

Адетант

СВАРКА РЕЗКА ПАЙКА МЕТАЛЛОВ



ВСЕ ВИДЫ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ
ПАЙКА НАПЛАВКА НАПЫЛЕНИЕ

СВОИМИ РУКАМИ

ББК 34.64

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 621.791

Сварка, резка, пайка металлов.
ООО «Арфа СВ», 1999. 192 с.

ISBN 5-89691-032-0

Настоящая книга с полным правом может служить справочником для осваивающих сварку, резку и пайку металлов. Несомненный интерес представляет она и для имеющих навыки в этом деле специалистов. В ней обобщен значительный материал по названным направлениям. Книга отражает современные достижения в этой области, средства малой механизации сварочных работ, автоматизацию трудоемких процессов. Подробно изложена технология сварки, резки и пайки металлов и различных сплавов.

Автор-составитель Кортес А.Р.

Редактор Левалый О.В.

Художники Панова Г.Г., Шенцова В.М.

Ответственный за выпуск Лиценко В.А.

Подписано в печать 06.01.99.

Формат 84×108/32. Бумажная газетная.

Печать высокая. Тираж 15 000 экз.

Заказ № 322

Лицензия ИР № 065405 от 1.09.97 г.

ООО «Арфа СВ»

109316, Москва, Стройконская ул., 12 корп. 2.

Текст опечатан с диапозитивов во Владимирской книжной типографии Госкомплечаги России.

600000, г. Владимир, Октябрьский проезд, д. 7.

Качество печати соответствует качеству
представленных диапозитивов

ISBN 5-89691-032-0

© ООО «Арфа СВ»

ВВЕДЕНИЕ	5
ДУГОВАЯ СВАРКА	7
Сварные соединения и швы	7
Оборудование рабочего места сварщика	10
Энергообеспечение дуговой сварки	12
Сварочные трансформаторы, генераторы, выпрямители	14
Электроды для сварки	18
Техника безопасности при дуговой сварке и резке	20
Подготовка к сварке	21
РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА	23
Выполнение сварочных швов	23
Заполнение шва по сечению и по длине	24
Выбор режима сварки	28
Горизонтальные, вертикальные и пологочные швы	31
Сварка тонколистовой стали	33
Сварка чугуна	33
Сварка цветных металлов	37
Сварка алюминия и его сплавов	39
Сварка титана и его сплавов	40
Наплавка твердыми сплавами	41
Установки для ручной сварки	44
СОВРЕМЕННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА	47
Сварочные полуавтоматы	47
Универсальные полуавтоматы	52
Процесс управления сварочными автоматами	53
Сварочные автоматы	54
Типы сварочных автоматов	61
Плазменная и микроплазменная сварка	67
Лазерная и электронно-лучевая сварка	73
Подводная резка	76
Дефекты сварки и их устранение	78
Последствия дефектов сварки	82
Устранение дефектов сварки	83
ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ	85
Рабочее место газосварщика (резчика)	85
Газы, применяемые при газопламенной обработке	85
Защитная газовая аппаратура	88
Средства взрывозащиты	90
Газовая сварка цветных металлов и сплавов	93
Газовая сварка чугуна	104

СВАРКА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ	114
Газовая сварка легированных сталей	114
Газовая сварка углеродистых сталей	116
Газовая резка	119
Виды резаков	119
Установки для ручной резки	122
Кислородная резка	124
Плазменная резка	138
Технология резки плазменной дугой	145
Воздушно-дуговая резка	150
Техника безопасности при проведении газосварочных и газорезочных работ	151
Пайка, наплавка, напыление	155
Газопламенная пайка	155
Газопорошковая наплавка	161
Газопламенная наплавка	163
Газотермическое напыление	167
МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	172
Радиационная дефектоскопия	172
Ультразвуковая дефектоскопия	176
Магнитная дефектоскопия	178
ПРИЛОЖЕНИЕ	183

ВВЕДЕНИЕ

Задача соединения различных металлов и сплавов стоит перед человечеством очень давно. В процессе развития научной мысли удалось достигнуть многого в этом направлении. Быстрота, экономичность и прочность — вот главные преимущества, которые позволили сварке получить широкое признание во всех областях народного хозяйства. Сейчас можно сваривать металлы толщиной от нескольких микрон (микроплазменная сварка на малых токах) до нескольких метров (сварочные автоматы промышленного применения). Такими же достоинствами обладает и резка металлов на основе использования электрической дуги и газового пламени. Но чем дальше, тем больше на первое место выходят такие перспективные направления, как лазерная, плазменная, электронно-лучевая сварка и резка металлов. Особенно быстрой темпами развивается плазменная сварка и резка металлов. Большие перспективы у воздушно-плазменной резки из-за ее дешевизны и эффективности. Рабочим тазом при воздушно-плазменной резке служит атмосферный воздух. Степень автоматизации сварочных процессов (равно как и резки металлов) достаточно высока. Но тем не менее не следует забывать о ручной сварке, хотя бы по той причине, что не везде представляется возможным применить полуавтоматы и автоматы для сварочных работ. Это касается работ по возведению небольших дачного домика, коттеджа, дворовых сооружений, различных хозяйственных построек, т.е. всех тех работ, где задействован небольшой рабочий контингент (а то и один человек) при ограниченном объеме работ. Даже средства малой механизации не могут быть задействованы из-за труднодоступности отдельных мест в жилище, где надо провести сварочные работы. По указанной при-

чине в настоящей книге много внимания уделено при-
емам ручной сварки. Это не значит, что обойдены
вниманием средства малой механизации, установки для
ручной сварки, сварочные автоматы и полуавтоматы. Во-
просы современной автоматизированной сварки освеще-
нены также достаточно полно. Кроме сварки и резки
металлов подробно освещены приемы пайки, наплава-
ки, напыления. Дана характеристика применяемых ма-
териалов, флюсов, различных добавок, режимов опера-
ций в их технологической последовательности, терми-
ческой обработки металлов и сплавов. В книге достаточно
много справочного материала в виде таблиц (в книге 51
таблица). При создании книги был использован матери-
ал таких известных авторов, как Верховенко Д. В., Во-
шанов К. П., Галинич В. И., Китаев А. М., Лутачев В. Г.,
Никифоров Н. И., Соколов И. И., Шебеко Д. П. Творче-
ская переработка исходного материала и обобщение
практики по работам с металлом позволили формули-
ровать ряд практических рекомендаций для сварщиков,
имеющих небольшой опыт в этой области (или вовсе не
имеющих опыта) с целью совершенствования приемов
сварки и резки металлов и сплавов. Автор-составитель
данной книги надеется, что ему удалось достичь постав-
ленной перед ним цели.

