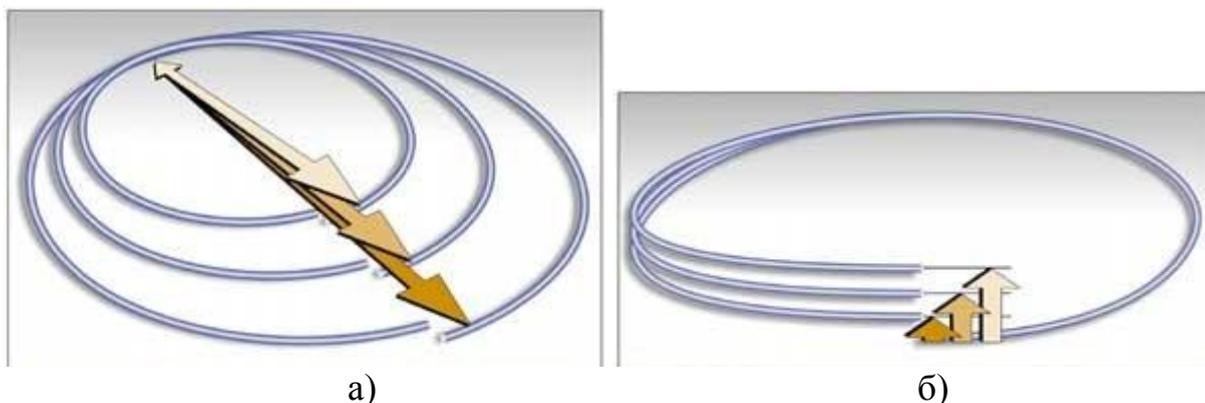


Рис. 2. Значения показателей CAST и HELIX сварочной проволоки:

а) диаметр остаточного искривления CAST; б) остаточный угол подъема HELIX

Некоторые типы сварочной проволоки в условиях автоматизированных сварочных процессов, могут засорять сварочное оборудование чаще, чем другие. Проволока с медным покрытием и плохой адгезией меди часто приводит к появлению медной стружки, которая засоряет каналы сварочных горелок, приводы роликов и сварочные контактные наконечники. Иногда это может привести к дефектам сварочного шва. Блок подачи сварочной проволоки, находящийся в плохом состоянии, также может привести к таким дефектам на поверхности проволоки, как царапины. Металлическая стружка затем попадает в каналы и роликовые приводные механизмы. Все эти проблемы приводят к простоям и снижают эффективность автоматической или роботизированной техники.

Одним из решений проблемы отслоения меди является использование сварочной проволоки без медного покрытия. Эта проволока обычно имеет нетоксичное химическое покрытие, которое улучшает сцепление и снижает время и расходы от простоев.

"Загрязненная" сварочная проволока является еще одной причиной неустойчивой дуги, забитых лайнеров сварочной горелки полуавтомата и контактных наконечников, а в некоторых случаях, и пористости сварочных швов. Проблема связана с производителем, не тщательно очищающим проволоку после её производства перед отправкой.

Катушки с проволокой помещают в полиэтиленовый мешок вместе с контрольным пакетом порошка обезвоженного селикагеля-индикатора и герметизируют при относительной влажности воздуха менее 20% в течение 30 мин после химической обработки. Герметичность упаковки оценивают

визуально по цвету селикагеля-индикатора. Герметичность следует считать нарушенной, если порошок селикагеля-индикатора имеет розовый цвет.

Алюминиевую сварочную проволоку перед сваркой необходимо обрабатывать. Сначала ее обезжиривают, а затем подвергают травлению в 15%-ном растворе едкого натра в течение 5-10 мин при температуре 60-70°C. После этого промывают в холодной воде и сушат 10-30 мин при температуре 300°C. Подготовленные к сварке материалы сохраняют свои свойства в течение 3-4 дней. Затем на поверхности вновь образуется окисная пленка.

