

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Ю.А. ВАШУКОВ

ДУГОВАЯ СВАРКА В ЗАЩИТНЫХ СРЕДАХ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлениям подготовки 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 27.03.02 Управление качеством, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.04.04 Авиастроение

© Самарский университет, 2019

ISBN 978-5-7883-1429-7

САМАРА
Издательство Самарского университета
2019

УДК 621.791(075)
ББК 30.61я7
В 234

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Павлов;
заместитель технического директора АО «Металлист-Самара»
А.М. Уржунцев

Вашуков, Юрий Александрович

В 234 **Дуговая сварка в защитных средах:** учеб. пособие / Ю.А. Вашуков. – Электрон. текст. дан. (1,9 Мб). – Самара: Издательство Самарского университета, 2019. – 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC, процессор Pentium, 160 МГц; оперативная память 32 Мб; на винчестере 16 Мб; Microsoft Windows XP/Vista/7; разрешение экрана 1024x768 с глубиной цвета 16 бит; DVD-ROM 2-х и выше, мышь; Adobe Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7883-1429-7

Составлено в соответствии с рабочими программами курсов, связанных со сборочно-сварочными процессами в производстве летательных аппаратов, для обучающихся институтов авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета.

Данная работа содержит краткие теоретические сведения и указания для выполнения лабораторных работ и контрольные вопросы.

Рассматриваются процессы дуговой сварки в защитных средах, их особенности, последовательность разработки технологических процессов сварки и выбора оборудования.

Предназначено для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по специальностям 24.05.07 Самолето-и вертолетостроение при изучении дисциплины «Технология сборочно-сварочных процессов» в 9 семестре; 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов при изучении дисциплины «Технология сборочно-сварочных процессов» в 9 семестре; по направлениям подготовки 27.03.02 Управление качеством при изучении дисциплины «Технология и оборудование машиностроительного производства» в 6 семестре; 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств при изучении дисциплины «Основы теории сварочных процессов» в 6 семестре, а также для подготовки магистров по направлению 24.04.04 Авиастроение при изучении дисциплины «Технология производства самолетов».

Может быть полезно молодым специалистам авиационной и ракетно-космической отраслей.

Подготовлено на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении Самарского университета.

УДК 621.791(075)
ББК 30.61я7

Редактор И.П. Ведмидская
Компьютерная вёрстка И.П. Ведмидской

Подписано для тиражирования 30.10.2019.

Объем издания 1,9 Мб.

Количество носителей 1 диск.

Тираж 10 дисков.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Изд-во Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА НА ФОРМУ И РАЗМЕРЫ ЗОНЫ ПЛАВЛЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ | 7 |
| 1.1. Параметры режима сварки и их влияние на геометрические размеры шва | 7 |
| 1.2. Расчет режимов автоматической сварки под флюсом низкоуглеродистых сталей | 12 |
| 1.3. Особенности технологического оборудования для дуговой сварки под флюсом. Сварочный автомат АДФ-1002..... | 14 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 | |
| АРГОДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ВОЛЬФРАМОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ | 20 |
| 2.1. Общие сведения | 20 |
| 2.2. Технологические особенности сварки неплавящимся вольфрамовым электродом . | 21 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 | |
| АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ | 38 |
| 3.1. Сущность процесса сварки в углекислом газе | 38 |
| 3.2. Выбор параметров режима сварки | 40 |
| 3.3. Расчет технологических параметров режима сварки | 43 |
| 3.4. Рабочий пост для сварки в среде углекислого газа | 44 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 49 |

ВВЕДЕНИЕ

Дуговая сварка является наиболее распространённым способом сварки плавлением, при котором нагрев осуществляется электрической дугой, горящей между электродом и заготовкой. Дуга – это мощный разряд электричества в ионизированной газовой среде, сопровождаемый выделением большого количества теплоты и света. Температура электрической дуги (до 7000°С) превосходит температуры плавления всех существующих металлов.

Для защиты металла шва от взаимодействия с воздухом при дуговой сварке широко используются защитные среды. В качестве защитных сред используют флюсы и защитные газы.

Особенностью процесса автоматической дуговой сварки под флюсом является применение непокрытой сварочной проволоки и гранулированного (зернистого) флюса. Сварку ведут закрытой дугой, горящей под слоем флюса в пространстве газового пузыря, образующегося в результате выделения паров газов в зоне дуги. Сверху сварочная зона ограничена пленкой расплавленного шлака, снизу – сварочной ванной. Среда в сварочной зоне является наиболее благоприятной с точки зрения защиты металла от взаимодействия с воздухом.

Хороший контакт шлака и металла в сварочной ванне, наличие изолированного от внешней среды пространства обеспечивают благоприятные условия для защиты и металлургической обработки металла сварочной ванны и тем способствуют получению швов с высокими механическими свойствами. Кроме того, флюс препятствует разбрызгиванию жидкого металла и способствует созданию более благоприятных условий при охлаждении и кристаллизации металла шва.

Хорошая тепловая изоляция сварочной дуги, повышенное давление газовой среды над ванной и большая плотность тока (плотность энергии в пятне нагрева достигает 103 Вт/см²) способствуют более глубокому проплавлению свариваемого металла. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить глубину разделки и сократить количество металла, необходимого для наплавки при образовании швов. Эти факторы являются решающими в повышении производительности процесса. Высокая производительность и качество получаемых швов, а также возможность автоматизации процесса – основные достоинства сварки под флюсом.

Сущностью и отличительной особенностью дуговой сварки в защитных газах является защита расплавленного и нагретого до высокой температуры основного и электродного металла от вредного влияния воздуха защитными газами, обеспечивающими физическую изоляцию металла и зоны сварки от контакта с воздухом и заданную атмосферу в зоне сварки. При этом используют инертные и активные защитные газы.

При дуговой сварке применяют два основных способа газовой защиты: местную и общую в камерах (сварка в контролируемой среде). Наиболее распространённой является струйная местная защита в потоке газа, истекающего из сопла сварочной горелки.

Наиболее эффективной является общая защита в камерах с контролируемой средой. Камеры заполняют инертным газом высокой чистоты под небольшим избыточным давлением (0,005-0,01 МПа), в камере располагаются свариваемое изделие и сварочное оборудование. Сварку производят внутри камеры изолированно от воздушной среды. Такой способ защиты обычно используют при сварке изделий из химически активных металлов (титан, цирконий, тантал, молибден и др.). Достоинства сварки в защитных газах – высокая производительность, высокое качество защиты, доступность наблюдения за процессом горения дуги, простота механизации и автоматизации, возможность сварки в различных пространственных положениях.

Настоящее учебное пособие является учебно-практическим изданием, содержащим описание лабораторных работ по дисциплинам «Технология сборочно-сварочных процессов», «Технология производства самолетов», «Технология и оборудование машиностроительного производства» в соответствии с утвержденной рабочей программой. Преподавание этих дисциплин ведется для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 24.05.07 Самолето-и вертолетостроение, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 27.03.02 Управление качеством, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.04.04 Авиастроение.

В учебном пособии содержатся систематизированные знания научно-практического и прикладного характера, предназначенные для закрепления материала лекций.

В соответствии с рабочей программой дисциплины пособие содержит описание трех лабораторных работ, посвященных дуговым способам сварки в защитных средах.

Описание каждой лабораторной работы содержит теоретическую часть, порядок выполнения работы, требования к отчету о работе и контрольные вопросы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА НА ФОРМУ И РАЗМЕРЫ ЗОНЫ ПЛАВЛЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ

Цели работы:

1. Изучить особенности автоматизированных процессов дуговой сварки под слоем флюса.
2. Ознакомиться с назначением и техническими данными сварочного автомата АДФ-1002.
3. Провести анализ влияния технологических параметров режима сварки на геометрические размеры сварного шва.
4. Освоить методику выбора режима сварки под слоем флюса.

1.1. Параметры режима сварки и их влияние на геометрические размеры шва

Процесс ручной дуговой сварки, обладая рядом преимуществ, имеет два важных недостатка: относительно низкую производительность и неоднородность сечения шва, зависящие от квалификации сварщика. Производительность ручной сварки ограничивается максимально допустимой величиной сварочного тока для применяемых при ручной дуговой сварке диаметров электрода (коэффициент плотности сварочного тока для сварки покрытыми электродами $K = 30 - 60 \text{ А/мм}^2$). При больших токах электрод длиной 350 – 450 мм сильно перегревается, что может привести к образованию опасного дефекта – непровара. Эти и некоторые другие недостатки ручной дуговой сварки послужили причиной для создания автоматизированных способов дуговой сварки. Одним из таких способов является автоматизированная сварка под слоем флюса, которая будет рассмотрена в данной работе.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом (рис. 1.1) осуществляется с использованием плавящегося электрода и введением в зону горения дуги для создания защиты гранулированного флюса, слой которого полностью закрывает дугу и частично расплавляясь, создает вокруг нее защитную оболочку, перемещается вместе с дугой.

За счет теплоты сварной дуги расплавляется основной металл, электродная проволока и часть флюса, непосредственно находящегося в зоне сварки. Расплавленный флюс образует плотную оболочку (флюсогазовый пузырь). Над ним располагается слой жидкого шлака. Флюсогазовый пузырь надёжно защищает расплавленный металл от вредного воздействия кислорода и азота воздуха, а также препятствует его разбрызгиванию. После остывания жидко-

го металла сварной ванны, образуется сварной шов, покрытый затвердевшей коркой, которая после завершения сварки и охлаждения легко отделяется от него. Сварной флюс может использоваться многократно.

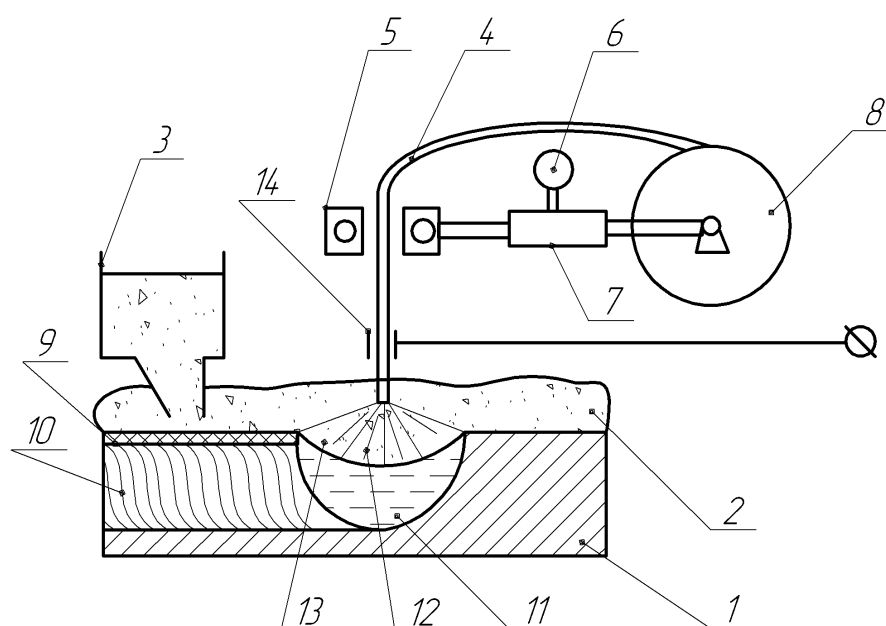


Рис.1.1. Схема автоматизированной дуговой сварки под флюсом
 1 – свариваемое изделие; 2 – слой гранулированного флюса; 3 – бункер с флюсом;
 4 – сварная проволока; 5 – ролики механизма подачи сварочной проволоки;
 6 – электродвигатель; 7 – редуктор; 8 – барабан со сварочной проволокой;
 9 – затвердевшая шлаковая корка; 10 – сварной шов; 11 – сварная ванна;
 12 – сварная дуга; 13 – флюсогазовый пузырь; 14 – токопровод

Конкретные режимы сварки под флюсом подбираются по основным и дополнительным характеристикам. К первым относят:

- сечение электродной проволоки;
- силу сварочного тока;
- полярность и род тока;
- скорость сварочного процесса;
- скорость подачи электродной проволоки;
- напряжение на дуге.

К дополнительным же параметрам причисляют:

- геометрические величины и плотность флюса, а также его состав;
- вылет проволоки (электродной);
- положение при сварке того или иного вида электрода и непосредственно свариваемой конструкции.

Изменение режима сварки и других технологических факторов по-разному влияет на размеры сварных швов. На рисунках 1.2 и 1.3 показано влияние изменения основных параметров сварки на размеры шва.