ДУГОВАЯ СВАРКА

Сварные соединения и швы

В первой части данной книги речь пойдет о **термиче-
ском** классе сварки металлов, который включает в себя
дуговую сварку, электрошлаковую сварку, электронно-
лучевую сварку и термитную сварку. Основное внимание
будет уделено первым двум видам (дуговая и электро-
шлаковая), но будут даны основные сведения и приемы
работ при производстве термитной и электронно-луче-
вой сварки.

Каковы же различия перечисленных четырех видов
сварки между собой?

Дуговая сварка представляет собой сварку плавлени-
ем, где нагрев осуществляется электрической дугой
(рис. 1). Как разновидность дуговой сварки появилась
плазменная сварка, главной особенностью которой
является не обычная, а сжатая электрическая дуга.

Электрошлаковая сварка — это тоже сварка плавле-
нием, но для нагрева металла используется теплота, ко-
торую дает электрический ток, проходящий через рас-
плавленный электродпроводный шлак (рис. 2).

Электронно-лучевая сварка использует энергию элек-
тронного луча, который бомбардирует зону сварки на-
правленным электронным потоком.

Термитная сварка использует теплоту, которую выде-
ляет сжигаемый термит-порошок, представляющий из
себя смесь оксида железа и алюминия.

По степени механизации перечисленные четыре ви-
да можно подразделить на ручную сварку, механизиро-
ванную и автоматическую.

Теперь перейдем к вопросу классификации сварных
соединений. В основном швы можно разделить на четы-

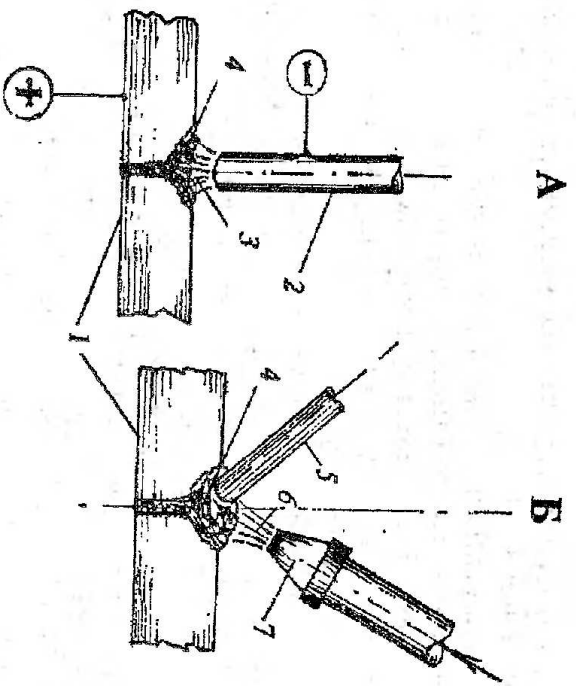


Рис. 1. Дуговая и газовая сварка.

А — дуга сварочная (прямая полярность — «плюс» на деталях); В — сварка газовым пламенем; 1 — соединяемые детали; 2 — электрод; 3 — дуга; 4 — сварочная ванна; 5 — присадочный пруток; 6 — газовое пламя; 7 — горелка

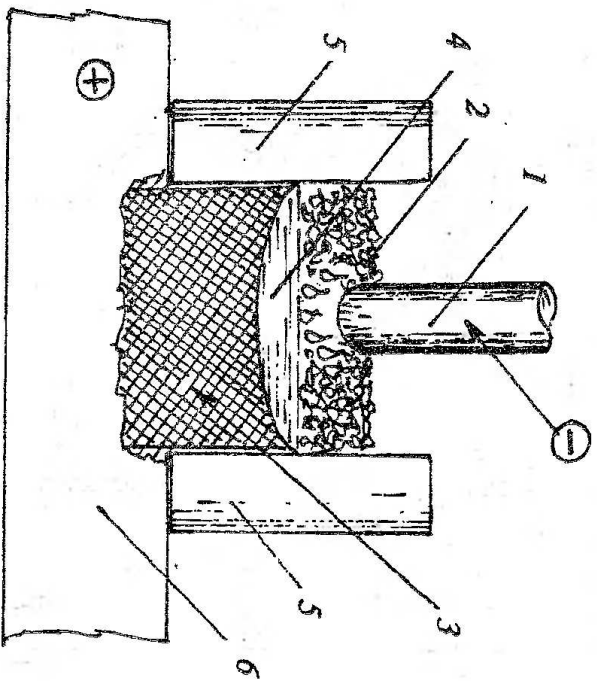


Рис. 2. Электрошлаковая сварка.

1 — электрод; 2 — электропроводный шлак; 3 — образующий шов; 4 — сварочная ванна; 5 — перегорелки, формирующие шов; 6 — металл

ре разновидности: стыковые швы, угловые, нахлесточные и тавровые.

Стыковой шов — это соединение двух деталей их торцевыми поверхностями, которые могут различаться по толщине. Такие швы получили широкое распространение в машиностроении, при сварке трубопроводов и различных резервуаров.