1.3. Выбор значения сварочного тока

Важнейшим параметром при работе ручной дуговой сварки является сила сварочного тока. Именно сварочный ток будет определять качество сварочного шва и производительность сварки в целом. Обычно рекомендации по выбору силы сварочного тока приведены в инструкции пользователя, которая поставляется в комплекте со сварочным аппаратом. Если таковой инструкции нет, то силу сварочного тока можно выбрать в зависимости от диаметра электрода (табл. 1). Большинство производителей электродов размещают информацию о величинах сварочного тока прямо на упаковках своей продукции. Диаметр электрода подбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия. Однако помните, что увеличение диаметра электрода уменьшает плотность сварочного тока, что приводит к блужданию сварочной дуги, её колебаниям и изменениям длины. От этого растет ширина сварочного шва и уменьшается глубина провара – то есть качество сварки ухудшается. Кроме того, уровень сварочного тока зависит от расположения сварочного шва в пространстве. При сварке швов в потолочном или вертикальном положении рекомендуется диаметр электродов не меньше 4 мм и понижение силы сварочного тока на 10-20 %, относительно стандартных показателей тока при работе в горизонтальном положении.

Таблица 1

Примерное соотношение толщины металла, диаметра электрода и сварочного тока

Толщина металла, мм	0,5	1-2	3	4-5	6-8	9-12	13-15	16
Диаметр электрода, мм	1	1,5-2	3	3-4	4	4-5	5	6-8
Сварочный ток, А	10-20	30-45	65-100	100-160	120-200	150-200	200-250	200-350

1.4. Выбор длины сварочной дуги

После того, как сила сварочного тока определена, следует рассчитать длину сварочной дуги. Расстояние между концом электрода и поверхностью свариваемого изделия и определяет длину сварочной дуги. Стабильное поддержание длины сварочной дуги очень важно при сварке, это сильно влияет на качество свариваемого шва. Лучше всего использовать короткую дугу, т.е.

длина которой не превышает диаметр электрода, но это достаточно тяжело осуществить даже при наличии солидного опыта. Поэтому оптимальной длиной дуги принято считать размер, который находится между минимальным значением короткой дуги и максимальным значением (превышает диаметр электрода на 1-2 мм).

1.5. Выбор скорости сварки

Выбор скорости сварки зависит от толщины свариваемого изделия и от толщины сварочного шва. Подбирать скорость сварки следует так, чтобы сварочная ванна заполнялась жидким металлом от электрода и возвышалась над поверхностью кромок с плавным переходом к основному металлу изделия без наплывов и подрезов. Желательно поддерживать скорость продвижения так, чтобы ширина сварочного шва превосходила в 1,5-2 раза диаметр электрода. Если слишком медленно перемещать электрод, то вдоль стыка образуется достаточно большое количество жидкого металла, который растекается перед сварочной дугой и препятствует её воздействию на свариваемые кромки – то есть результатом будет непровар и некачественно сформированный шов. Неоправданно быстрое перемещение электрода тоже может вызывать непровар из-за недостаточного количества тепла в рабочей зоне. А это чревато деформацией швов после охлаждения, вплоть до трещин.

Визуализации влияния вышеуказанных параметров на форму сварочного шва представлена на рис. 3.