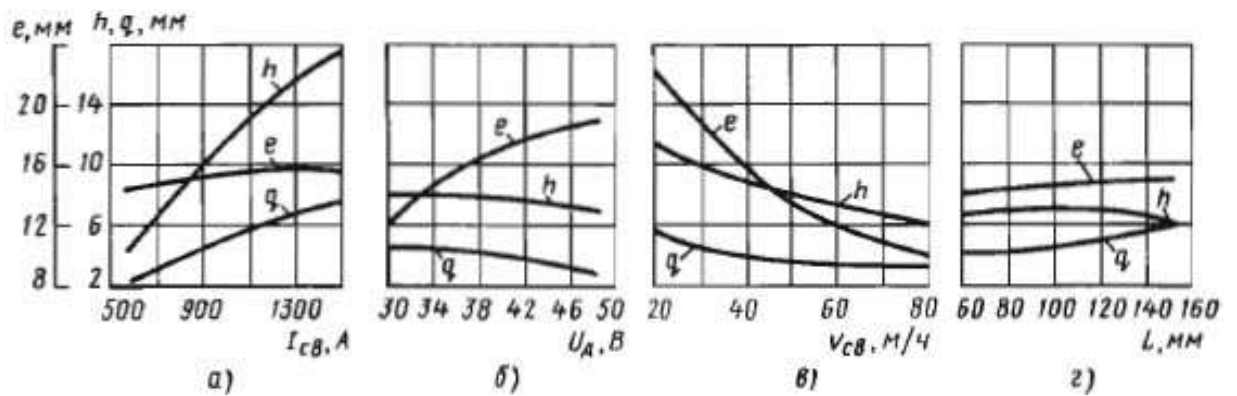


Рис.1.2. Изменение ширины e , выпуклости q шва и глубины проплавления h в зависимости от параметров режима (а – в) и вылета электрода (г):
 U_d – напряжение дуги; $I_{св}$ – сварочный ток; $V_{св}$ – скорость сварки

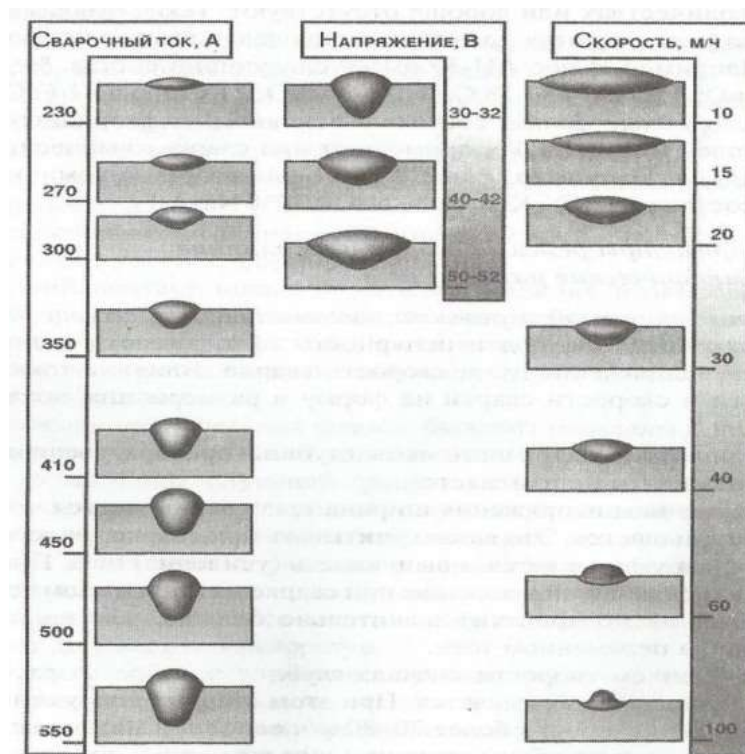


Рис. 1.3. Влияние сварочного тока, напряжения и скорости сварки на форму и размеры сварного шва

При автоматической сварке под флюсом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки часто вместо тока оперируют понятием скорости подачи электродной проволоки, определяющей в этих условиях ток. Чем выше скорость подачи, тем больше должен быть ток для обеспечения расплавления подаваемой в зону сварки проволоки.

На рисунке 1.4 приведены зависимости линейной скорости плавления электродной проволоки диаметром 2-8,0 мм от сварочного тока.

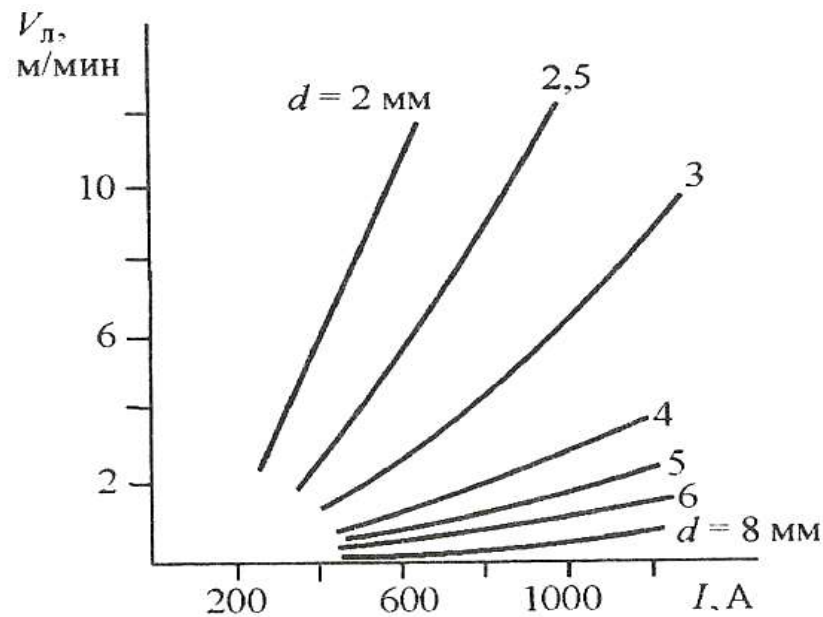


Рис. 1.4. Зависимость линейной скорости плавления электродной проволоки от тока и ее диаметра. Скорость сварки 30 м/ч

Диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла. При увеличении диаметра электродной проволоки и неизменном сварочном токе возрастает ширина шва и уменьшается глубина провара, а при уменьшении диаметра – наоборот. В зависимости от диаметра электродной проволоки устанавливают силу сварочного тока. При увеличении силы тока количество теплоты, которая выделяется, возрастает и увеличивается давление дуги на ванну. Это приводит к увеличению глубины проплавления основного металла и доли участия его в формировании швов (рис. 1.5). Это объясняется ростом давления дуги на поверхность сварочной ванны, которым оттесняется расплавленный металл из-под дуги (улучшаются условия теплопередачи от дуги к основному металлу), и увеличением погонной энергии. Ввиду того, что повышается количество расплавляемого электродного металла, увеличивается и высота усиления шва. Ширина шва возрастает незначительно, так как дуга заглубляется в основной металл (находится ниже плоскости основного металла).

Увеличение плотности сварочного тока (уменьшение диаметра электрода при постоянном токе) позволяет резко увеличить глубину проплавления. Ширина шва при этом уменьшается. Путем уменьшения диаметра электродной проволоки можно получить шов с требуемой глубиной проплавления в случае, если величина максимального сварочного тока, обеспечиваемая источником питания дуги, ограничена. Однако при этом уменьшается коэффициент формы провара шва ($k = l/h_m$).

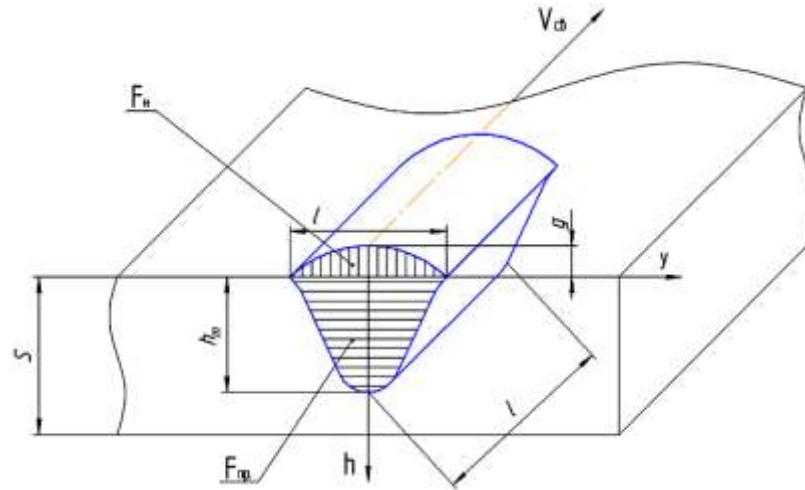


Рис. 1.5. Геометрические параметры зоны проплавления при автоматической сварке под флюсом

Род и полярность тока оказывают значительное влияние на форму и размеры шва, что объясняется различным количеством теплоты, выделяющимся на катоде и аноде дуги.

При сварке на постоянном токе прямой полярности глубина проплавления на 40 – 50%, а на переменном – на 15-20% меньше, чем при сварке на постоянном токе обратной полярности. Поэтому швы, в которых требуется небольшое количество электродного металла и большая глубина проплавления (стыковые и угловые без разделки кромок), целесообразно выполнять на постоянном токе обратной полярности.

При увеличении напряжения дуги (длины дуги) увеличивается ее подвижность и возрастает доля теплоты дуги, расходуемая на расплавление флюса. При этом растет ширина шва, а глубина его проплавления остается практически постоянной. Этот параметр режима широко используют в практике для регулирования ширины шва.

Увеличение скорости сварки уменьшает погонную энергию и изменяет толщину прослойки расплавленного металла под дугой. В результате этого основные размеры шва уменьшаются. При чрезмерно больших скоростях сварки и силе сварочного тока в швах могут образовываться подрезы.

С увеличением вылета электрода возрастает интенсивность его подогрева, а значит, и скорость его плавления. В результате толщина прослойки расплавленного металла под дугой увеличивается и, как следствие этого, уменьшается глубина проплавления. Этот эффект иногда используют при сварке электродными проволоками диаметром 1-3 мм для увеличения количества расплавляемого электродного металла при сварке швов, образуемых в основном за счет добавочного металла (способ сварки с увеличенным вылетом электрода). Для устойчивости процесса сварки скорость подачи электродного провода должна равняться скорости его плавления. Для предупреждения отека расплавленного флюса, ввиду его высокой жидкотекучести,

сварка этим способом возможна только в нижнем положении при наклоне изделия на угол не более 10-15.

Основным условием для успешного ведения процесса сварки является поддержание стабильного горения дуги. Для этого определенной силе сварочного тока должна соответствовать своя скорость подачи электродной проволоки. Скорость подачи должна повышаться с увеличением вылета электрода. При его постоянном вылете увеличение скорости подачи уменьшает напряжение дуги. При использовании легированных проволок, имеющих повышенное электросопротивление, скорость подачи должна возрасти.

Наклон электрода вдоль шва и положение детали также отражаются на форме шва. Обычно сварку выполняют вертикально расположенным электродом, но в отдельных случаях она может проводиться с наклоном электрода углом вперед или углом назад. При сварке углом вперед жидкий металл подтекает под дугу, толщина его прослойки увеличивается, а глубина проплавления уменьшается. Сварка углом назад уменьшает прослойку, и проплавление возрастает.

С увеличением вылета электрод плавится быстрее, а основной металл остается сравнительно холодным. Кроме того, при этом увеличивается длина дуги, которая приводит к уменьшению глубины проплавления и некоторого увеличения ширины шва – обычно вылет составляет 40-60 мм.

Сварка на подъем увеличивает глубину проплавления и вероятность прожога. *При сварке на спуск* металл сварочной ванны, подтекая под дугу, уменьшает глубину проплавления, поэтому возможно образование несплавлений и шлаковых включений.

Состав флюса, его насыпная масса также изменяют форму и размеры шва. При увеличении насыпной массы флюса глубина проплавления возрастает, ширина шва уменьшается.

Флюсы имеют разные стабилизирующие свойства, с повышением которых увеличиваются длина дуги и ее напряжение (возрастает ширина шва и уменьшается глубина проплавления). Флюсы с малой объемной массой (грубозернистые стекловидные и пемзоподобные) осуществляют меньшее давление на газовую полость зоны сварки, которая оказывает содействие получению более широкого шва с меньшей глубиной проплавления. Применение мелкозернистого флюса с большей объемной массой приводит к увеличению глубины проплавления и уменьшению ширины шва.

1.2. Расчет режимов автоматической сварки под флюсом низкоуглеродистых сталей

Расчет режимов сварки производится всегда для конкретного случая, когда известен тип соединения и толщина свариваемого металла, марка проволоки, флюса и способа защиты сварочной ванны от воздуха и другие данные по шву. Поэтому до начала расчетов следует установить по ГОСТ8713-79 или по чертежу конструктивные элементы заданного сварного соединения и по известной методике определить площадь сварного шва.

При этом необходимо учитывать, что максимальное сечение однопроходного шва, выполненное автоматом, не должно превышать 100 мм^2 .

Последовательность расчета технологических параметров режимов автоматической сварки низкоуглеродистых сталей следующая:

1. Устанавливается требуемая глубина проплавления h , мм. При односторонней сварке она равна толщине S металла $h = S$.
2. Определяется диаметр электродной проволоки и силы тока (по таблице).

| Толщина детали, мм | Диаметр электродной проволоки, мм | Сила тока, А |
|--------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1 | 0,8 | 200-300 |
| 3 | 1,6 | 250-500 |
| 5 | 2 | 400-550 |
| 8 | 3 | 700-750 |
| 10 | 5 | 900-950 |

3. Назначается напряжение на дуге.

Напряжение сварки определяется в зависимости от силы тока (по таблице).

| Сила сварочного тока, А | 180-300 | 300-400 | 500-600 | 600-700 | 700-850 | 850-1000 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Напряжение дуги, В | 32-34 | 34-36 | 36-40 | 38-40 | 40-42 | 41-43 |

4. Определяются геометрические параметры сварного шва. За основу принимаются три размера: глубина проплавления – h , мм; ширина шва – B , мм и выпуклость шва – g , мм. Ширина шва B определяется из формулы $\psi_{пр} = B/h$, где $\psi_{пр}$ – коэффициент провара формы (по таблице).

| Сила тока, А | $\psi_{пр}$ |
|--------------|-------------|
| 300 | 4 |
| 400 | 3 |
| 500 | 2 |

Выпуклость шва q определяют из формулы $\psi_{в} = B/q$, где $\psi_{в}$ – коэффициент формы валика. Для швов, выполненных автоматической сваркой, $\psi_{в} = 7$.

5. *Определяется площадь сечения наплавленного металла.* Площадь наплавленного металла определяют по опытной формуле

$$F_{н.м} = 0,751 * B * g, \text{ мм}^2.$$

6. *Определяется масса наплавленного металла.* Массу наплавленного металла определяют по формуле

$$G_H = F_{н.м} * L * \gamma,$$

где $G_{н.м}$ – масса наплавленного металла, г; $F_{н.м}$ – площадь наплавленного шва см^2 ; L – длина сварных швов на изделии, см; γ – плотность стали, равная $7,8 \text{ г/см}^3$.

7. *Расход сварочной проволоки,* определяется по формуле

$$G_{ПР} = G_H * (1 + \Psi),$$

где G_H – масса наплавленного металла, г; Ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, принимается равным $0,02$.