Угловой шов представляет собой сварку двух плоскостей, которые находятся под углом друг к другу. Особенно широко такие швы применяются в строительстве.

Нахлесточный шов — соединение, в котором один лист металла накладывается на другой, частично перекрывая его. Такие швы есть в конструкциях различных ферм, мачт, резервуаров.

Тавровый шов это соединение, в котором торец одного изделия приваривается к боковой поверхности другого изделия (элемента). Схематически такие соединения имеют вид буквы Г. Так же как и в угловом соедине-

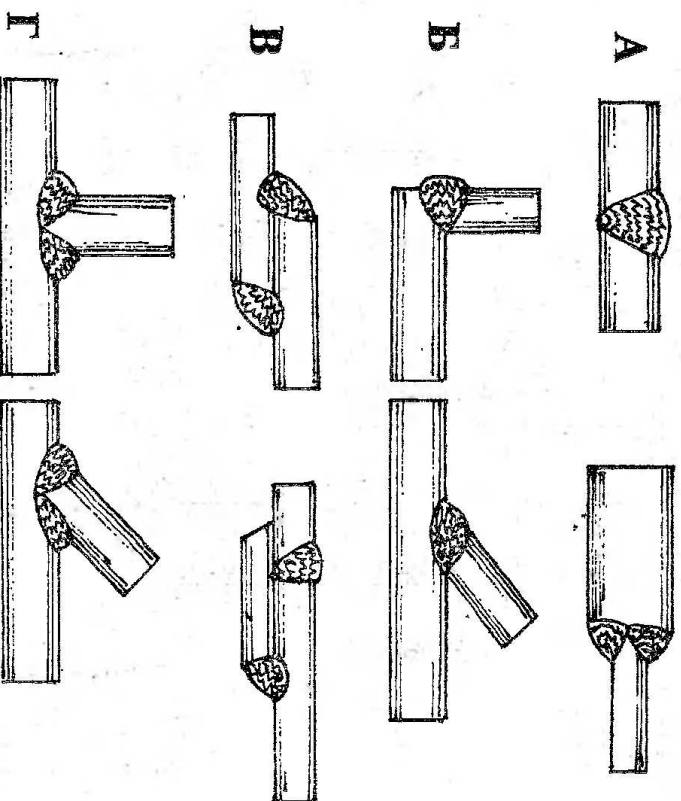


Рис. 3. Соединения сварные.

А — стыковые; Б — угловые; В — нахлесточные; Г — тавровые

нии, тавровое предполагает соединение как под прямым углом, так и любым другим углом.

Все четыре разновидности сварных соединений представлены на рис. 3.

Оборудование рабочего места сварщика

Рабочее место сварщика может быть как стационарным, так и мобильным. Но в любом случае у сварщика должны быть в наличии: источник электропитания, сварочный трансформатор, сварочные провода, держатель электрода, защитный щиток для лица, плотная (брезентовая) защитная одежда, оградительные щиты, средний лист для настольки в месте сварки (рис. 4).

Если речь идет о комнате (кабине) сварщика, то стены в ней должны быть окрашены в свето-серый цвет, который поглощает ультрафиолетовые лучи. Комната (кабина) должна быть хорошо освещена и иметь вентиляцию. Пол должен быть обязательно огнестойким, т.е.

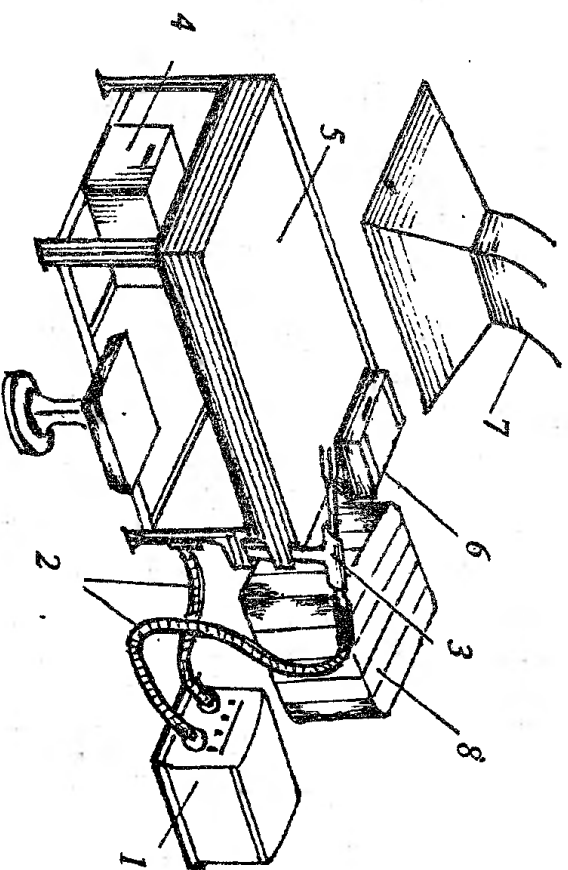


Рис. 4. Рабочее место сварщика (луженая сварка).

- 1 — источник электропитания; 2 — кабель; 3 — электрододержатель; 4 — щиток для электродов; 5 — стол; 6 — щиток для инструментов; 7 — вентиляционная вентиляция; 8 — противопожарный инвентарь

выложенным из кирпича, цемента, бетона. Высота рабочего стола сварщика — в пределах 0,6—0,7 м, материал — толстый листовый металл. Для защиты глаз и лица сварщика используются щитки или маски из фибры или спецфанеры. Защиту от вредных излучений при сварке хорошо обеспечивают светофильтры темно-зеленого цвета (типа С). Для различных режимов сварки используются различные классы светофильтров типа С. Это определяется инструкциями, прилагаемыми к светофильтрам.

Сварка покрытыми электродами при токе 100 А выполняется со светофильтром С5, 200 А — С6, 300 А — С7, 400 А — С8, 500—600 А — С9 и т. д.