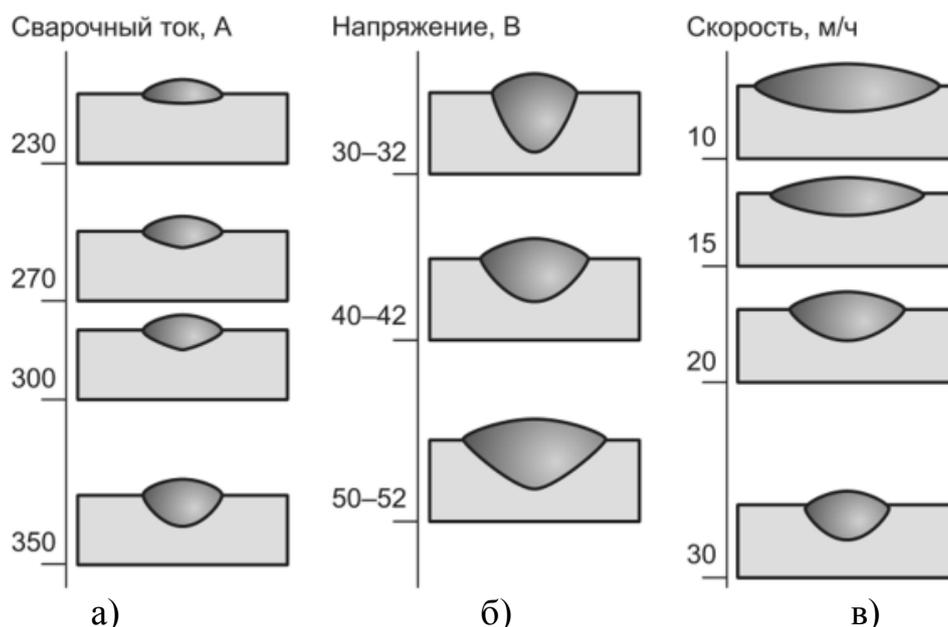


Рис. 3. Влияние на форму и размеры шва сварочного тока (а), напряжения дуги (б), скорости сварки (в)

1.6. Выбор расхода защитного газа

Расход газа на сварку определяется продолжительностью работ, которая, в свою очередь, зависит от объема наплавки и скорости процесса образования шва. Причем защитные газы должны обдувать зону стыка даже после

завершения процесса сварки – пока не остынет свежий шов. Иначе прочность соединения не выйдет на расчетные значения.

При расчете расхода газов нужно учитывать принадлежность сварочного процесса к одному из видов производства – единичному, серийному и крупносерийному.

Так, для единичного и мелкосерийного производства в основе расчета лежит формула:

$$N = nR, \text{ где:}$$

n – это норма расхода присадочного материала на одно изделие, а *R* – это расход газа на один килограмм проволоки. В итоге, зная общий вес наплавки (*n*) и расход газа на один килограмм наплавки (*R*) можно вычислить расход газа на всю металлоконструкцию. Причем коэффициент «*R*» обычно равен 1,15-1,3

Для крупносерийного производства или для однотипных операций в мелкосерийном производстве расчет основывается на массе наплавки, которой заполняют шов длиной один метр. Формула выглядит следующим образом:

$$H = (H_{\text{уг}} T + H_{\text{дг}}), \text{ где:}$$

H_{уг} – это удельный расход газа, «вытекающего» из форсунки за одну минуту работы аппарата (причем данное значение зависит от диаметра присадочной проволоки и выбирается из специальной таблицы); *T* – это время сварки одного погонного метра шва или время формирования одной типовой операции. *H_{дг}* – это дополнительное количество газа, расходуемое на понижение температуры шва, или попросту истекающего из форсунки при переходе между стыками или во время поджига дуги

При расчете расхода углекислоты необходимо учитывать физическую природу данного вещества, которое при смене агрегатного состояния выделяет более 500 литров газа из одного килограмма жидкости. В итоге, расход углекислоты считают по следующей формуле:

$$H = Th, \text{ где:}$$

h – это удельный расход углекислоты за одну минуту работы горелки, измеряемый в литрах. Эта переменная имеет постоянное значение, указываемое в спецификации к сварочному аппарату; *T* – это время формирования сварочного шва

1.7. Вылет и выпуск электрода

Расстояние от точки токоподвода до горна сварочной проволоки. С увеличением вылета ухудшаются устойчивость горения дуги и формирование шва, интенсивнее разбрызгивается металл. Малый вылет затрудняет процесс сварки, вызывает подгорание газового сопла и токоподводящего наконечника.

Расстояние от сопла горелки до торца сварочной проволоки. С

увеличением выпуска ухудшается газовая защита зоны сварки. При малом выпуске усложняется техника сварки, особенно угловых и тавровых соединений (рис. 4). Значения вылета и выпуска, как и большинство параметров сварки, нужно подбирать исходя из рекомендаций производителя сварочного оборудования, при помощи которого осуществляется сварка. Значения Вылета и выпуска зависят от других параметров сварки, что отражено в табл. 2.