8. *Определяется коэффициент наплавки α_H .*

Коэффициент наплавки определяется из формулы

$$\alpha_H = \alpha_P * (1 - \Psi),$$

где α_P – коэффициент расплавления электродной проволоки. Для постоянного тока обратной полярности $\alpha_P = 12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$

9. *Скорость перемещения дуги*

$$V_{п.д} = (\alpha_H * I_{св.}) / (F_{н.м.} * \gamma), \text{ м/ч},$$

где $F_{н.м}$ – площадь наплавленного шва см^2 ;

10. *Определяют скорость подачи электродной проволоки.*

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле

$$V_{п.п} = I_{св} / F_{эл.пр} * \gamma, \text{ м/ч},$$

где α_P – коэффициент расплавления электродной проволоки, $\text{г/А} \cdot \text{ч}$; $I_{св}$ – сварочный ток; $F_{эл.пр}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки; γ – плотность металла (для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

1.3. Особенности технологического оборудования для дуговой сварки под флюсом. Сварочный автомат АДФ-1002

Промышленность выпускает два типа аппаратов для дуговой сварки под флюсом:

- с постоянной скоростью подачи электродной проволоки, не зависимой от напряжения на дуге (основанные на принципе саморегулирования сварочной дуги);

- аппараты с автоматическим регулированием напряжения на дуге и зависимой от него скоростью подачи электродной проволоки (аппараты с авторегулированием).

В сварочных головках с постоянной скоростью подачи при изменении длины дугового промежутка восстановление режима происходит за счет вре-

менного изменения скорости плавления электрода вследствие саморегулирования дуги. При увеличении дугового промежутка (увеличение напряжения на дуге) уменьшается сила сварочного тока, что приводит к уменьшению скорости плавления электрода. Уменьшение длины дуги вызывает увеличение сварочного тока и скорости плавления. В этом случае используют источники питания с жёсткой вольтамперной характеристикой.

В сварочных головках с автоматическим регулятором напряжения на дуге нарушение длины дугового промежутка вызывает такое изменение скорости подачи электродной проволоки (воздействуя на электродвигатель постоянного тока), при котором восстанавливается заданное напряжение на дуге. При этом используют аппараты с падающей вольтамперной характеристикой.

Аппараты этих двух типов отличаются и настройкой на заданный режим основных параметров: сварочного тока и напряжения на дуге. На аппаратах с постоянной скоростью подачи заданное значение сварочного тока настраивают подбором соответствующего значения скорости подачи электродной проволоки. Напряжение на дуге настраивают изменением крутизны внешней характеристики источника питания. Необходимую скорость подачи электродной проволоки устанавливают или сменными зубчатыми шестернями (ступенчатое регулирование), или изменением числа оборотов двигателя постоянного тока (плавное регулирование). Для расширения пределов регулирования скорости подачи в последнее время часто используют плавноступенчатое регулирование (двигатель постоянного тока и редуктор со сменными шестернями).

На аппаратах с автоматическим регулятором напряжение на дуге задается и автоматически поддерживается постоянным во время сварки. Заданное значение сварочного тока настраивают изменением крутизны внешней характеристики источника питания.

Настройка других параметров режима сварки (скорости сварки, вылета электрода, высоты слоя флюса и др.) аналогична для аппаратов обоих типов и определяется конструктивными особенностями конкретного аппарата.

В данной лабораторной работе используется сварочный автомат АДФ-1002.

Сварочный автомат АДФ-1002 предназначен для сварки переменным током под слоем флюса соединений встык с разделкой и без разделки кромок, для сварки угловых швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми. Автомат в процессе работы передвигается по изделию или по уложенной на нем направляющей линейке.

Сварочный автомат АДФ-1002 состоит из двух основных узлов: сварочного трактора и сварочного трансформатора ТДФ-1001УЗ с встроенным блоком управления автоматом.

Сварочный трактор представляет собой самоходный механизм, состоящий из редукторов подающего механизма и ходовой тележки. Они приводятся в движение общим электродвигателем (рис. 1.6).

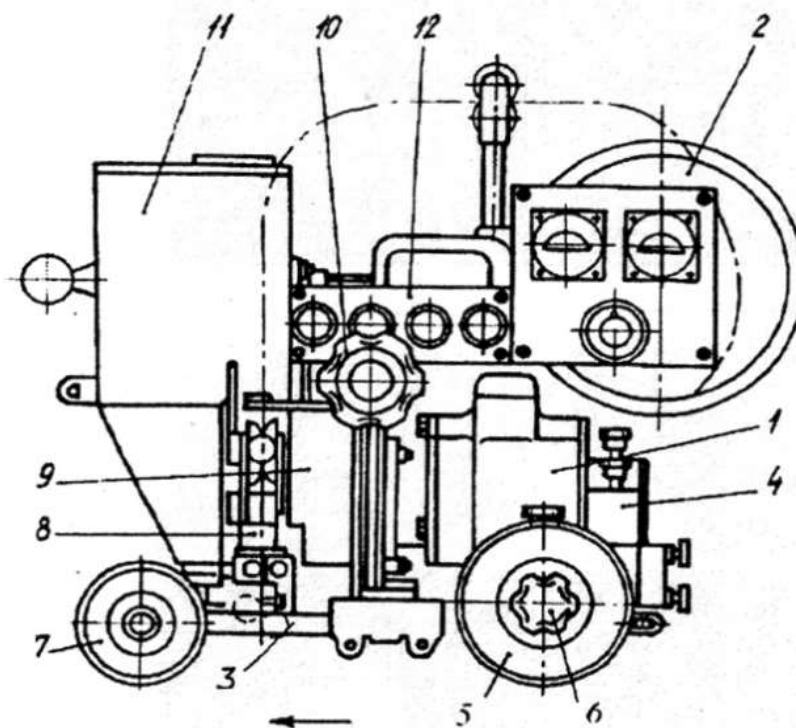


Рис. 1.6. Конструкция сварочного трактора АДФ-1002

Электродвигатель 1 одновременно выполняет роль привода для механизма подачи проволоки 9 и механизма перемещения трактора 4. Все узлы расположены на ходовой тележке 3, которая имеет приводные ролики 5 и холостые 7. Маховик 6 служит приводом фрикционной муфты, которая обеспечивает передачу движения от привода к приводному ролику. При освобождении муфты трактор перекачивается на холостом ходу вручную. Правку проволоки и токоподвод обеспечивает мундштук 8. Правильный механизм служит для выпрямления электродной проволоки, сматываемой с кассеты. Он состоит из трех роликов, расположенных над механизмом подачи. Режим правки регулируется упорным винтом верхнего ролика. Корректировочный механизм служит для смещения электрода поперек шва и для поперечного наклона мундштука вместе с головкой, кронштейном и катушкой. Кроме того, при сварке по копиру он применяется для точной установки электрода в плоскости копира.

Проволока располагается на катушке 2. Маховик 10 служит для поворота верхней части трактора в положение, удобное для сварки тавровых соединений. Флюс засыпают в бункер 11. Управление трактором осуществляется с пульта 12. Механизм подачи электродной проволоки (сварочная головка) состоит из редуктора с червячными и цилиндрическими зубчатыми передачами и двух роликов, подающих зажатую между ними проволоку. Для настройки на нужную скорость подачи редуктор снабжен сменными шестернями. Ско-

рость подачи сварочной проволоки и скорость сварки не зависят от напряжения на сварочной дуге и регулируются сменными шестернями.

Пульт управления встроен в корпус кронштейна и предназначен для управления работой автомата. На пульте управления установлены вольтметр V , амперметр A , кнопки управления Кн1 «Пуск», Кн2 «Стоп», Кн3 «Верх», Кн4 «Вниз» и резистор $R5$ для регулировки сварочного тока. Технические характеристики автомата приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Технические характеристики АДФ-1002

| Технические характеристики АДФ-1002 | Параметры |
|---|-------------|
| Напряжение сети | 380/50 |
| Номинальный сварочный ток, А | 1000 |
| Номинальный режим работы, ПВ % | 100 |
| Диаметр сплошной электродной проволоки, мм | 2-5 |
| Диапазон регулирования скорости подачи проволоки, м/ч | 60-362 |
| Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч | 12-120 |
| Угол наклона сварочной головки, град. | 0-45 |
| Масса электродной проволоки в кассете, кг | 15 |
| Емкость бункера для флюса, дм ³ | 6 |
| Масса автомата без электродной проволоки, флюса и источника питания, кг | 52 |
| Масса блока управления, кг | 37,5 |
| Габаритные размеры блока управления, мм | 460x375x331 |
| Габаритные размеры автомата, мм | 850x370x730 |

Работа автомата

Включают сварочный трансформатор и блок управления. Включение питания цепей управления автоматом проводится совместно с включением питания цепей управления сварочным трансформатором ТДФ-1001, автоматическим выключателем АВ, расположенным на лицевой панели блока управления сварочным трансформатором.

Кнопкой «Вниз» закорачивают электрод на свариваемое изделие.

Маховичком 10 включают фрикционную муфту ходового механизма.

Открывают шибер на бункере для подачи флюса.

Кнопкой «Пуск» включают сварочный ток. Между изделием и электродной проволокой возбуждается сварочная дуга и автомат начинает двигаться по свариваемому шву.

Для окончания сварки нажимают на кнопку «Стоп». Автомат останавливается, а сварочная дуга в течение 1-2 с, в зависимости от настройки реле времени, продолжает гореть. По истечении этого времени автоматически отключается сварочный ток.

Сварочный трансформатор ТДФ-1001

Для сварки используется сварочный трансформатор ТДФ-1001, предназначенный для питания дуги при сварке подслоем флюса однофазным пере-

менным током частотой 50 Гц. Трансформатор однокорпусного исполнения и рассчитан для работы в закрытых помещениях с повышенным магнитным рассеянием. Благодаря магнитному шунту с обмоткой подмагничивания внешняя характеристика трансформатора – падающая. Регулирование крутизны характеристики и силы сварочного тока – плавное, производится путем изменения тока подмагничивания шунта.

Технические характеристики трансформаторов приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Технические характеристики трансформатора ТДФ-1001

| Параметр | Единицы измерения | Величина |
|---------------------------------------|-------------------|----------|
| Номинальный сварочный ток | А | 1000 |
| Пределы регулирования сварочного тока | А | 400-1000 |
| Номинальный режим работы ПВ | % | 100 |
| рабочее | В | 44 |
| холостого хода | В | 71 |
| Номинальная мощность | кВа | 82 |
| габаритные размеры: | мм | |
| длина | | 1200 |
| ширина | | 830 |
| высота | | 1200 |
| Масса | кг | 720 |

Порядок выполнения работы

К работе допускаются студенты, которые прошли инструктаж по правилам техники безопасности.

1. Изучить устройство автомата АДФ-1002 и трансформатора ТДФ-1001, правила безопасной работы на них и порядок настройки на заданный технологический режим.

2. По указанию преподавателя выполнить сварку четырех швов на заданном сварочном токе (400,500,600 или 700 А), изменяя скорость сварки или напряжение на дуге. (Марка и диаметр электродной проволоки, марка флюса задаются преподавателем).

3. После полного остывания образцов очистить их от флюса и шлака. Замерить ширину шва l штангенциркулем и усиление шва q штангенрейсмусом с погрешностью не более 0,1 мм. Измерения производить не менее чем в трех местах на участках установившихся режимов сварки. В протокол занести средние арифметические значения указанных параметров.

4. Построить график зависимости величин l и q от скорости сварки.

Содержание отчета

1. Геометрические параметры зоны проплавления с указанием основных параметров.

2. Схема установки для автоматической сварки под флюсом.

3. Эскиз швов, выполненных на различных режимах.

4. График зависимости величин l и q от изменяемых параметров режима сварки.

5. Краткие выводы по работе, в которых следует обосновать влияние условий сварки на форму и размеры зоны плавления, сопоставить опытные и расчетные данные основных размеров швов, отметить особенности и преимущества автоматической сварки под флюсом перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность, особенности и применение автоматизированных способов сварки под слоем флюса.

2. В чем отличия полуавтоматической сварки от автоматической (схема, флюсы, проволока)?

3. Какое основное оборудование применяют для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом?

4. В чем преимущества автоматической и полуавтоматической сварки перед ручной?

5. Как выбрать режимы сварки? Какие параметры режима сварки под флюсом относятся к основным?

6. Как влияет сварочный ток, напряжение дуги и скорость сварки на форму шва?

7. Какой род тока применяют при сварке под флюсом и в каких случаях?

8. Как влияет полярность на глубину проплавления и скорость плавления электродной проволоки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ВОЛЬФРАМОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Цели работы:

1. Практическое ознакомление с аппаратурой для ручной дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом.
2. Ознакомление с назначением, устройством и техническими данными осциллятора.
3. Ознакомление с назначением, устройством и техническими данными газового оборудования рабочего поста для сварки вольфрамовым электродом в среде инертных газов.
4. Приобретение практических навыков выполнения сварных швов.

2.1. Общие сведения

Сварка в среде инертных газов неплавящимся вольфрамовым электродом широко применяется в авиационно-космической отрасли для получения высококачественных неразъемных соединений из легированных сталей, сплавов на основе алюминия, титана, меди и др.

Сварка в инертных газах производится неплавящимся вольфрамовым электродом или плавящимся электродом, по химическому составу близким к составу свариваемого металла. Она осуществляется вручную, полуавтоматически и автоматически.

Этот вид сварки удобен для выполнения сварных соединений в любых пространственных положениях, легко поддается механизации, позволяет наблюдать за сварочной ванной в процессе работы, имеет довольно высокую производительность, достигающую при ручной сварке 40-50 м/ч, при автоматической – 200 м/ч.

При ручной дуговой сварке в среде инертного газа (рис. 2.1) кромки свариваемого изделия и присадочного металла расплавляются дугой, горящей между неплавящимся электродом и изделием. Дуга, сварочная ванна, торец присадочной проволоки и кристаллизующийся шов защищены от воздуха инертным газом, подаваемым в зону сварки горелкой.



Рис. 2.1. Схема процесса ручной дуговой сварки в среде инертных газов

2.2. Технологические особенности сварки неплавящимся вольфрамовым электродом

К основным технологическим параметрам процесса относятся:

- род, полярность и величина сварочного тока;
- длина дуги;
- размер и форма торца вольфрамового электрода;
- вид защитного газа и способ защиты сварочной ванны.