При сварке плавящимся электродом тяжелых металлов в инертном газе используются светофильтром на номер меньше, а легких металлов — на номер больше

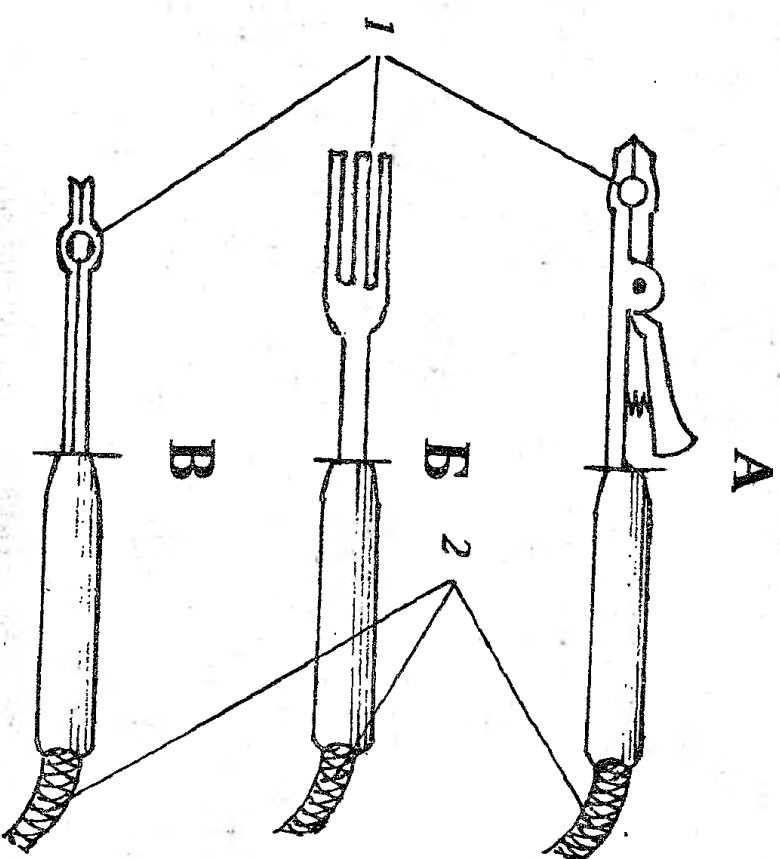


Рис. 5. Электрододержатель.

- A — пружинный; B — вилочный; 1 — зажимные губки; 2 — кабель

по сравнению со светофильтром для сварки покрытыми электродами.

Сварка в CO_2 на токах 50—100 А выполняется со светофильтром С1, 100—150 А — С2, 150—250 А — С3, 250—300 А — С4, 300—400 А — С5.

Основным инструментом сварщика является электроподдержатель. На рис. 5 даны их основные разновидности.

Сварочные кабели. Для подвода тока к электрододержателю и изоляции от источника питания применяют гибкие кабели марок РГД, РГДО и РГДВ.

Длина гибкого кабеля, к которому подсоединен электрододержатель, обычно равна 2—3 м, остаточная его часть может заменяться кабелями марок КРПГН, КРПНТ и КРПСН.

Применять кабель длиной более 30—40 м не рекомендуется, так как это вызывает значительное падение напряжения в сварочной цепи, что отрицательно сказывается на качестве сварки. Кабель, соединяющий свариваемое изделие с источником питания, может быть более жестким и менее дорогостоящим, например ПРН. Сечение сварочных кабелей выбирают в зависимости от тока дуги и допустимых нагрузок. Например, площадь сечения одножильного кабеля для сварочного тока 200 А берут 40 мм², 300 А — 70 мм², 400 А — 120 мм².

Комплект инструментов. На сегодняшний день выпускаются три комплекта для сварочных работ: КИ-500, КИ-315, КИ-125. Можно приобрести и набор инструментов ЭНИ-300 и ЭНИ-300/1. В набор входят: электроподдержатель с запасными частями, соединительная муфта, клемма заземления, щетка-зубило, отвертка с диэлектрической ручкой. Две диэлектрические ручки, плоскогубцы комбинированные, ключ гаечный разводной, клеимо сварщика, молоток, два защитных светофильтра, стекло покрывное для щитка или маски сварщика, отрезок кабеля марки РГД длиной 3 м.

Энергообеспечение дуговой сварки

Сварочная дуга в зависимости от схемы подключения электродов и свариваемой детали в цепь может быть трех видов — трехфазная дуга, дуга прямого действия и

дуга косвенного действия. Охарактеризуем вкратце каждый вид.

Трехфазная дуга предполагает подключение в трехфазную сеть двух электродов и непосредственно свариваемой детали.

Дуга прямого действия, когда дуга горит между электродом и изделием.

Дуга косвенного действия, когда дуга горит между двумя электродами, а свариваемое изделие не включено в электрическую цепь.

По роду тока различают дуги, питаемые переменным и постоянным током. При применении постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярности. При прямой полярности электрод подключается к отрицательному полюсу и служит катодом, а изделие — к положительному полюсу и служит анодом. При обратной полярности электрод подключается к положительному полюсу и служит анодом, а изделие — к отрицательному и служит катодом.

Свои особенности имеет сварка электрической дугой переменного тока. Дуга здесь менее стабильна по сравнению с дугой постоянного тока. Чтобы повысить стабильность, в сварочную цепь последовательно с дугой подключается индуктивное сопротивление.

Последовательное включение, в сварочную цепь катушек со стальным сердечником (дросселей) позволяет вести сварочные работы металлическими электродами на переменном токе при напряжении сварочного трансформатора 60 В.

Но прежде всего надо уметь зажечь электрическую дугу. Как это происходит?

Обычно делают это двумя способами — касанием электродом сварочного металла впритык и отводом перпендикулярно вверх либо «чирканием» электродом как спичкой. Вторым способом более предпочтителен, однако он неприемлем в узких и неудобных для сварки местах.