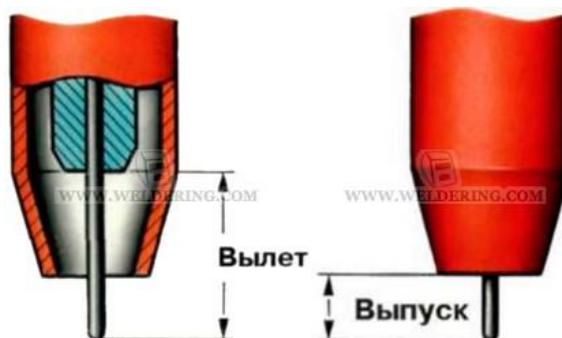


Рис. 4. Вылет и выпуск электрода

Таблица 2

Зависимость вылета и выпуска от прочих параметров сварки

Диаметр проволоки, мм	0,5-0,8	1-1,4	1,6-2	2,5-3
Вылет электрода, мм	7-10	8-15	15-25	18-30
Выпуск электрода, мм	7-10	7-14	14-20	16-20
Расход газа, л/мин	5-8	8-16	15-20	20-30

1.8. Сварка стационарной дугой

Случайные колебания скорости подачи электродной проволоки и длины дуги могут нарушить стабильность процесса, привести к коротким замыканиям, обрыву дуги. Во избежание этого необходимо изменять скорость плавления электрода, т.е. соответствующим образом варьировать силу сварочного тока.

Вольт-амперная характеристика дуги (ВАХ дуги) в защитных газах при плавящемся электроде имеет возрастающий характер (рис. 5). В определенный момент стабильного процесса сварки скорость подачи электродной проволоки $V_{п1}$ равна скорости плавления $V_{пл1}$. При этом параметры по току и напряжению определялись рабочей точкой А1 с длиной дуги $l_{д1}$. Допустим, что в связи со сбоями в механизме подачи проволоки скорость подачи уменьшилась. Тогда возникает относительная скорость плавления $\Delta V_{пл} = V_{пл1} - V_{п2}$, которая приводит к перемещению рабочей точки в новое положение - А2. Оно характеризуется уменьшением сварочного тока (ΔI), что приводит к уменьшению первоначальной скорости плавления. Процесс сварки вернулся в точку А1 с длиной дуги $l_{д1}$. Этот процесс носит название - саморегулирование по длине дуги. Оно становится интенсивнее при более жесткой вольтамперной

характеристике источника питания.

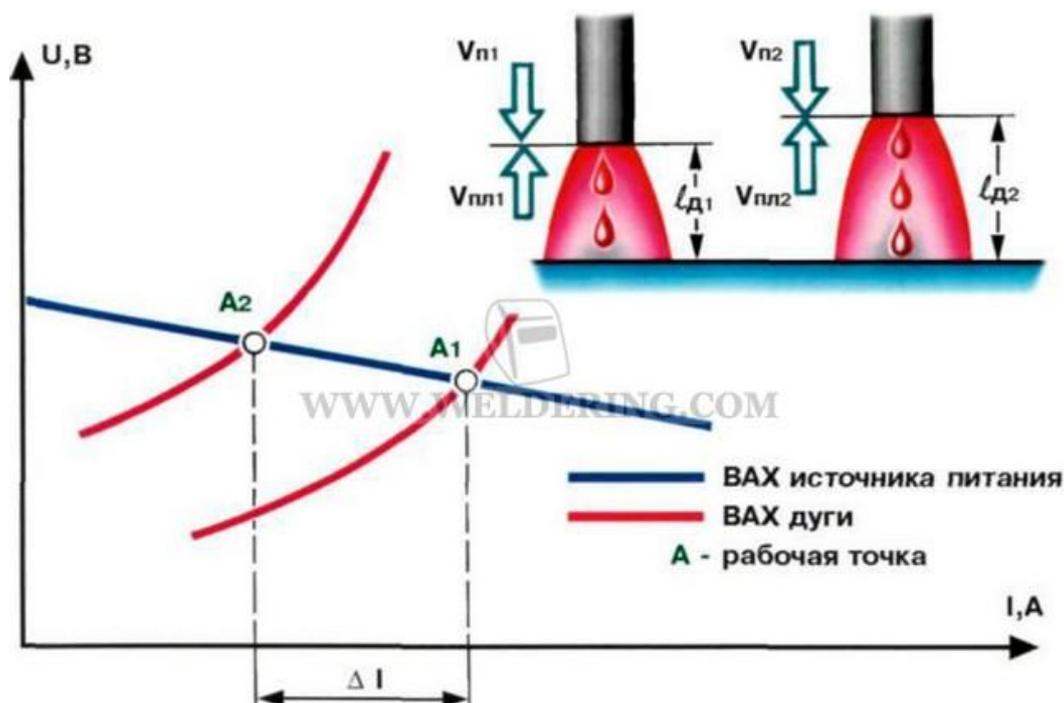


Рис. 5. Вольт-амперная характеристика дуги (ВАХ дуги)