Защитные газы и их характеристика

В качестве защитных газов при аргонно-дуговой сварке неплавящимся электродом применяют инертные газы и их смеси (табл. 2.1). Защитный газ выбирают с учетом способа сварки, свойств свариваемого металла, а также требований, предъявляемых к сварным швам.

Инертными называют газы, не способные к химическим реакциям и практически не растворимые в металлах. Поэтому их применяют при сварке химически активных металлов и сплавов на их основе (алюминий, алюминий-евые и магниевые сплавы, легированные стали различных марок).

При сварке используются такие инертные газы как аргон (Ar), гелий (He) и их смеси.

Таблица 2.1. **Физические свойства защитных газов**

| Газ | Плотность кг/м ³ | Теплоемкость, Дж/г °С | Теплопроводность, Вт/м °С | Потенциал ионизации, эВ |
|-----|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Ar | 1,783 | 0,524 | 0,19 | 15,76 |
| He | 0,178 | 5,242 | 1,66 | 24,58 |

Аргон – наиболее применяемый газ. Тяжелее воздуха и не образует с ним взрывчатых смесей. Промышленность выпускает аргон трех сортов, поставляемых в газообразном состоянии. По ГОСТ 10157-79 газообразный аргон.

А) Аргон высшего сорта (не менее 99,99 % Аг) предназначен для сварки активных и редких металлов и их сплавов (титана, циркония, молибдена и др.), а также особо ответственных изделий из высоколегированных сталей.

Б) Аргон 1-го сорта (не менее 99,98 % Аг) сваривают изделия из алюминиевых и магниевых сплавов.

В) Аргон 2-го сорта (не менее 99,95 % Аг) используют для сварки чистого алюминия, жаропрочных сплавов, коррозионно стойких и конструкционных сталей.

Гелий – бесцветный, неядовитый, негорючий и невзрывоопасный газ. Значительно легче воздуха и аргона, что понижает эффективность защиты сварочной ванны при сварке в нижнем положении, но способствует лучшей защите при сварке в потолочном положении. Гелий используется реже, чем аргон, из-за дефицитности и высокой стоимости. Однако, из-за высокого потенциала ионизации, при одном и том же значении тока дуга в гелии выделяет в 1,5-2 раза больше энергии, чем в аргоне. Это способствует более глубокому проплавлению металла и значительно повышает скорость сварки.

Гелий для сварки поставляется по ТУ51-689-75 двух сортов: высокой чистоты (99,98 % He) и технический (99,8 % He). Применяют его в основном при сварке химически чистых и активных материалов и сплавов, а также сплавов на основе алюминия и магния. Часто используются смеси аргона и гелия, причем оптимальным составом считается смесь, содержащая 35-40% аргона и 60-65% гелия. В смеси в полной мере реализуются преимущества обоих газов: аргон обеспечивает стабильность горения дуги, гелий – высокую степень проплавления.

Главная цель подачи инертного газа состоит в осуществлении защиты металлов от воздействия на них кислорода воздуха. Защитные газы, которые подаются через сопло, вытесняют воздух и защищают, таким образом, сварочную ванну и электрод.

Широкий диапазон используемых защитных газов, обладающих значительно различающимися теплофизическими свойствами, обуславливает большие технологические возможности этого способа как в отношении свариваемых металлов (практически всех), так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров). Свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги и форму швов. Если попробовать сваривать деталь без аргона – алюминий попросту начнет гореть, трещать и покрываться коркой.

Данный способ сварки активно используют при изготовлении конструкций из легких металлов и тугоплавких сплавов, а также в аргонодуговой сварке сталей. В последнем случае эффективно смешивание аргона с други-

ми горючими газами (углекислым с кислородом). В данной смеси электрическая дуга обладает лучшими технологическими качествами, обеспечивающими ее устойчивое горение с должным формированием шва.

Для улучшения борьбы с пористостью к аргону иногда добавляют кислород в количестве 3-5%. При этом защита металла становится более активной. Чистый аргон не защищает металл от загрязнений, влаги и других включений, попавших в зону сварки из свариваемых кромок или присадочного металла. Кислород же, вступая в химические реакции с вредными примесями, обеспечивает их выгорание или превращение в соединения, всплывающие на поверхность сварочной ванны. Это предотвращает пористость.

В отдельных случаях бывает целесообразна замена аргона на гелий. Однако по сравнению с аргонem гелий имеет более высокий потенциал ионизации и большую теплопроводность. Поэтому дуга в гелии более «мягкая». При равных условиях дуга в гелии имеет более высокое напряжение, а образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Кроме того, гелий легче воздуха и аргона, что требует для хорошей защиты зоны сварки повышенного его расхода (1,5-3 раза). Гелий имеет более высокую стоимость. В связи с этим гелий целесообразно использовать при сварке тонколистового металла.

Аргон, и особенно гелий, обладая высокими потенциалами ионизации, затрудняют первоначальное возбуждение дуги. Однако напряженность поля в столбе дуги и инертных газов имеет сравнительно низкое значение (10-24 В/см), и поэтому дуговой разряд в этих газах отличается высокой стабильностью. Статические характеристики такой дуги в аргоне и его смеси с гелием имеют вид, представленный на рисунке 2.2.

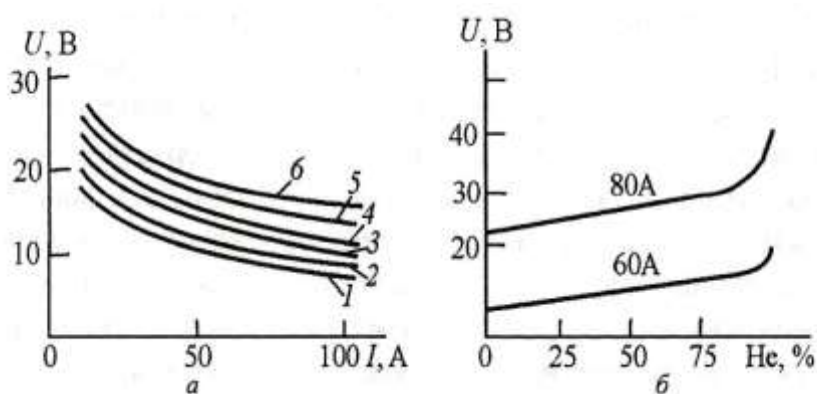


Рис. 2.2. Вольт-амперная характеристика вольфрамовых дуг длиной, мм: 1-1,5; 2-2,5; 3-5; 4-10; 5-18; 6-25, горящих в аргоне (а) и смеси аргона и гелия (б)

Напряжение дуги, горящей в гелии, в 1,5-2 раза выше, чем в аргоне. Поэтому при одинаковом токе дуга в гелии обладает большей тепловой мощностью. Она и менее концентрирована, обеспечивает более равномерную форму проплавления, чем дуга в аргоне. Последняя обеспечивает большую глу-

бину проплавления в центре (рис. 2.3). В производстве сварных конструкций применяются три основных способа защиты свариваемого узла или зоны сварки от взаимодействия с воздухом: общая защита, местная защита и струйная защита.

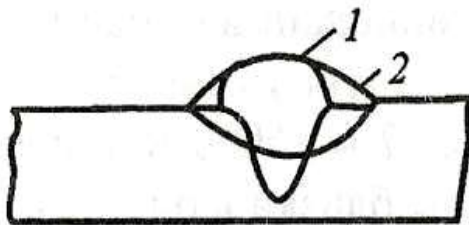


Рис. 2.3. Изменение формы проплавления в зависимости от вида защитного газа:

1 – аргон; 2 – гелий

При общей защите свариваемый узел полностью помещают в камеру, которая затем вакуумируется до разряжения порядка 10^{-2} Па (для удаления воздуха) и заполняется защитным газом. При работе сварщик находится вне камеры. Сварку выполняют вручную, используя рукава-перчатки, соединенные с корпусом камеры, или автоматически с дистанционным управлением. Применение камер с общей защитой всего узла обеспечивает наиболее надежную защиту нагретого и расплавленного металла от взаимодействия с воздухом. Основные недостатки этих камер – ограниченный объем и относительная сложность эксплуатации.

Для изготовления крупногабаритных конструкций применяются обитаемые камеры с инертной атмосферой. В этом случае сварщик находится внутри камеры в специальном скафандре.

В опытном или единичном производстве применение камер с общей защитой, и тем более обитаемых, нецелесообразно из экономических соображений. В этих случаях для защиты металла шва и околошовной зоны применяют местные защитные камеры, которые устанавливают на свариваемые узлы с обеспечением герметичности разъемов при перемещении заготовок.

Наиболее широко в сварочном производстве используется струйная защита, при которой инертные газы подают в зону сварки для оттеснения воздуха от нагретого и расплавленного металла. Как правило, вытекающая из сопла горелки сплошная струя защитного газа симметрична оси электрода.

Защита надежна только в пределах ядра потока. Расстояние между торцом сопла горелки и свариваемой деталью должно составлять 7-15 мм. Наклон горелки углом вперед улучшает защиту сварки, но при больших углах наклона горелки и повышенных скоростях истечения защитного газа возникает подсос воздуха в зону сварки. Истечение газа по всему сечению сопла должно быть равномерным. Для этого внутри горелки устанавливают линзы, поддерживающие ламинарный поток.

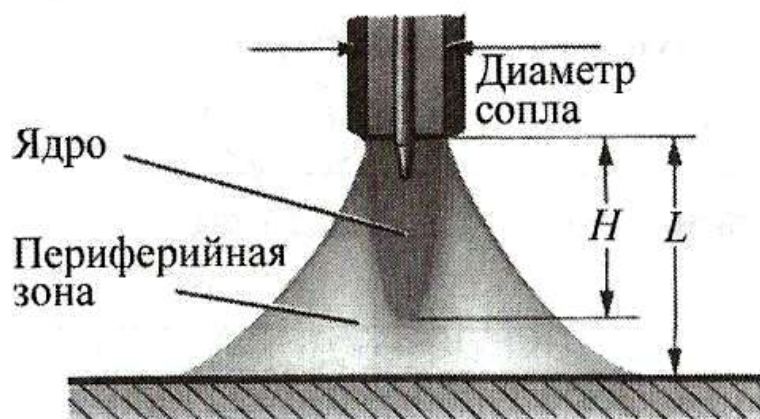


Рис. 2.4. Истечение защитного газа из сопла горелки.
 H – длина ядра потока, L – расстояние от сопла

При ветре или сквозняке (рис. 2.5) эффективность защиты определяется жесткостью струи газа и ее размером. Жесткость струи зависит от рода газа и растет с увеличением скорости его истечения. Поэтому при увеличении диаметра сопла необходимо одновременно повышать расход газа.

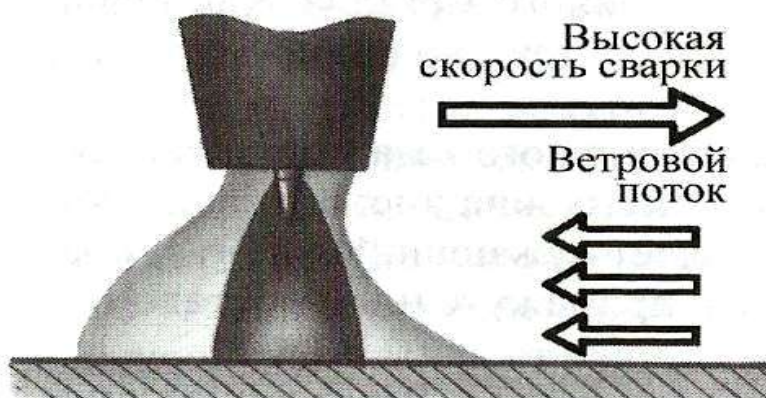


Рис. 2.5. Нарушение газовой защиты

Для улучшения защиты при сварке на ветру и на повышенных скоростях увеличивают расход газа и диаметр сопла, а также приближают горелку к детали. Для ограждения от ветра зону сварки закрывают малогабаритными экранами, укрепленными на детали, или переносными укрытиями.

Неплавящиеся электроды, используемые при аргонодуговой сварке

Неплавящиеся электроды служат только для поддержания горения дуги. Они являются источниками заряженных частиц – электронов в дуговом промежутке. Плотность тока термоэлектронной эмиссии с катода резко возрастает с увеличением его температуры (закон Ричардсона-Дешмана).

Для изготовления неплавящегося электрода используется обычно вольфрам с легирующими добавками, увеличивающими его эмиссионную стойкость, а также способность и стойкость к окислению. В качестве неплавящегося также используют угольный (графитовый) электрод.

Вольфрам является исключительно тугоплавким металлом. Плавление его начинается при 3410°С, а кипение – при 5900°С. Уникальность данного металла в том, что даже раскаленный докрасна, он также тверд. Во время сварки требуется ничтожно малое количество вольфрама (на 1 метр сварного шва – сотые доли грамма).

Нагретый вольфрам энергично взаимодействует с кислородом и окисляется, превращаясь в порошок. Поэтому электроды из вольфрама нельзя применять при сварке на воздухе или другой окислительной среде (например, в углекислом газе). Они применимы только для сварки в инертных газах. Кроме того, существенным недостатком электродов из технически чистого вольфрама является невысокая стойкость их торцев при сварке. Повышение стойкости электрода против оплавления торца, уменьшение количества вольфрамовых включений в шве, стабилизация дугового разряда достигаются добавкой в порошок вольфрама перед прессованием 1,5-2% оксидов лантана (La₂O₃) или иттрия (Y₂O₃) и тантала (Ta). Электроды, изготовленные из такого материала, называют *лантанированными* или *иттрированными* соответственно. Неплавящиеся вольфрамовые электроды для дуговой сварки в защитных газах изготавливаются 4-х типов (согласно [ГОСТ 23949-80](#)): ЭВЧ – чистый вольфрам без специальных добавок; ЭВЛ – вольфрам с добавкой окиси лантана (1,1-1,4%); ЭВИ – вольфрам с добавкой окиси иттрия (1,5-3,5%); ЭВТ – вольфрам с добавкой двуокиси тория (1,5-2%).

Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от его марки, величины и рода сварочного тока. Электроды ЭВЧ используют для сварки на переменном токе, а прочие – для сварки на переменном и постоянном токах прямой и обратной полярности.

Таблица 2.2. Вольфрамовые электроды (ГОСТ 23949-80)

| Марка | Номинальный диаметр, мм | Предельное отклонение, % | Длина, мм |
|----------------|--|--------------------------|----------------------------------|
| ЭВЧ | 0,5 | ± 0,2 | Не менее 3000 в мотках |
| | 1,0; 1,6; 2,0; 2,5 | ± 0,1 | 75±1; 150±1 |
| | 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 | ± 0,2 | 200± 2; 300± 2 |
| ЭВЛ | 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 | ± 0,1 | 75± 1; 150 ±1 |
| | 5,0; 6,0; 8,0, 10,0 | ± 0,2 | 200 ±2; 300 ±2 |
| ЭВИ-1 | 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 | ± 0,2 | 75 ±1; 150 ±1 |
| | 8,0; 10,0 | ± 0,1 | 200± 2; 300 ±2 |
| ЭВИ-2 ЭВИ-3 | 2,0; 3,0; 4,0 ; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 | ± 0,15 | 75 ±1;150 ±1; 200 ±2; 300 ±2 |
| ЭВТ-15 | 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 | ± 0,15 | 75 ±1; 150 ±1; 200 ±2; 300 ±2 |

Зависимость между максимально допустимым сварочным током $I_{св}$ (А) и диаметром электрода $d_э$ (мм) при сварке на постоянном токе прямой полярности выражается формулой:

$$I_{св} = 65 \sqrt{d_э^3},$$

В таблице 2.3 приведена токовая нагрузка для различных марок и диаметров электродов при аргонодуговой сварке по ГОСТ 23949-80 «Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся».

Наилучшими сварочными характеристиками обладают иттрированные электроды ЭВИ-3, они дают возможность работать на относительно больших плотностях тока (до 50 А/мм²) при меньшем расходе вольфрама.

По внешней поверхности вольфрамового электрода после сварки можно косвенно судить о режимах сварки. Так, боковая поверхность и конец электрода при правильном выборе параметров режима сварки и размеров электрода должны сохранять исходный блестящий цвет. Матовая поверхность означает, что тепловая нагрузка на электрод превышает рекомендуемую. Если поверхность электрода после сварки приобретает синий, черный цвет или имеет зеленый налет, это означает, что расход аргона недостаточен или время продувки аргона после отключения мало.

Таблица 2.3. Токовая нагрузка для электродов при аргонодуговой сварке (ГОСТ 23949-80)

| Марка | Содержание добавки, % | Маркировка торцов прутков | Диаметр прутков, мм | Длина прутков, мм | Допустима токовая нагрузка, А, при диаметре, мм | | | |
|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|---|-----|-----|-----|
| | | | | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЭВЛ (ВЛ-10) | 1,1-1,4 | Черный | 1,0-4,0 | 75; 150 | 20 | 190 | 380 | 590 |
| ЭВИ-1 (СВИ-1) | 1,5-2,3 | Синий | 5,0-10,0 | 200; 300 | 90 | 250 | 490 | 720 |
| ЭВИ-2 | 2,0-3,0 | Фиолетовый | 1,4-4,0 | 75; 150 | - | - | - | 900 |
| ЭВИ-3 | 2,5-3,5 | Зеленый | - | 200; 300 | 180 | 320 | 610 | - |

Выбрать диаметр вольфрамового электрода (что определяет и величину тока) можно по толщине свариваемых заготовок согласно зависимости, приведенной на рисунке 2.6.

Заточка вольфрамового электрода (схема приведена на рис. 2.7) влияет на технологические свойства дуги. При уменьшении диаметра притупления повышается концентрация теплового потока, растет давление дуги и плотность тока. При сварке электродом, имеющим притупление, вероятность появления непроваров из-за несоосности электрода и линии стыка снижается.

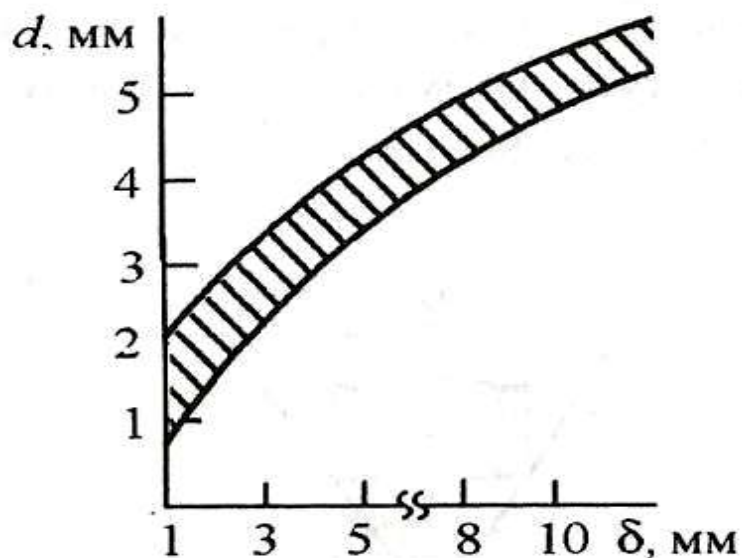


Рис. 2.6. Рекомендуемые диаметры вольфрамовых электродов d в зависимости от толщины свариваемого металла

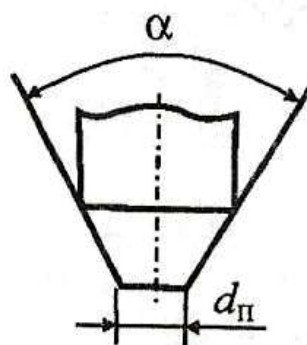


Рис. 2.7. Схема заточки электрода: $d_{\text{п}}$ — диаметр притупления; α — угол заточки

Изменение угла заточки приводит к изменению формы и размеров столба дуги. На практике используют электроды с заточкой под углом $45-60^\circ$. При меньших углах снижается ресурс работы электрода, а при углах больше 90° возможно неустойчивое горение дуги из-за блуждания катодного пятна на торцевой поверхности. Оптимальную геометрию рабочего конца электрода определяют опытным путем.

Выбор параметров технологического процесса сварки

Сварочный ток выбирают с учетом опыта работы, заключающимся в следующем. Сварка постоянным током прямой полярности характеризуется максимальной проплавляющей способностью. В диапазоне токов до 600 А доля тепловой мощности, вводимой в изделие, составляет 60-80%, потери на нагрев вольфрамового электрода — около 5%, а лучевые потери от столба дуги — 5-35%.

При сварке постоянным током обратной полярности потери на нагрев неплавящегося электрода — анода — составляют около 50% общей мощности

дуги. Поэтому с энергетической точки зрения сварка током обратной полярности невыгодна. Концентрация нагрева в этом случае ниже, швы имеют меньшую глубину и большую ширину проплавления, чем при сварке на прямой полярности или переменным током. Преимуществом сварки дугой обратной полярности является эффективное разрушение оксидных пленок с обеспечением высокой чистоты поверхности сварочной ванны из-за развития катодного распыления. Процесс характеризуется хорошим сплавлением основного и присадочного металлов даже при некачественной подготовке поверхности изделий под сварку.

Сварка переменным током – наиболее распространенный процесс при изготовлении конструкций из алюминиевых и магниевых сплавов. Поверхность от оксидов, в этом случае, очищается в полупериоды обратной полярности. В полупериоды, когда катодное пятно находится на поверхности сварочной ванны (обратная полярность), интенсивно падает температура активного пятна в связи с отводом теплоты в массу основного металла, термоэлектронная эмиссия затрудняется. В этом случае для возбуждения дуги требуется более высокое напряжение и дуга будет гореть при большем значении напряжения, чем в предыдущий период. При сварке на малых токах в полупериоды обратной полярности возбуждения дуги может не произойти. Это резко ухудшает стабильность ее горения. Поэтому установки для сварки на переменном токе вольфрамовым электродом должны содержать устройства: стабилизаторы, импульсные возбудители, батареи конденсаторов и т.д.

Сварочный ток и скорость сварки определяют необходимое тепло и выбираются в зависимости от состава и толщины свариваемого металла. При увеличении сварочного тока скорость сварки линейно растет. Максимально возможная скорость сварки ограничена в связи с появлением подрезов. Несответствие между сварочным током и скоростью сварки вызывает чрезмерное проплавление или непровары. При больших скоростях сварки наблюдается образование газовых полостей в швах.

Длина дуги является одним из основных параметров, влияющих на формирование шва и проплавляющую способность дуги. Она выбирается в зависимости от типа соединения, марки и толщины металла. Для сварки без присадочной проволоки длина дуги устанавливается от 0,5 до 2 мм, при использовании присадки увеличивается до 3-4 мм. С удлинением дуги линейно растет напряжение дуги, увеличивается ее диаметр и пятно нагрева; глубина проплавления несколько уменьшается, а ширина шва интенсивно возрастает. Оптимальная длина дуги составляет 1,5-3 мм, что соответствует напряжению на дуге 11-14 В.

Техника сварки. При ручной сварке встык металла небольших толщин (до ~ 4 мм) обычно применяют левый способ (углом вперед). Угол между горелкой и изделием уменьшают до 60° при уменьшении толщины свариваемого материала. При сварке толстого металла применяют правый способ, а угол между горелкой и изделием, так же как и при сварке угловых соединений, равен ~ 90°. Присадочная проволока вводится после образования сварочной

ванны. Для равномерного расплавления присадочную проволоку нужно держать под углом $10-15^\circ$ к свариваемому изделию и не в столбе дуги, а несколько сбоку – чтобы расплавленный металл не попал на конец вольфрамового электрода (рис. 2.8).

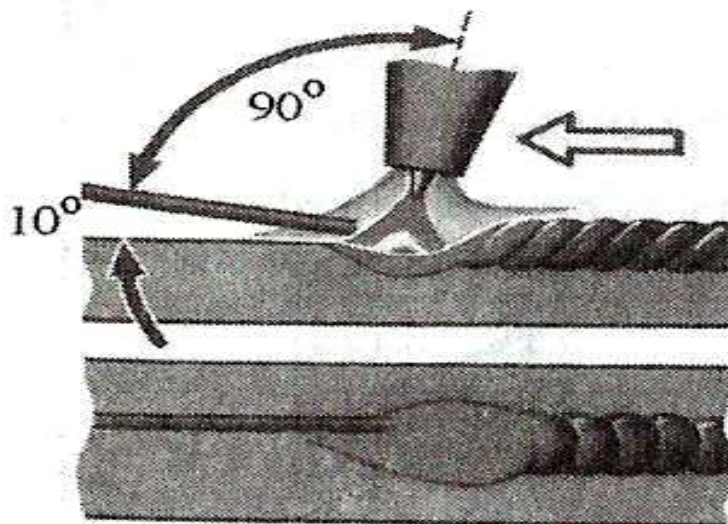


Рис. 2.8. Схема введения присадочного прутка в сварочную ванну

При сварке тонколистового материала присадочный пруток следует держать неподвижно, направляя его вдоль свариваемого стыка или подавать в зону сварки возвратно-поступательными движениями; при сварке толстого металла с разделкой кромок – с поступательно-поперечными (схема движения приведена на рисунке 2.9). При сварке больших толщин рекомендуется многопроходный способ заполнения разделки узкими валиками без значительных (на всю ширину разделки) поперечных колебаний.

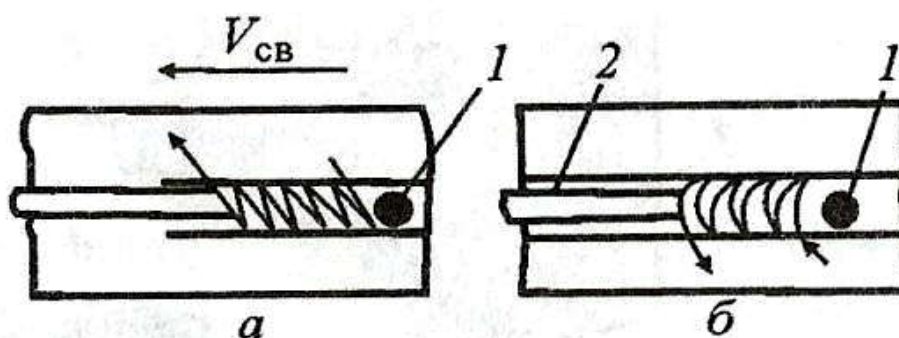


Рис. 2.9. Схема подачи присадочного прутка в зону дуги при сварке тонколистового металла без разделки кромок (а); с разделкой кромок (б)
1 – электрод; 2 – присадочная проволока

Вылет конца электрода из сопла не должен превышать 3-5 мм и несколько увеличивается при сварке угловых и стыковых швов с глубокой разделкой. Длина дуги должна поддерживаться в пределах 1,5-2,5 мм. Для предупреждения провара в начале и конце шва рекомендуется применять выводные планки. Обрыв дуги следует производить с постепенным ее удлинением.

*Технологическое оборудование для ручной дуговой сварки
неплавящимся электродом*

В состав оборудования для ручной сварки вольфрамовым электродом входят: источник сварочного тока, сварочная горелка, устройство для возбуждения сварочной дуги, аппаратура управления сварочным циклом и газовой защитой.

Основным требованием, предъявляемым к источникам питания для ручной сварки вольфрамовым электродом, является наличие крутопадающей внешней статической характеристики. Она обеспечивает стабильность сварочного тока при колебаниях длины дуги и, как следствие этого, устойчивость процесса сварки.

При сварке на переменном токе применяют сварочные трансформаторы с напряжением холостого хода (70-80 В). При высоких напряжениях дуги, например, при сварке в гелии, или при малых токах напряжение холостого хода может достигать 120 В. В этом случае для большей безопасности применяют ограничители напряжения холостого хода.