Упрощенно процесс зажигания дуги можно представить следующим образом. При соприкосновении электрода с изделием электрическая цепь замыкается и по ней проходит ток. Поскольку торец электрода имеет неравную поверхность, электрический контакт происходит

дит в нескольких точках. Места контакта обладают самыми большим сопротивлением, они нагреваются сильнее. В точках контакта плотность тока достигает больших величин и под действием выделившейся теплоты металлы расплавляются.

При отводе электрода от изделия расплавленный металл растягивается, сечение его уменьшается, а температура соответственно растет. Именно в этот момент происходит эмиссия — электроны испускаются под действием теплового возбуждения.

В момент разрыва мостика жидкого металла напряжение на дуге возрастает, что способствует развитию автосветящейся эмиссии: электроны вырываются с поверхности катода под действием электростатических сил. При этом повышается плотность тока эмиссии, электроны накапливают кинетическую энергию для неупругих столкновений с атомами и переводят их в ионизированное состояние, увеличивая тем самым число электронов и, следовательно, проводимость дугового промежутка.

В случае коротких замыканий дугового промежутка каплями электродного металла повторяются зажигания дуги происходят самопроизвольно, если температура катода остается достаточно высокой.

Сварочные трансформаторы, генераторы, выпрямители

Сварочные трансформаторы подключаются к сети переменного тока. Их назначение — питание сварочной дуги и регулирование сварочного тока. Основные области применения — ручная сварка и автоматическая сварка под флюсом. Упрощенная электрическая схема трансформатора такова: на сердечнике из трансформаторной стали размещены первичная и вторичная обмотки. Ток из сети идет сначала через первичную обмотку, намагничивает сердечник, создавая в нем переменный магнитный поток, который, в свою очередь, индуцирует ток во вторичной обмотке.

На рис. 6 представлен сварочный трансформатор ТСК-500. Первичная обмотка его неподвижна, а вторич-

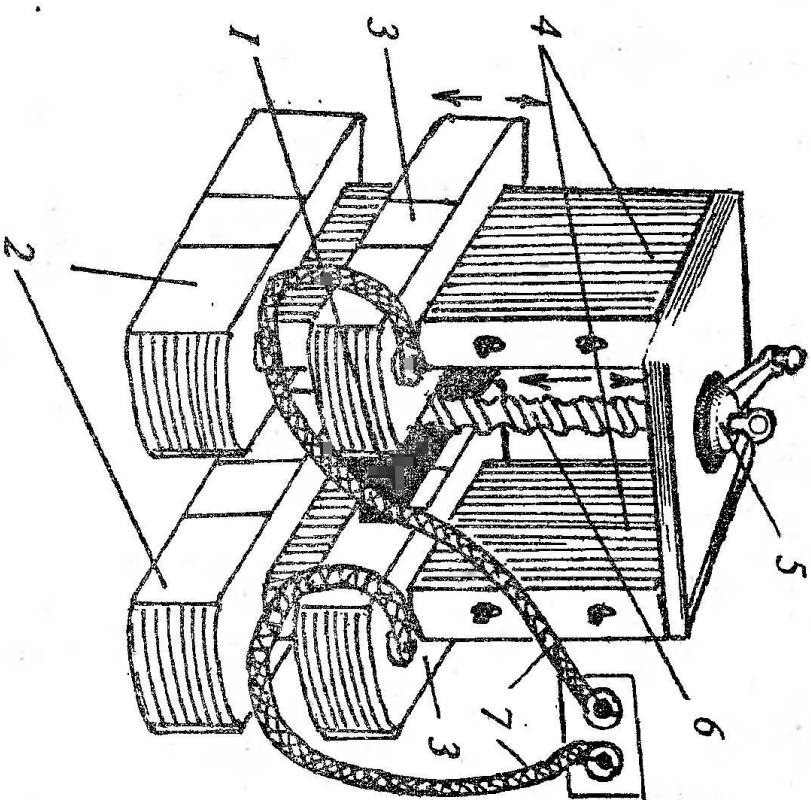


Рис. 6. Сварочный трансформатор ТСК-500

ная передвигается по сердечнику. Перемещением вторичной обмотки регулируется сварочный ток. В нижней части сердечника 4 находится первичная обмотка 2, состоящая из двух катушек, расположенных на двух стержнях магнитопровода. Катушки первичной обмотки закреплены неподвижно.

Вторичная обмотка 3, также состоящая из двух катушек, расположена на значительном расстоянии от первичной. Катушки как первичной, так и вторичной обмоток соединены параллельно. Вторичная обмотка жестко соединена с плитой 1, перемещается по сердечнику с помощью винта 6, с которым она связана, и рукоятки 5, находящейся на крышке кожуха трансформатора.

Сварочный ток регулируют изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками. При враще-

нии рукоятки 5 по часовой стрелке вторичная обмотка приближается к первичной, магнитный поток рассеивания и индуктивное сопротивление уменьшаются, сварочный ток возрастает. При вращении рукоятки против часовой стрелки вторичная обмотка удаляется от первичной, индуктивное сопротивление и магнитный поток рассеивания растут и сварочный ток уменьшается. Ток со вторичной обмотки поступает на выход 7.

Пределы регулирования сварочного тока 165—650 А. Для повышения коэффициента мощности сварочный трансформатор ТСК-500 имеет в первичной цепи конденсатор большой мощности.

Сварочные генераторы — это в принципе те же генераторы постоянного тока, но которые благодаря своим специальным характеристикам могут обеспечить устойчивое горение сварочной дуги. Это достигается тем, что магнитный поток генератора изменяется в зависимости от величины сварочного тока. В сварочных генераторах съем напряжения для питания электрической дуги осуществляется непосредственно с зажимов угольных щеток на коллекторе. Сварочные агрегаты приводятся в движение двигателями внутреннего сгорания, а в сварочных преобразователях генератор приводится в движение электродвигателем.