1.8.1. Крупнокапельный перенос с короткими замыканиями дуги

Процесс сопровождается короткими замыканиями с естественным импульсно-дуговым процессом, обусловленным параметрами режима. Образуются капли размером в 1,5 раза превышающие диаметр электродной проволоки (рис. 6.а).

Напряжение на дуге периодически снижается до 0 и в момент отрыва капли увеличивается до рабочего значения. Ток в момент короткого замыкания возрастает, что приводит к отрыву капли электродного металла.

Процесс протекает с разбрызгиванием металла, что ухудшает внешний вид сварного соединения, приводит к непроварам, чрезмерной выпуклости шва.

1.8.2. Среднекапельный перенос без коротких замыканий

Дуга горит непрерывно, а электродный металл переносится через дугу каплями, диаметр которых близок к диаметру проволоки (рис. 6. б). Сварка идет с периодическим изменением напряжения на дуге (U_d) и сварочного тока ($I_{св}$). Импульсно-дуговой процесс зависит от параметров режима сварки и также сопровождается разбрызгиванием, снижается качество шва.

1.8.3. Струйный перенос

Дуга горит непрерывно, оплавленный конец электрода вытянут конусом, с которого в сварочную ванну стекают капли размером менее 2/3 диаметра электрода (рис. 6. в). Масса капли невелика, поэтому электродный металл легко переносится в ванну при сварке во всех пространственных положениях. Разбрызгивание при струйном переносе незначительно. Производительность

высока. Получить струйный перенос можно в аргоне. В углекислом газе такой перенос достигается при высокой плотности сварочного тока или при проволоках, активированных редкоземельными элементами. Управляемый перенос электродного металла с требуемыми размерами капель успешно достигается при импульсно-дуговом процессе, когда периодически изменяют напряжение на дуге и ток сварки.