При сварке на постоянном токе используют любой источник постоянного тока: сварочный преобразователь, выпрямитель, сварочный агрегат, инверторный источник или специальные источники и установки.

Простейшим регулятором сварочного тока является балластный реостат. Балластный реостат в сварочной цепи обеспечивает формирование крутопадающей характеристики.

Оборудование для ручной сварки переменным током, кроме основных узлов, входящих в состав оборудования постоянного тока, включает: устройство для стабилизации горения дуги (стабилизатор), устройство для компенсации и регулирования постоянной составляющей сварочного тока.

Обычно основные узлы, кроме горелки, конструктивно объединены. Такое устройство, снабженное горелкой (или комплектом горелок на разные токи), называется *установкой*.

Сварочные горелки по способу охлаждения делятся на *горелки с естественным и водяным охлаждением*. Общий вид сварочной горелки для ручной сварки приведен на рисунке 2.10.

Горелки для ручной сварки (рис. 2.10) должны быть легкими и удобными. Они имеют различные конструкции в соответствии с их назначением.

Горелки для ручной сварки выпускаются на токи до 500 А. При значении сварочного тока свыше 150 А и для сварки длинных швов нужно применять горелки с водяным охлаждением.



Рис. 2.10. Горелка для ручной сварки

Для сварки в смеси газов (аргон + углекислый газ) используют горелки АДГ-2 и ГД-2.

Устройства для первоначального возбуждения дуги делятся на два класса: устройства возбуждения дуги от короткого замыкания касанием и устройства возбуждения дуги через зазор. Устройства для возбуждения дуги касанием должны обеспечивать малый ток короткого замыкания, поддержание тока на этом уровне до момента образования дуги, лишь затем его плавное нарастание до рабочего. Такое устройство является неотъемлемой частью источника сварочного тока. Главное достоинство возбуждения дуги касанием – отсутствие высоковольтных устройств и вызываемых ими при пробое дугового промежутка радиопомех. Такой системой возбуждения дуги снабжены установка УДГ-201, автоматы АДГ-201 и АДГ-301. Благодаря широкому применению тиристорных и транзисторных источников сварочного тока возбуждение дуги касанием считается более перспективным. Однако из-за опасности образования вольфрамовых включений и усложнения сварочной головки пока более широкое распространение для ручной автоматической сварки получил способ возбуждения дуги путем пробоя промежутка высоковольтными импульсами с помощью осцилляторов.

Осцилляторы применяются для облегчения зажигания сварочной дуги и повышения ее устойчивости при переходе тока через ноль. Осциллятор под-

ключается параллельно или последовательно сварочной дуге (рис. 2.11), с помощью осциллятора создается ток высокого напряжения и повышенной частоты. Повышение напряжения вызывает увеличение сварочного тока, а повышение частоты тока уменьшает период времени, в течение которого напряжение и ток имеют минимальные значения.

Осциллятор состоит из повышающего трансформатора, преобразователя частоты и устройства ввода высокого напряжения в цепь дуги (рис. 2.12).

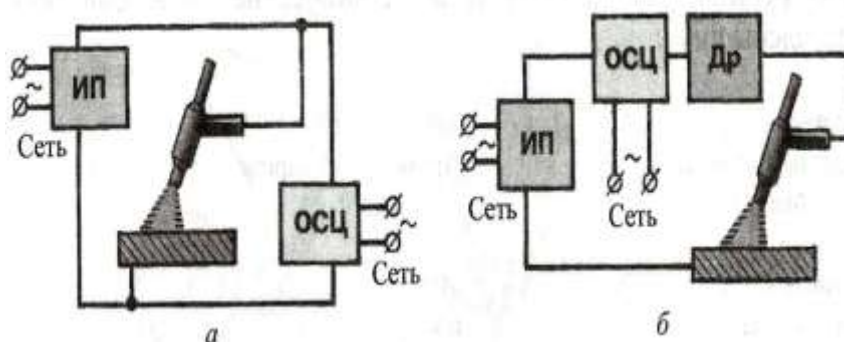


Рис. 2.11. Схема включения в цепь осциллятора

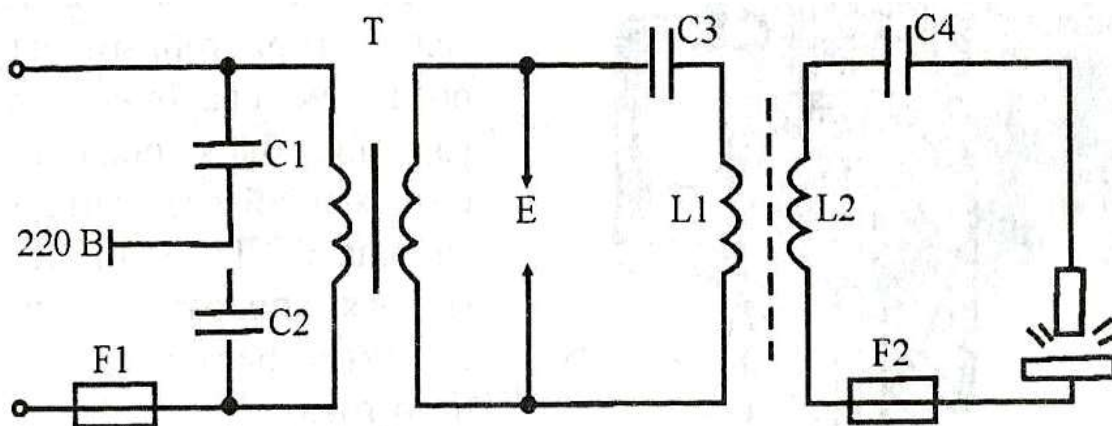


Рис. 2.12. Принципиальная электрическая схема осциллятора:
 С1-С4 – конденсаторы; F1, F2 – предохранители; Т – трансформатор;
 L1 и L2 – катушки индуктивности; Е – разрядник

Аппаратура для использования защитных газов включает баллоны, регуляторы (редукторы), расходомеры газа, смесители защитных газов, газовые клапаны-экономизаторы.

Для хранения, транспортирования и раздачи на сварочные посты инертных газов используют в основном *стальные баллоны* вместимостью 40 л.

Аргон и гелий находятся в баллонах при давлении $15 \pm 0,5$ МПа и температуре 20°C в газообразном состоянии. Объем газа составляет $6,2 \text{ м}^3$.

Баллоны для аргона окрашены в серый цвет с зеленой надписью, для гелия – в коричневый цвет с белой надписью. На баллонах устанавливаются вентили ВК-74, они являются запорными приспособлениями при наполнении, хранении и расходовании газов (рис. 2.13).

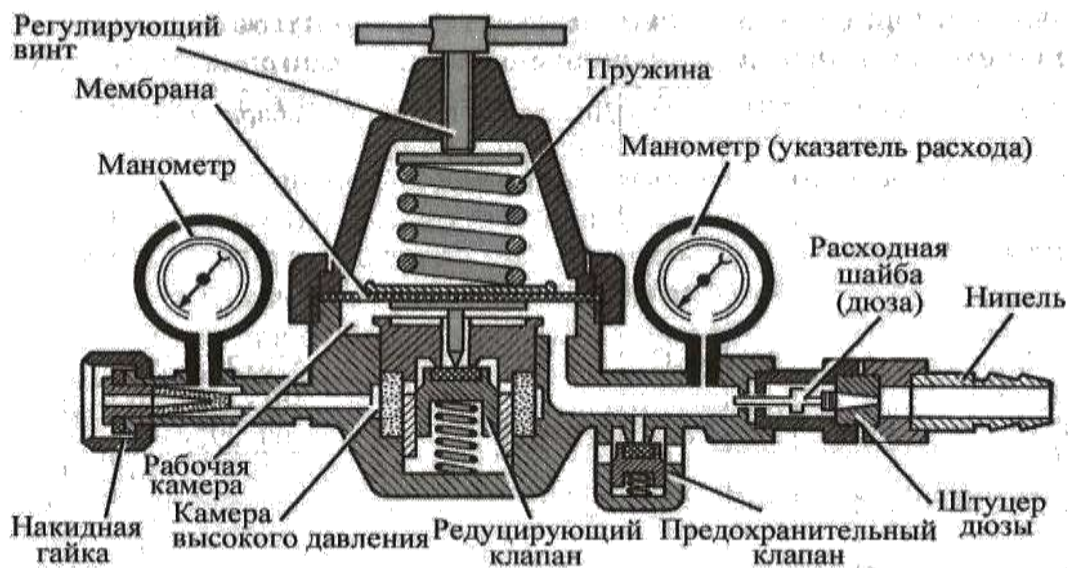


Рис. 2.13. Вентиль баллона

На баллонах устанавливаются вентили ВК-74, они являются запорными приспособлениями при наполнении, хранении и расходовании газов (рис. 2.13).

Регулятор (редуктор) предназначен для понижения давления газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания заданного расхода газа постоянным. Регулятор присоединяется к вентилю баллона с помощью накидной гайки с резьбой. Давление газа и его расход регулируют вращением регулировочного винта. Отбор газа происходит через ниппель, к которому присоединен шланг. Устройство регуляторов приведено на рисунке 2.14.

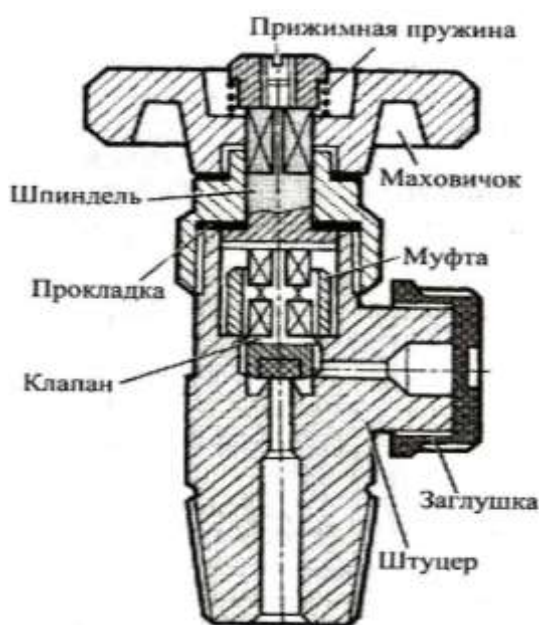


Рис. 2.14. Устройство регулятора

Промышленность серийно выпускает *установку для ручной сварки* на постоянном токе типа УПС-301У4. В нее входят: сварочный выпрямитель с тиристорным регулированием сварочного тока, горелки, блок поджигания, содержащий возбудитель дуги типа УПД-1 или ВИС-501, газовая аппаратура, дистанционный регулятор сварочного тока.

Установка УДГ-161 предназначена для сварки коррозионностойких сталей постоянным током. Защитный газ подается за 1-2 с до начала сварки и прекращается через 10 с после ее окончания. Дистанционный пульт управления позволяет с расстояния 10 м регулировать режим сварки, изменять время заварки кратера, управлять газовым клапаном и встроенным осциллятором.

Установка УДГ-501-1 предназначена для сварки переменным током алюминия и его сплавов. У этого аппарата две ступени плавного регулирования сварочного тока. Время заварки кратера от 0 до 30 с, после чего ток автоматически отключается.

Порядок проведения работы

1. Изучить оборудование для сварочного поста ручной дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде аргона.

Выполнить сварку стыковых соединений из заданных материалов (сталь, алюминий, титан, медь) на режимах, указанных преподавателем.

2. При определении максимально допустимого сварочного тока в зависимости от диаметра выполнить следующие операции:

3. Закрепить в горелке вольфрамовый электрод диаметром 1,5 мм (конец электрода должен быть заточен под углом 60°);

4. Установить длину дуги 2 мм, расход аргона 5 л/мин, сварочный ток 20 А;

5. Возбудить сварочную дугу на токе прямой полярности;

6. Увеличивая сварочный ток и наблюдая за дугой через сварочный щиток, заметить момент начала оплавления конца вольфрамового электрода, отметить величину сварочного тока и напряжения дуги;

7. Переменив полярность тока, повторить опыт. Аналогично провести опыт для электродов диаметром 2 и 3 мм;

8. По результатам опытов построить график зависимости допустимого сварочного тока от диаметра электрода.

9. Построить статическую характеристику дуги. Для этого необходимо:

- установить расход аргона 5 л/мин;

- возбудить дугу на пластине из нержавеющей стали;

- сварочный ток менять в пределах 50-150 А при длине дуги 2,5 и 8 мм.

Опыты проводить на постоянном токе прямой и обратной полярности. Полученные результаты занести в таблицу 2.4. По результатам опыта построить график.

10. По пятну нагрева исследовать влияние диаметра сопла сварочной горелки, расстояния l от сопла до свариваемой пластины и расхода аргона Q на качество защиты. Для этого зажечь дугу и держать в намеченной точке планки до тех пор, пока сварочная ванна не достигнет размера примерно диаметра 10 мм при выполнении пробы на токе 150 А и диаметра 20 мм при токе 200 А

и более. Затем погасить дугу путём выключения сварочного тока и охладить сварочную ванну под защитой газа, истекающего из сопла горелки, в течение не менее 15 с. Если после охлаждения поверхность пятна серебристого цвета, то качество защиты хорошее; светло-соломенного – допустимое; синего, серого – недопустимое.

При определении влияния диаметра сопла d_c использовать три типоразмера сопел с диаметрами 10, 16 и 20 мм. Расстояние от планки до сопла поддерживать равным 10 мм. Сварочный ток 150 А, расход аргона в горелке 10 л/мин. При определении влияния расстояния от сопла до планки изменять l_6 в пределах 5-25 мм (через каждые 5 мм), используя сопло диаметром 16 мм. При определении влияния расхода аргона Q на качество защиты задавать следующие значения Q : 2, 5, 10, 15 и 20 л/мин при $d_c = 16$ мм, $l = 10$ мм. Сварочный ток должен составлять 150 А.