Сварочные выпрямители представляют собой соединение сварочного трансформатора (с регулирующим устройством) и блока выпрямителей. Помимо этого в комплект выпрямителя может быть подключен и дроссель. Его цель — получение внешней падающей характеристики. В принципе действие сварочных выпрямителей основано на том, что полупроводниковые элементы проводят ток только в одном направлении. Наибольшее применение в сварочных выпрямителях получили кремниевые и кремниевые полупроводники.

В сварочных выпрямителях используют трехфазную мостовую схему выпрямления, дающую меньшую импульсацию выпрямленного напряжения, более равномерно загрузку питающей сети переменного тока и лучшее использование трансформатора, питающего выпрямитель (рис. 7).

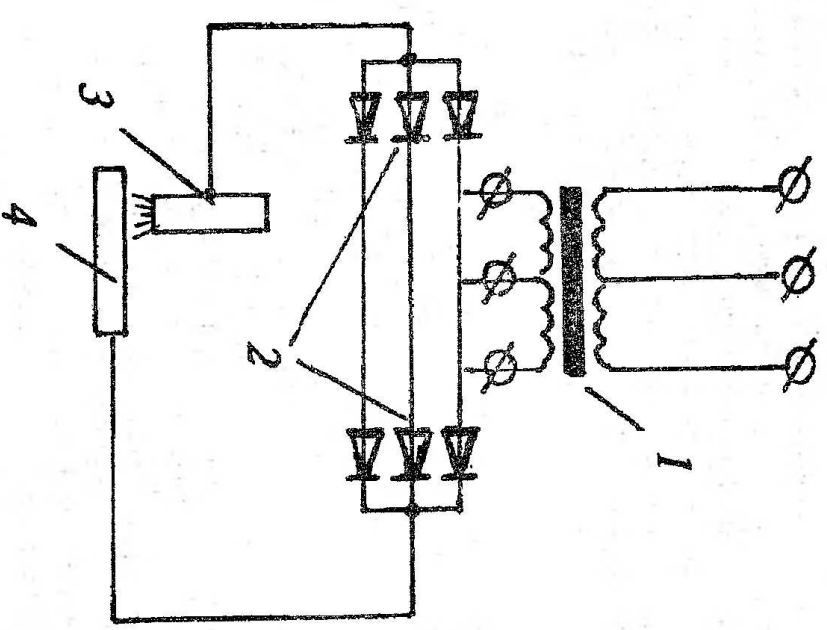


Рис. 7. Схема подключения трехфазного выпрямителя. 1 — понижающий трансформатор; 2 — блок кремниевых (селеновых) выпрямителей; 3 — электрод; 4 — свариваемый металл

Отсутствие вращающихся частей делает установку более простыми и надежными в эксплуатации, чем генераторы постоянного тока. Охарактеризуем кратко некоторые типы выпрямителей.

Выпрямитель тина ВДТ применяют для механизированной сварки в углекислом газе. Они имеют дистанционное переключение режимов сварки.

Универсальные сварочные выпрямители тина ВДУ предназначены для однопостовой механизированной сварки в углекислом газе и под флюсом. Их используют также для ручной дуговой сварки электродами.

Выпрямители тина ВДПИ служат для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах.

Многопостовые сварочные выпрямители типа ВКСМ, ВДМ, ВДУМ рассчитаны на номинальные длительные токи 1000—5000 А. Число постов определяются по номинальной силе тока одного поста и коэффициенту однофазности нагрузки, равному 0,6—0,7. Например, выпрямитель ВДУМ-4Х401У3 используют для питания четырех сварочных постов при механизированной сварке в углекислом газе и ручной дуговой сварке.

Электроды для сварки

Для ручной дуговой сварки применяют стержни сварочной проволоки, на которые наносится покрытие — вещество для усиления процесса ионизации. В состав такого покрытия входят:

шлакообразующие компоненты, представляющие собой руды (титановые и марганцевые) и различные минералы (полевой шпат, гранит, кремнезем, плавленый шпат);

газообразующие — неорганические (мармор CaCO_3 , магнезит MgSO_3 и др.) и органические (крахмал, древесная мука и т. п.) вещества;

легирующие элементы и элементы-раскислители — кремний, марганец, титан и другие, а также сплавы этих элементов с железом, алюминий как раскислитель вводятся в покрытие в виде порошка-пудры;

связующие компоненты — водные растворы силикатов натрия и калия, называемые жидким стеклом;

формовочные добавки — вещества, придающие покрытию лучшие пластические свойства (бетонит, каолин, декстрин, слюда и др.).

Для устойчивого торения дуги в покрытие вводят вещества, содержащие элементы с низким потенциалом ионизации (соли щелочных металлов, калиевое и натриевое жидкое стекло и др.).

С целью повышения производительности сварки в покрытие добавляют железный порошок, содержание которого может составлять до 60% массы покрытия.

Все электроды для ручной сварки можно разделить на следующие группы:

В — для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами — 49 типов;

Л — для сварки легированных конструктивных сталей в временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа — пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150);

Т — для сварки легированных теплоустойчивых сталей — девять типов;

У — для сварки углеродистых и низколегированных конструктивных сталей с временным сопротивлением разрыву;

Н — для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами — 44 типа.

Цифры в обозначениях типов электродов для сварки конструктивных сталей означают гарантируемый предел прочности металла шва.

Ниже дана таблица применения электродов.