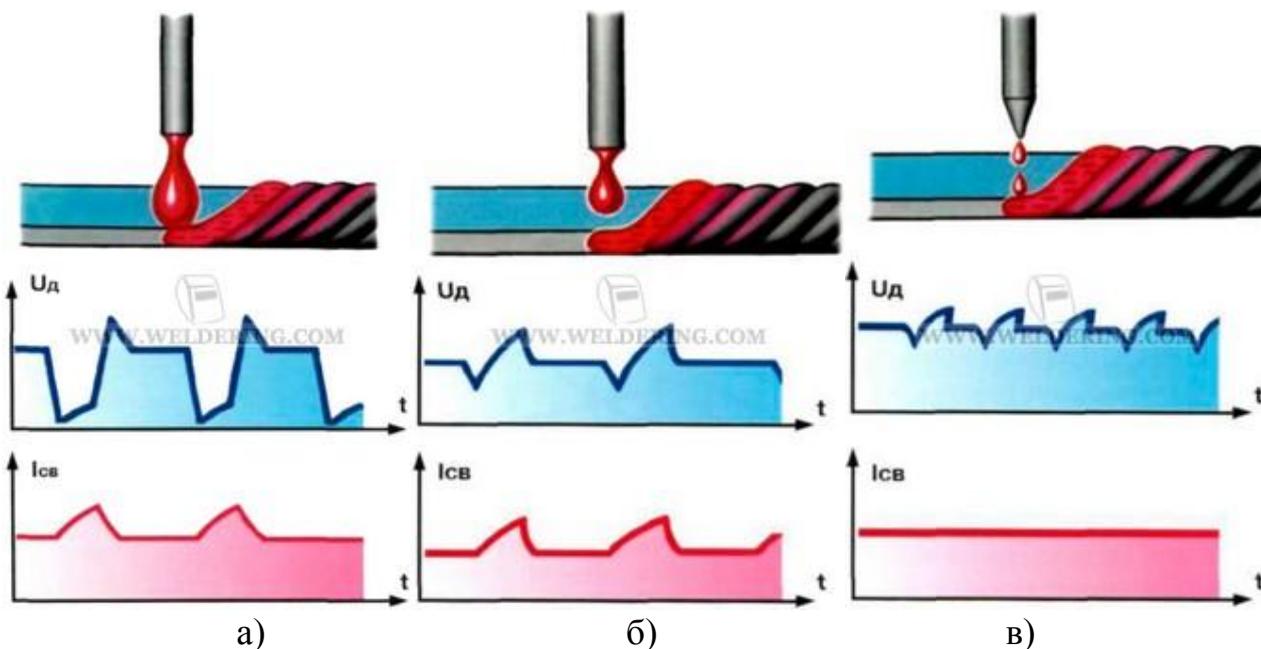


Рис. 6. Сварка стационарной дугой:

а) с крупнокапельным переносом; б) с среднекапельным переносом; в) со струйным переносом

1.9. Импульсно-дуговая сварка

Импульсно-дуговая (нестационарной дугой) сварка способом MIG/MAG возможна при низком сварочном токе во всех пространственных положениях шва при минимальном разбрызгивании и качественном формировании шва.

Существуют два основных вида переноса электродного металла (рис. 7):

- 1) с непрерывным горением дуги - "длинной дугой";
- 2) с короткими замыканиями дугового промежутка - "короткой дугой"

Особенность импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом состоит в том, что процессом переноса электродного металла можно управлять. При сварке "длинной дугой" возможны две разновидности переноса:

- 1) один импульс - одна капля;
- 2) один импульс - несколько капель.

Перенос "короткой дугой" характерен для сварки в углекислом газе. Нестабильность и усиленное разбрызгивание электродного металла определяются свойствами источника питания и зависят от характера изменения мгновенной мощности как в период горения дуги, так и при коротком замыкании.