Результаты испытаний занести в таблицу:

Таблица 2.4. Результаты проведенных экспериментальных исследований

| № | Параметры режима | | | | | Цвет поверхности | | Заключение |
|---|------------------|-----------|-------------|------------|----------|------------------|------------------|------------|
| | $I_{св}$, А | U_d , В | Q , л/мин | d_c , мм | l , мм | шва | околошовной зоны | |
| | | | | | | | | |

11. Разработать технологию сварки заданного преподавателем узла.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Основные положения технологии сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертных газов.
2. Краткое описание оборудования сварочного поста. Схема поста.
3. Методика проведения экспериментальных исследований по определению допустимого сварочного тока; построению статической характеристики дуги; изучению условий качественной защиты шва, их результаты в виде таблицы и графиков.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте сущность процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов.
2. Назовите область применения, преимущества и недостатки сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов.
3. Назовите основные физические свойства аргона и гелия.
4. Какие инертные газы рекомендуются для дуговой сварки различных металлов?
5. Как влияют на форму проплавления аргон и гелий?

6. В чем различие защитных свойств аргона и гелия и как следует учитывать его при сварке?
7. С какой целью применяют смеси защитных газов при дуговой сварке вольфрамовым электродом?
8. Что такое ядро струи защитного газа?
9. Какие факторы влияют на эффективность струйной защиты при сварке?
10. От чего зависит расход защитного газа при сварке и как он определяется?
10. Какими основными свойствами обладает вольфрам?
11. Каким способом повышают стойкость вольфрамовых электродов?
12. Особенности свариваемости алюминия и его сплавов.
13. Свойства оксидов, образующихся на поверхности алюминия, и их влияние на свариваемость.
14. Какие способы разрушения оксидов алюминия при сварке вы знаете?
15. Чем обусловлена возможность несплавления и появления трещин в корневой части шва при односторонней сварке?
16. Назовите и обоснуйте основные способы подготовки поверхностей алюминия и его сплавов под сварку.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Цель работы:

1. Ознакомиться с технологическим оборудованием для автоматической сварки плавящим электродом в углекислом газе и процессом сварки.
2. Ознакомиться с назначением, устройством и техническими данными газового оборудования рабочего поста для сварки в углекислом газе.
3. Приобретение практических навыков выполнения сварных швов.
4. Исследование влияния параметров режима сварки на коэффициент расплавления (a_p), наплавки (a_n), потерь на угар и разбрызгивание.
5. Исследование влияния технологических параметров режима сварки на геометрические размеры сварного шва и выбор режима сварки.

3.1. Сущность процесса сварки в углекислом газе

Сварка в углекислом газе осуществляется плавящимся электродом. Дуга, металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизующийся шов защищены от воздействия воздуха углекислым газом, подаваемым в зону сварки горелкой.

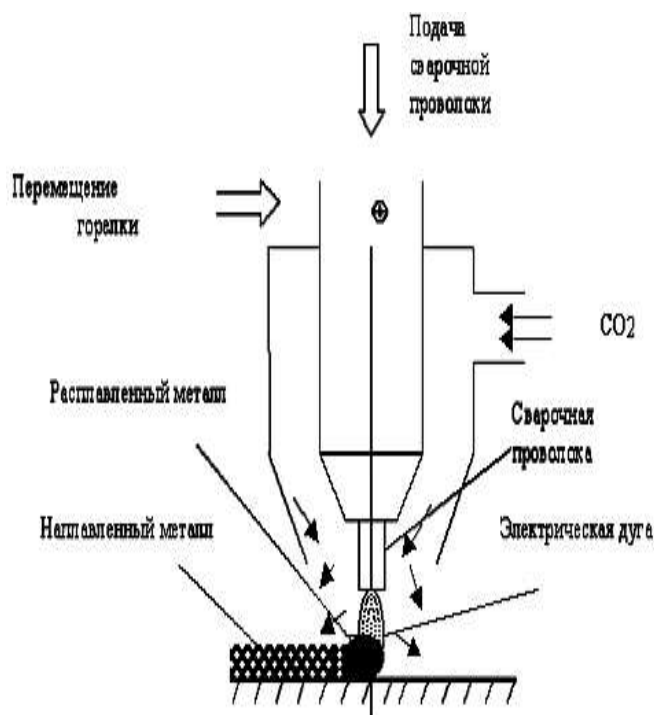
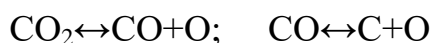
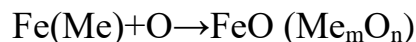


Рис. 3.1. Схема сварки в углекислом газе

Под действием теплоты сварочной дуги углекислый газ диссоциирует с образованием атомарного кислорода по реакции:



Атомарный кислород окисляет железо и легирующие элементы, содержащиеся в стали

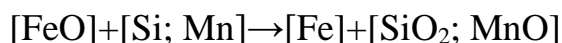


В результате этого металл сварочной ванны насыщается кислородом, а его свойства ухудшаются. При охлаждении расплавленного металла углерод, содержащийся в стали, окисляясь, способствует образованию окиси углерода по реакциям:



Образующийся при кристаллизации металла шва углекислый газ выделяется в виде пузырьков, часть из которых, не успевая покинуть металл сварочной ванны, остается в металле шва, образуя поры.

В том случае, если сварочная проволока легирована кремнием и марганцем, окислы железа раскисляются не за счет углерода, а в основном за счет этих элементов, в результате чего предотвращается образование окиси углерода и образование пор. Разложение окислов железа идет по реакциям:



Окислы SiO_2 и MnO в виде шлака скапливаются на поверхности сварочной ванны, а после ее кристаллизации – на поверхности металла шва.

Кромки свариваемого изделия расплавляются дугой, горящей между изделием и плавящейся электродной проволокой, непрерывно поступающей в дугу и служащей одновременно присадочным материалом. Дуга расплавляет проволоку и кромки изделия, образуя сварочную ванну. Дуга, металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизирующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. По мере перемещения дуги сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов.

Изменение состава защитного газа в зоне сварки в результате термической диссоциации углекислого газа приведено на рисунке 3.2.

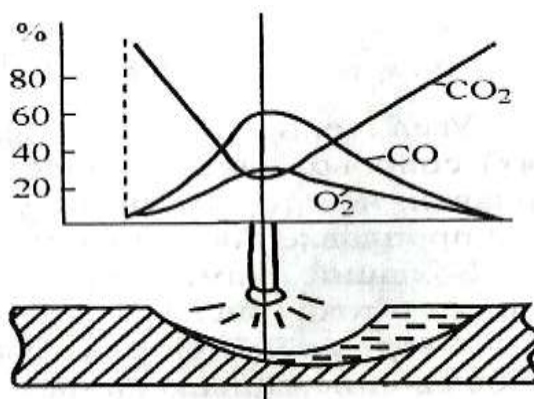


Рис. 3.2. Изменение состава газа в реакционной зоне в результате диссоциации углекислого газа

3.2. Выбор параметров режима сварки

Основными параметрами режимов механизированных процессов дуговой сварки в защитных газах являются:

- диаметр электродной проволоки – d_3 ;
- вылет электродной проволоки – l_3 ;
- скорость подачи электродной проволоки – $V_{п.п}$;
- сила тока – $I_{св}$;
- напряжение дуги – U_d ;
- скорость сварки – $V_{св}$;
- удельный расход – CO_2 .

Сварку обычно выполняют на постоянном токе обратной полярности. Иногда возможна сварка на переменном токе. При прямой полярности скорость расплавления в 1,4-1,6 раза выше, чем при обратной, однако дуга горит менее стабильно, с интенсивным разбрызгиванием.

Диаметр сварочной проволоки d_3 выбирается в зависимости от толщины свариваемых заготовок d :

| | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| d , мм.....0,5-1,0 | 1,0-2,0 | 2,0-4,0 | 5,0-8,0 | 8,0-1,2 | 12-18 |
| d_3 , мм.....0,5-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,6-2,0 | 2,0 | 2,0-2,5 |

Увеличение диаметра электродной проволоки (при равных условиях) сопровождается существенным уменьшением коэффициента наплавки, некоторым увеличением ширины шва и уменьшением глубины проплавления основного металла. Большой диаметр проволоки ($D_{пров}$, мм) требует увеличения сварочного тока (рис. 3.3).

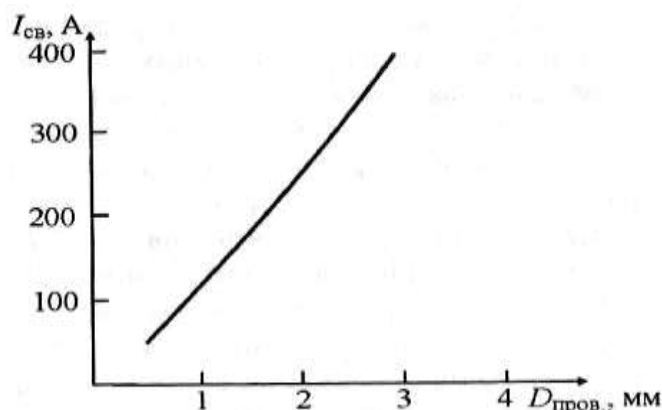


Рис. 3.3. Зависимость необходимого сварочного тока от диаметра проволоки при сварке в углекислом газе

Сварочный ток оказывает большое влияние на процесс сварки. Повышение силы тока вызывает увеличение глубины проплавления (рис. 3.4). При этом количество наплавленного металла возрастает медленнее, чем проплавление. Следовательно, и доля электродного металла в металле шва существенно уменьшается, что значительно увеличивает возмож-

ность появления горячих трещин в металле швов, выполненных на сталях с повышенным содержанием углерода. Ширина шва с повышением силы тока сначала увеличивается, а затем несколько уменьшается. Оптимальные режимы сварки соответствуют максимальной ширине шва. Ток регулируют скоростью подачи сварочной проволоки.

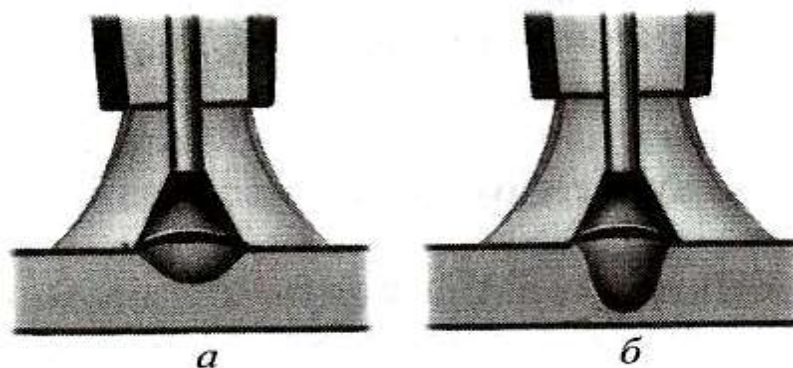


Рис. 3.4. Влияние сварочного тока 100 А (а) и 200А (б) на глубину проплавления

С ростом напряжения на дуге глубина проплавления уменьшается, а ширина шва и разбрызгивание металла увеличиваются (рис. 3.5). Ухудшается газовая защита, образуются поры. Напряжение на дуге устанавливают в зависимости от выбранного сварочного тока и регулируют положением вольтамперной характеристики, изменяя напряжение холостого хода источника питания.

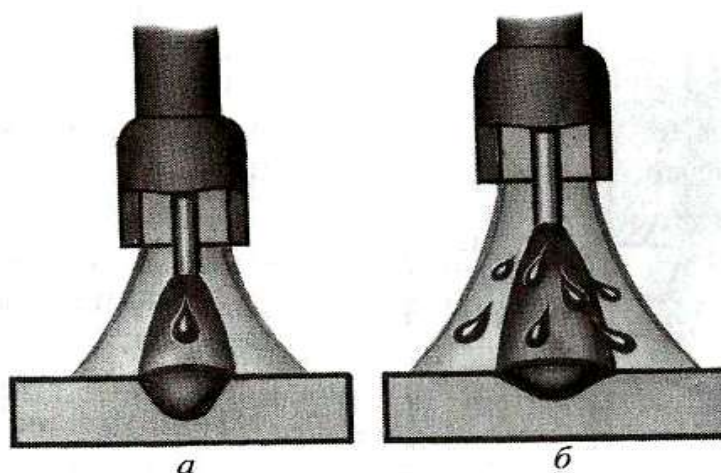


Рис. 3.5. Влияние напряжения на дуге 16 В (а) и 40 В (б) на процесс сварки

Скорость подачи электродной проволоки связана со сварочным током. Электродную проволоку устанавливают так, чтобы процесс сварки происходил стабильно, без коротких замыканий и обрывов дуги.

Скорость сварки налаживают в зависимости от толщины свариваемого металла с учётом качественного формирования шва. Металл большой толщины сваривают узкими швами с высокой скоростью.

Медленная сварка способствует разрастанию сварочной ванны и повышает вероятность образования пор в металле шва. При чрезмерной скорости сварки могут окислиться конец проволоки и металл шва.

Качество сварных швов зависит от чистоты CO_2 , его расхода и характера истечения из сопла инструмента. Защитный газ должен истекать из сопла под небольшим давлением (0,01-0,03 МПа), обеспечивающим ламинарный (спокойный) характер истечения. Такое важное требование выполняется, если расход газа составляет $\sim 8-12$ л/мин при диаметре электродной проволоки 0,8-1,2 мм. Турбулентный характер истечения газового потока ухудшает качество защиты сварочной зоны вследствие возможного подсоса воздуха в эту зону.

Вылет электрода – это расстояние от точки токоподвода до торца сварочной проволоки (рис. 3.6).

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.

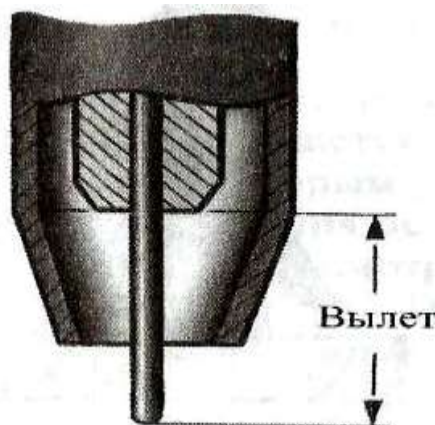


Рис. 3.6. Схема сварочной горелки

В таблице 3.1. показана зависимость вылета электрода от его диаметра:

Таблица 3.1. Зависимость вылета электрода от его диаметра

| | | | | |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|
| 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 |
| Расход газа, л/мин | 5-8 | 8-16 | 15-20 | 20-30 |

Металл толщиной от 0,8 до 4 мм рекомендуется сваривать без разделки кромок в сборочно-сварочных приспособлениях на съемных медных или нержавеющей подкладках, либо остающихся подкладках.