Электроды для дуговой сварки

Тип электрода	Относительное удлинение, %	Назначение
Э70	14	Сварка легированных конструктивных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением свыше 600 МПа
Э85	12	
Э100	10	
Э125	8	
Э150	6	
Э55	20	Сварка углеродистых и низколегированных конструктивных сталей с временным сопротивлением 500—600 МПа
Э60	18	
Э38	14	Сварка углеродистых и низколегированных конструктивных сталей с временным сопротивлением до 500 МПа
Э42	18	
Э46	18	
Э50	16	
Э42А	22	Сварка углеродистых и низколегированных конструктивных сталей с повышенными требованиями к пластичности и ударной вязкости
Э46А	22	
Э50А	20	

Примечание. Для электродов типа Э70, Э85, Э100, Э125, Э150 механические свойства указаны после термообработки.

Техника безопасности при дуговой сварке и резке

При выполнении работ по дуговой сварке и резке на человека воздействуют вредные газы и испарения, облучение сварочной дугой, опасность поражения электрическим током.

При работе с электрической дугой возникают летучие соединения (сварочная пыль). В состав такой пыли входят оксиды марганца, кремния, железа, хрома, фтористых соединений. Первое место среди них по вредному воздействию занимают хром и марганец. Кроме всего перечисленного воздух при сварке загрязняется оксидами азота, углерода, фтористым водородом. Наряду с кратковременным отравлением, которое проявляется в виде головкружения, головной боли, тошноты, рвоты, слабости, отравляющие вещества могут откладываться в тканях организма человека вызывать хронические заболевания.

Больше всего воздух загрязняется при работе с открытыми электродами. Меньше всего выделений при автоматических способах сварки.

Вредное воздействие сварочной дуги заключается в том, что она является источником светового, инфракрасного и ультрафиолетового излучений.

Инфракрасное излучение при длительном действии вызывает помутнение хрусталиков глаз (катаракту), что может привести к ослаблению и потере зрения, тепловое действие этих лучей вызывает ожоги кожи.

Защита органов зрения и кожи лица при дуговой сварке обеспечивается с помощью щитков, масок или специальных щлемов со светофильтрами.

Для того, чтобы защитить тело, необходимо работать в одежде из плотного брезента или аналогичного материала.

Световые лучи оказывают ослепляющее действие, так как их яркость значительно превышает допустимые нормы. Ультрафиолетовое излучение даже при кратковременном действии (в течение нескольких секунд) вызывает **заболевание** глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Продолжительное дейст-

вие ультрафиолетового излучения приводит к ожогам кожи.

Чтобы избежать опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать ряд условий. В общем и целом **безопасность обеспечивается:**

1. Надежной изоляцией, применением защитных ограждений, автоблокировками, заземлением электрооборудования и его элементов, ограничением напряжения холостого хода источников питания (генераторов постоянного тока — до 80 В, трансформаторов — до 90 В);
2. Индивидуальными средствами защиты (работа в сухой спецодежде и рукавицах, в ботинках без металлических шпилек и гвоздей);
3. Соблюдением условий труда (прекращение работы при дожде и сильном снегопаде, если отсутствуют укрытия; использование резинового коврика, резинового шлема и галош при работе внутри сосудов, а также переносной лампы напряжением не более 12 В; проведение ремонта электросварочного оборудования и аппаратуры специалистами-электриками).

Подготовка к сварке

Подготовка к сварке предусматривает разметку, правку, резку, гибку, обработку кромок.

Правка. Цель этой операции — устранение деформаций. Сортовой и листовой металл небольшой толщины правится в холодном состоянии, а толстый (как и значительного деформированный) предварительно надо подогреть до 250—300°С.

Разметка выполняется с целью нанесения размеров детали на металл. Разметка может быть выполнена индивидуально, по шаблонам, а также оптическим и машинным методами. Индивидуальная разметка — очень трудоемкий процесс. Шаблоны обычно изготавливают из алюминия листового листа. Для разметки используют инструменты: линейку, угольник, рулетку и чертилку.

Резка как этап подготовки к сварке может быть термической или механической. По производительности термическая резка уступает механической, но она более универсальна и позволяет точно выкроить заготовки разной

геометрической формы (в том числе криволинейной). Механическая резка не может дать такой результат, так как возможности ножиц и прессов ограничены.

Кромки подготавливаются также двумя способами — термическим и механическим. Но чаще используется механический способ.

Кромки с односторонним или двусторонним скосом можно получить, используя одновременно два или три резака, расположенных под соответствующими углами. Механическая обработка кромок на станках выполняется для обеспечения требуемой точности сборки, для выравнивания фасок, имеющих заданное очертание, в случаях, если технические условия требуют удаления металла с поверхности кромок после резки.

Гибка может осуществляться разным инструментом и разными способами, но классическим является гибка на листогибочных вальцах. Кроме этого используется и штамповка (в прокатных условиях).

Кроме этих операций обязательно надо хорошо очистить поверхности свариваемых деталей от грязи, ржавчины, окислы, масел.

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА

Выполнение сварочных швов

Прежде всего о таком понятии, как длина дуги. Что надо знать об этом?

От длины дуги напрямую зависит качество шва и, что немаловажно, его геометрическая форма. Боязнь короткого замыкания заставляет всегда удлинять дугу, а это ухудшает ее устойчивость, ведет к разбрызгиванию металла электрода, уменьшает глубину проплавления основного металла. Конечно, умение поддерживать оптимальную длину дуги приходит с опытом, но всегда оптимальное положение электрода, его расстояние от кромок свариваемой поверхности должно равняться **0,5—1,1 диаметра** применяемого электрода.

Положение электрода, напрямую зависит от вида и диаметра электрода, толщины свариваемого металла, от толщины покрытия самой сварочной проволоки. В принципе сварку можно вести слева направо, справа налево, от себя и к себе (рис. 8). Независимо от направления сварки электрод должен быть наклонен к оси шва так, чтобы основной металл проплавлялся на наибольшую глубину и чтобы правильно формировался шов. Оптимальный угол наклона электрода для получения плотного и гладкого шва — 15° в сторону ведения шва.