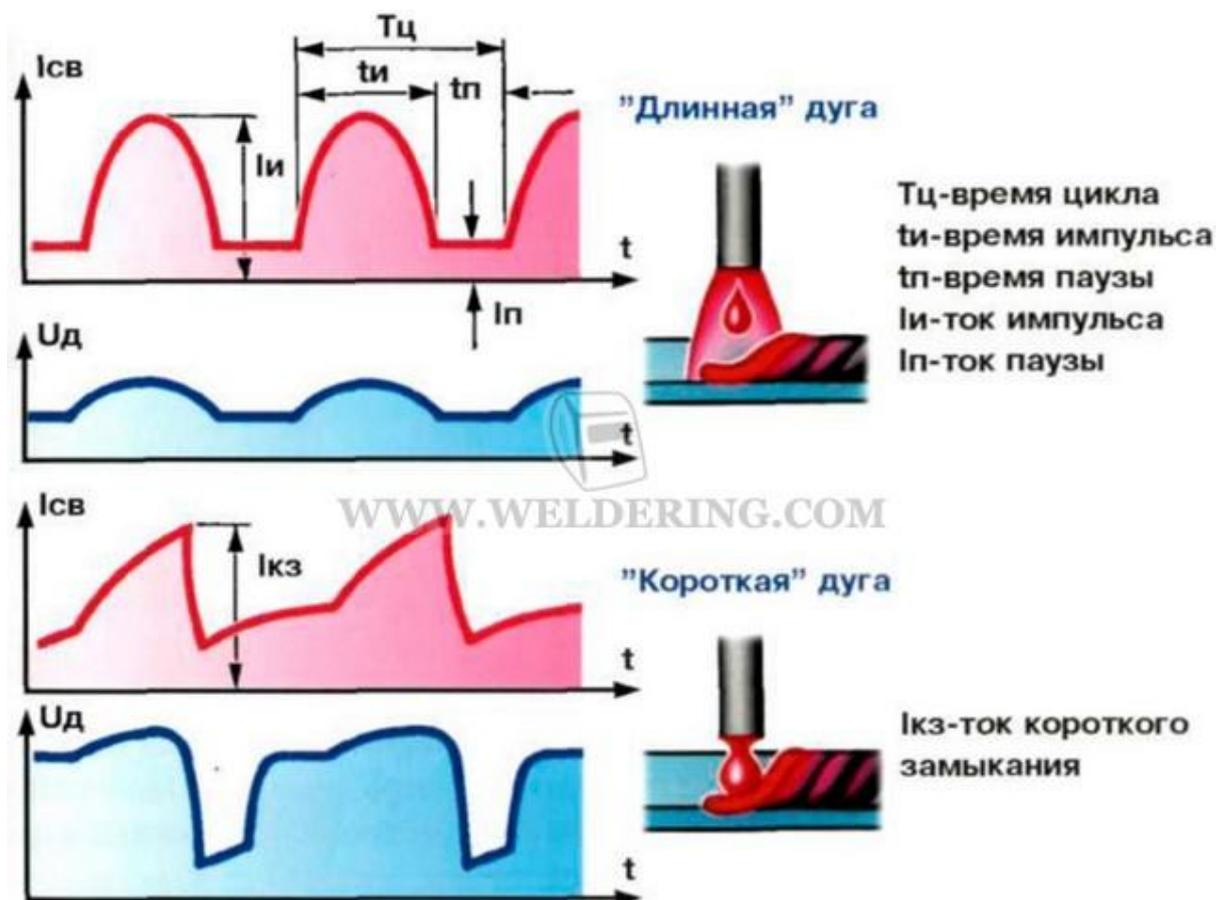


Рис. 7. Сварка «длинной дугой» и «короткой дугой» при импульсно-дуговой сварке

1.10. Синергетическое управление

Инверторные источники питания позволяют ускорить изменения параметров по току до 1000 А/мс. Высокое быстродействие источника способствует оптимальному выбору токов импульса и паузы, времени импульса и паузы, частоты импульса в зависимости от скорости подачи проволоки. Это обеспечивает стабильный перенос капли электродного металла за один импульс.

В современных полуавтоматах внедрены микропроцессорные технологии управления импульсными процессами сварки в зависимости от марки стали, диаметра проволоки, вида защитного газа. Такие системы называются синергетическими.

Благодаря предварительному программированию импульсных режимов во время сварки регулируются только два параметра: сварочный ток и длина дуги. Синергетическое оборудование легко перестраивает режимы сварки в зависимости от марки свариваемой стали, диаметра электродной проволоки и вида защитного газа.

Для каждого диаметра проволоки имеется широкий диапазон токовых значений режима, который позволяет сваривать материалы разной толщины и во всех пространственных положениях. Синергетические системы повышают производительность на 20% по сравнению с обычной сваркой MIG/MAG.