При сварке в углекислом газе для предупреждения появления дефектов в виде небольших несплавлений не рекомендуется перемещать конец электрода «змейкой». Повышенная склонность к локальным несплавлениям при полуавтоматической сварке в углекислом газе по сравнению с ручной сваркой

и сваркой в аргоне объясняется меньшими при сварке в углекислом газе размерами столба дуги и электродных пятен, что может приводить к натеканию жидкого металла на твердый металл без предварительной обработки последнего сварочной дугой.

3.3. Расчет технологических параметров режима сварки

Расчет параметров режимов производят в следующем порядке:

1. *Определяют геометрические параметры сварного шва.*

По чертежу определяют толщину свариваемого металла (глубину проплавления h_p).

2. *Диаметр электродной проволоки $d_э$ может быть выбран по таблице в зависимости от толщины свариваемого металла.*

| Показатель | Толщина свариваемого металла, мм | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| | 0,6-1,0 | 1,2-2,0 | 3,0-4,0 | 5,0-8,0 | 9,0-12,0 | 13,0-18,0 |
| Диаметр электродной проволоки, мм | 0,5-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,4-1,6 | 2,0-2,4 | 2,5-3,0 |

3. *Величину сварочного тока выбирают исходя из необходимой глубины проплавления:*

$$I_{св} = (80...100) * h_p, \text{ А},$$

где h_p – расчетная глубина проплавления, мм.

4. *Определяется плотность тока*

$$J = 4I_{св} / \pi d_э^2, \text{ А/мм}^2$$

5. *Рассчитывается напряжение сварки.*

Напряжение на дуге зависит в основном от сварочного тока, а также от диаметра вылета электродной проволоки, пространственного положения шва и определяется в большинстве случаев таблично

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Сила сварочного тока, А | 50-60 | 90-100 | 150-160 | 220-240 | 280-300 | 360-380 | 430-450 |
| Напряжение дуги, В | 17-18 | 19-20 | 21-22 | 25-27 | 28-30 | 30-32 | 32-34 |

6. *Коэффициент расплавления определяется из выражения*

$$\alpha_p = [8,3 + 0,22 * I_{св} / d_э] * 0,36, \text{ [г/А*час]}$$

7. Коэффициент наплавки определяется по формуле

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \psi / 100), \text{ [г/А*час]}$$

где ψ – потеря электродного металла вследствие окисления, испарения и разбрызгивания, % ($\psi = 7-15\%$, принимают обычно $\psi = 10\%$).

8. Устанавливается скорость сварки

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{F_n \cdot \gamma} \text{ [см/час]},$$

где γ – плотность наплавленного металла, г/см³; F_n – площадь поперечного сечения, определяемая из выражения $F_n = K^2 \cdot a \cdot \sin a / 2$ [см²],

где K – размер катета, a – коэффициент, учитывающий форму шва (для выпуклых швов $a = 1,2$; для вогнутых $a = 0,9$), a – угол, под которыми свариваются детали.

9. Устанавливается величина вылета электрода – $l_э$.

Вылет электрода определяется по формуле

$$l_э = 10 \cdot d_э,$$

10. Скорость подачи электродной проволоки определяют по формуле

$$V_{п.п} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_э^2 \cdot \gamma} \text{ [см/час]},$$

$I_{св}$ – сварочный ток, А; $d_э$ – диаметр электродной проволоки, см;

γ – плотность металла электродной проволоки г/см³ ($\gamma = 7,8$ г/см³).

11. Определяют расход углекислого газа при сварке в CO_2

Расход углекислого газа определяется либо по эмпирической формуле, либо по таблице 3.2.

$$Q_{г} = 10 + \frac{(I_{св} - 30)}{51,3} \text{ л/мин.}$$

Таблица 3.2. Зависимость расхода углекислого газа от силы сварочного тока

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Сила сварочного тока, А | 50-60 | 90-100 | 150-160 | 220-240 | 280-300 | 360-380 | 430-450 |
| Расход CO_2 л/мин | 8-10 | 8-10 | 9-10 | 15-16 | 15-16 | 18-20 | 18-20 |

3.4. Рабочий пост для сварки в среде углекислого газа

Рабочий пост для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа снабжен: источником постоянного тока, автоматом, баллоном с газом, редуктором, ротаметром, амперметром и вольтметром представлен на рисунке 3.7.



Рис. 3.7. Схема поста для сварки плавящим электродом в углекислом газе

Для сварки наиболее удобно применять жидкую углекислоту, выпускаемую по ГОСТ 8050-85 с содержанием CO_2 не менее 99,5%. В стандартный баллон заливают 25 л жидкой углекислоты, которая при испарении дает $12,5 \text{ м}^3$ газа.

Непрерывный отбор из баллона газообразной CO_2 сопровождается резким уменьшением ее температуры и давления вследствие поглощения скрытой теплоты испарения при переходе CO_2 из жидкой фазы в газообразную. При отборе газа с расходом свыше 20 л/мин CO_2 превращается в сухой лед. Для предохранения редуктора от замерзания используют подогреватель газа.

Баллоны служат для хранения и транспортировки газа. Баллоны для CO_2 окрашены в черный цвет с надписью «углекислота». Для сварки наиболее удобна жидкая углекислота, выпускаемая по ГОСТ 8050-85 с содержанием CO_2 не менее 99,5%. В стандартный баллон заливают 25 дм^3 жидкой углекислоты, которая при испарении даёт $12,5 \text{ м}^3$ газа.

Регулятор расхода углекислого газа У-30П-2 комплектуется электроподогревателем, который установлен на хвостовике корпуса (напряжение питания 36 В, потребляемая мощность 200 Вт). Испарение жидкого CO_2 при большом его расходе приводит к резкому понижению температуры. Влага, содержащаяся в газе, замерзает в редукторе.

Для предупреждения этого используют подогреватели, приведенные на рисунке 3.8. Для безопасности подогреватель питается постоянным (20 В) или переменным (36 В) током.

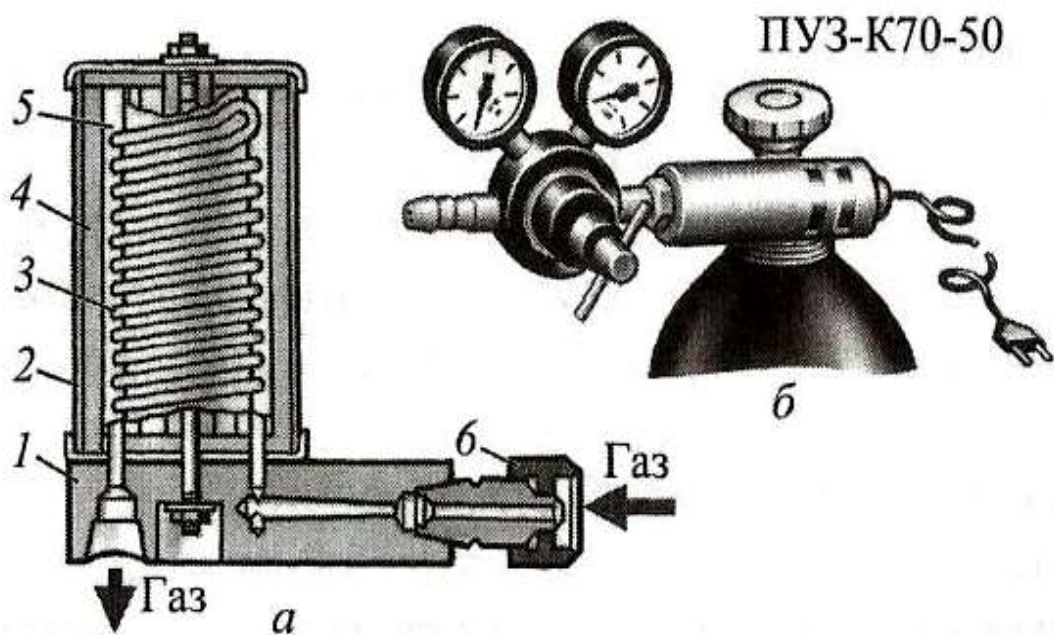


Рис. 3.8. Устройство (а) и общий вид (б) подогревателя:
 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – змеевик; 4 – теплоизоляция;
 5 – нагревательный элемент; 6 – накидная гайка

Осушитель, представленный на рисунке 3.9, поглощает влагу из углекислого газа. Выпускается двух модификаций: высокого и низкого давления. Осушитель высокого давления устанавливают перед регулятором (редуктором), а низкого – после него. Влагопоглощающим элементом служит силикагель или алюмогликоль. Путем прокаливания при 250-300°C эти вещества поддаются восстановлению.

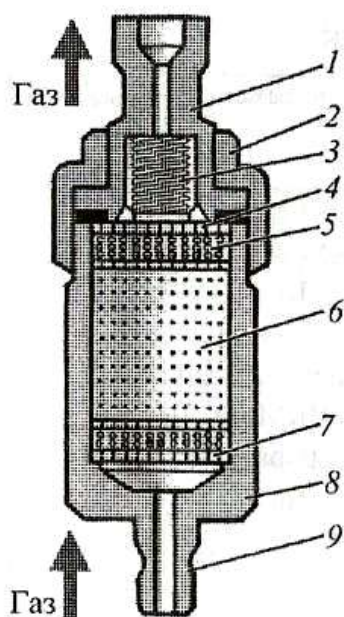


Рис. 3.9. Устройство осушителя:
 1 – втулка; 2 – накидная гайка; 3 – пружина; 4 – сетка; 5 – фильтр;
 6 – осушающий материал; 7 – сетчатая шайба; 8 – корпус; 9 – штуцер

Ротаметром определяют расход газа. Ротаметр необходим при использовании газовых редукторов, не имеющих встроенного расходомера. Технические характеристики ротаметров приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Технические характеристики ротаметров

| | | | |
|--|----------------|------------------|------------------|
| Марка Пределы измерения, л/мин: по аргону | РС-3А 0,1-1 | РС-3 2.8-14,2 | РС-5 8,9-56,6 |
| по гелию | 0,35-2,8 | 7- 44.5 | 20-140 |
| по углекислому газу | 0,08-0,8 | 1,62-16.2 | 8,12-53,6 |

Смесители газов предназначены для приготовления газовой смеси определённого состава (двух- или трёхкомпонентной).

Порядок проведения работы

1. При знакомстве с оборудованием сварочного участка выполнить следующие задачи:

- изучить конструкцию автомата (Описание и инструкция по обслуживанию сварочного автомата АДСП);
- изучить устройство газового оборудования (регулятора давления и расхода газа, подогревателя, осушителя, ротаметра);
- выполнить сварку стыкового соединения на режимах, заданных преподавателем.

2. Определить коэффициенты расплавления (α_p), наплавки (α_n), потерь на угар и разбрызгивание (ψ) в зависимости от величины и полярности сварочного тока и используя сварочную проволоку Св-08Г2С диаметром 2 мм.

Величину тока изменять в пределах 200-450 А при напряжении $U_d=26-30$ В и расходе углекислого газа 15-20 л/ч.

Полученные данные занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4. Параметры автоматической сварки и время наплавки

| № п/п | Режим сварки | | | | Вылет электрода, мм | Время наплавки, с | Марка проволоки |
|----------|----------------|----------|------------|--------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| | $I_{св},$ А | $U_d, В$ | Полярность | $V_{св},$ м / ч | | | |

3. Выполнить индивидуальное задание: для заданного преподавателем вида соединения, марки и толщины стали выбрать и обосновать оптимальный режим сварки.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Основные положения технологии сварки в CO_2 .
2. Описание, назначение и технические характеристики автомата АДСП. Его принципиальная электрическая схема, описание ее работы.
3. Описание устройства и характеристик газового оборудования рабочего поста для сварки в углекислом газе.
4. Схему поста для сварки в углекислом газе.
5. Методику проведения опытов по определению коэффициентов расплавления, наплавки, потерь на угар и разбрызгивание, их результаты в виде таблиц и графиков.

Контрольные вопросы

1. Преимущества и недостатки сварки в CO_2 .
2. Для каких материалов используется сварка в CO_2 ?
3. Состав газа в реакционной зоне при сварке в CO_2 .
4. Реакции окисления железа и легирующих элементов при сварке в CO_2 .
5. Какими параметрами характеризуется режим сварки в CO_2 ?
6. Как влияют параметры режима сварки на геометрические размеры сварочной ванны?
7. Соблюдение каких условий при сварке в CO_2 способствует уменьшению разбрызгивания металла?
8. Чем руководствуются при выборе диаметра сварочной проволоки?
9. Как связаны сварочный ток и диаметр сварочной проволоки?
10. От чего зависит расход углекислого газа при сварке?
11. Что входит в состав рабочего поста для сварки в CO_2 ?
12. Основные элементы автоматов для сварки в CO_2 .
13. Что входит в состав газового оборудования поста для сварки в CO_2 ?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов (УМО) / *В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин* [и др.]; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. 2-е изд., М., 2009. 448 с.
2. Введение в основы сварки: учеб. пособие / *В.И. Васильев, Д.П. Ильющенко, Н.В. Павлов*; Юргинский технологический институт. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 317 с.
3. Технология и оборудование сварки плавлением; под ред. *А.И. Акулова*. М.: Машиностроение, 2003. 501 с.
4. Технология металлов и сварка: учебник для вузов / *П.И. Полухин, Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан* [и др.]; под ред. П.И. Полухина. М., ЭКОЛИТ. 2011. 464 с.
5. ГОСТ 8713-70. Швы сварных соединений. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Основные типы и конструктивные элементы.
6. ГОСТ 11533-75. Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы. Конструктивные элементы и размеры.