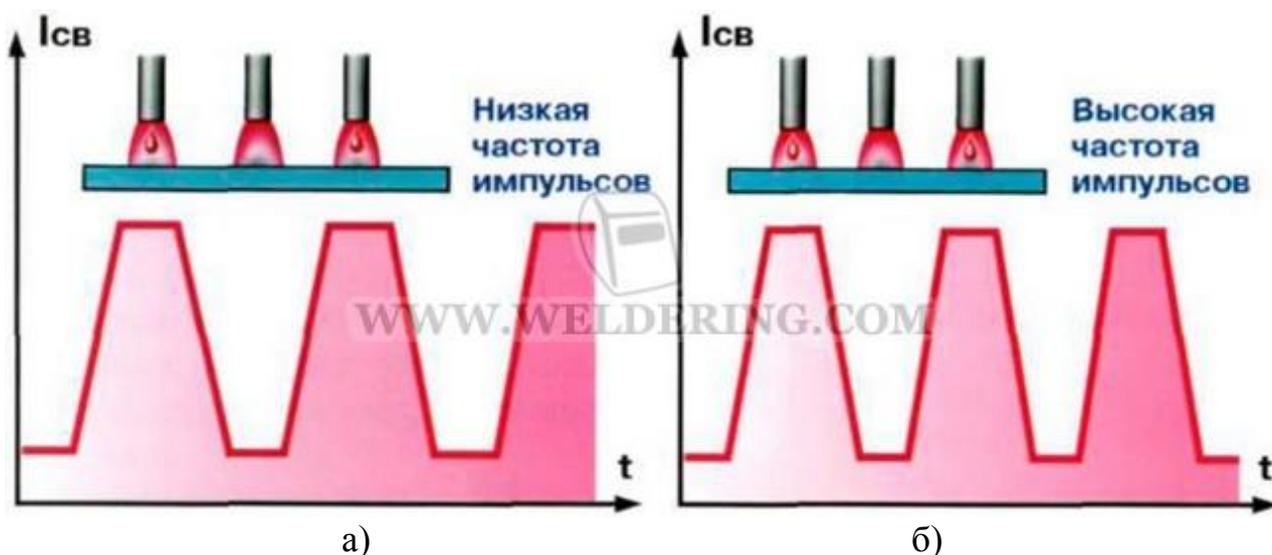


Рис. 8. Сварка с использованием синергетического управления с низкой (а) и высокой (б) частотой импульсов

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Пост для полуавтоматической сварки в защитном газе.
2. Комплект сварочного и слесарного инструмента.
3. Линейка.
4. Секундомер.
5. Образцы из стали Ст 3 размером 100×60×6 мм – 2 шт.
6. Образцы из стали 12Х18Н10Т размером 100×600×2 мм – 2 шт.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с технологией и режимами полуавтоматической сварки в защитном газе.
2. Очистить поверхность свариваемых образцов от масла и ржавчины.
3. Настроить режим сварки, устанавливая в соответствии с материалом и толщиной образца диаметр электродной проволоки, скорость подачи электродной проволоки, силу тока, напряжение дуги, расход газа, положение горелки относительно изделия, пространственное положение, воспользовавшись данными из табл. 3.

Таблица 3

Режимы сварки соединений из низколегированной стали в нижнем положении

Толщина металла, мм	Катет шва, мм	Число слоев	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин	Вылет электрода, мм
Стыковые швы								
1–2	–	1–2	0,8–1,0	70–100	18–20	18–24	10–12	8–12
3–5	–	1–2	1,2–2,0	180–200	28–30	20–22	14–16	8–12
6–8	–	1–2	1,2–2,0	250–300	28–30	18–22	16–18	10–20
8–12	–	2–3	1,2–2,6	250–300	28–30	16–20	18–20	15–20

4. Разметить по длине образца 3–4 равных участка и произвести сварку (наплавку) в нижнем положении, изменяя ступенчато на каждом участке сварочный ток, например 150, 200 А. Отдельный шов произвести с использованием импульсного режима. Измерить ширину швов и время сварки на каждом участке. Результаты занести в таблицу.

5. Оценить качество формирования швов в обоих случаях внешним осмотром. Сделать выводы.

4. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) описание процесса полуавтоматической сварки в среде защитных газов;
- 3) описание влияния параметров сварки на качество сварного соединения;
- 4) таблицу с результатами опытов;
- 5) выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность полуавтоматической сварки в среде защитных газов.
2. Определение сварочной ванны.
3. Область применения схемы подключения токовой цепи с прямой и обратной полярностью.
4. Влияние величины сварочного тока, длины дуги и скорости сварки на ширину сварочного шва.
5. Дать определение вылета и выпуска электрода.
6. Дать краткую характеристику схемам переноса электродного металла при стационарной дуге.
7. Дать описание импульсно-дуговой сварке
8. В чем заключается сущность синергетического управления?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. М.: Изд-во стандартов, 1980. 60 с.
2. Юхнин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах. М.: Соуэло, 2008. 72 с.
3. Акулов А.И., Алехин В.П., Ермаков С.И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов и др. М.: Машиностроение, 2003. 560 с.
4. Фролов В.А., Пешков В.В., Коломенский А.Б., Казаков В.А. Технологические основы сварки и пайки в авиастроении: Учебник для вузов. М.: Интермет Инжиниринг, 2002. 456 с.
5. Сварка и сварщик. [www//weldering.com/vybor-parametrov-rezhima](http://www/weldering.com/vybor-parametrov-rezhima) (дата обращения: 16.04.2020).

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Оборудование сварочного производства»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Составитель А.М. Дожделев
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Физ. печ. л. 1

Усл. печ. л. 0,93

Уч.-изд. л. 0,87

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22