Движение электрода происходит в трех основных направлениях. **Первое** — поступательное движение направляется по оси электрода. Такое движение электрода дает возможность обеспечить постоянство длины дуги и связать это со скоростью плавления электрода.

Вторым движением будет перемещение электрода вдоль оси образуемого валика для образования шва. Если эти движения будут отсутствовать, сварочный шов

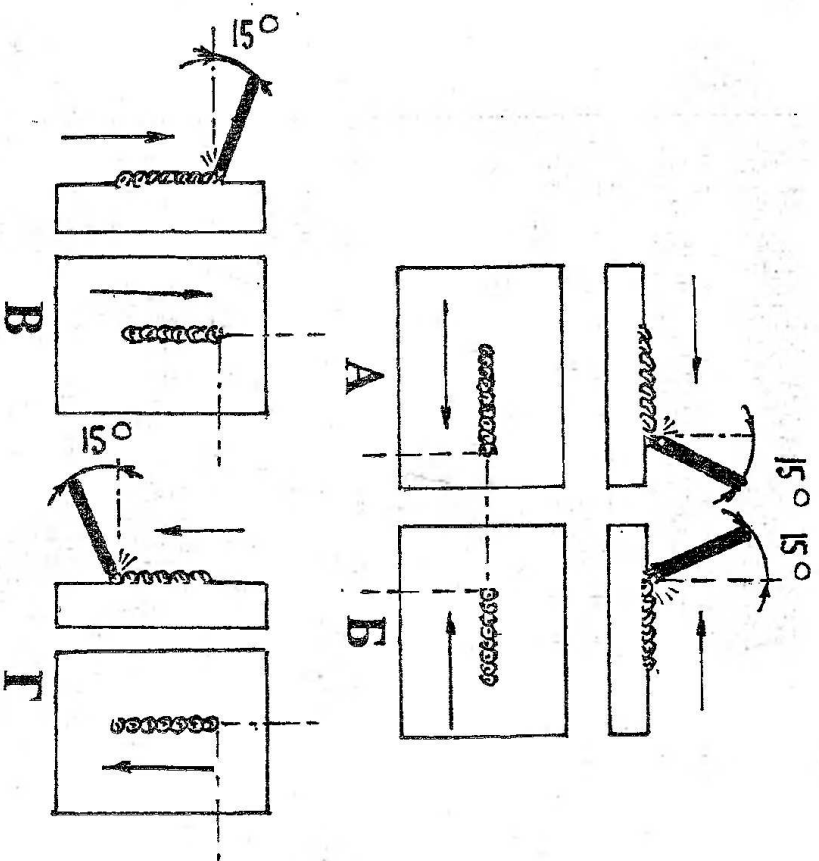


Рис. 8.

А — движение электрода влево; Б — движение электрода вверх; Г — движение электрода вниз

получится очень узким, где-то в пределах 1,5 диаметра электрода. Поперечные движения можно исключить при сварке тонких листов, при прохождении первого (корневого) шва многослойной сварки.

Третье движение представляет собой поперечные колебательные движения конца электрода, как это показано на рис. 9.

Заполнение шва по сечению и по длине

Чтобы заполнить сечение шва, может понадобиться не один проход. И в зависимости от этого могут быть **однослойные, многослойные, многослойно-многоходовые** швы. Схематично такие швы изображены на рис. 10.

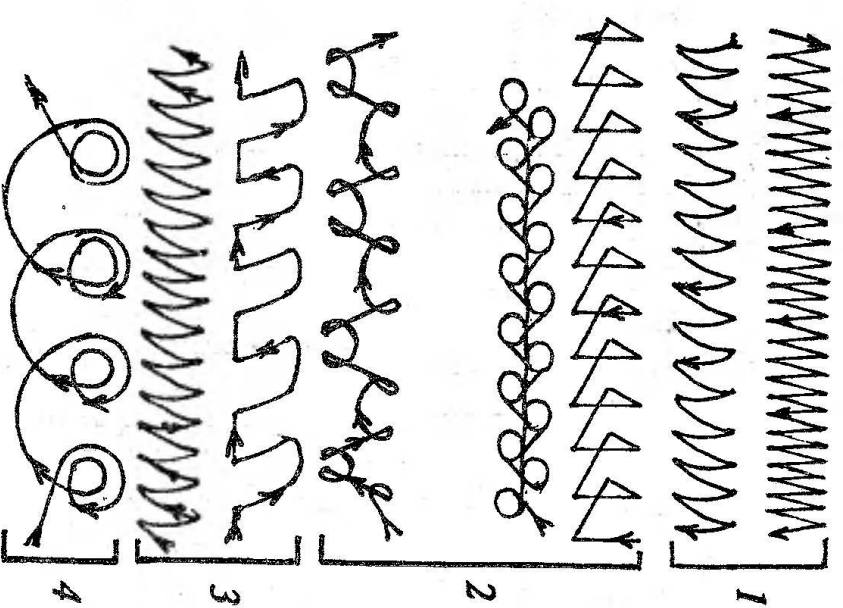


Рис. 9. Движение электрода при различных режимах прогрева. 1 — при слабом прогреве кромок; 2 — при усиленном прогреве кромок; 3 — при усиленном прогреве одной кромок; 4 — при хорошем прогреве корня шва

Если число слоев равно числу проходов дугой, то шов называют многослойным. В случае, если некоторые из слоев выполняются за несколько проходов, такой шов называют многотеходным. Многослойные швы чаще применяют в стыковых соединениях, многотеходные — в угловых и тавровых. По протяженности все швы условно можно разделить на три группы: **короткие** — до 300 мм, **средние** — 300—1000, **длинные** — свыше 1000 мм.

В зависимости от протяженности шва, свойств свариваемого материала, требований к точности и качеству сварных соединений сварка швов выполняется различными способами. На рис. 11 представлены такие схемы сварки. Самое простое — это выполнение коротких швов.

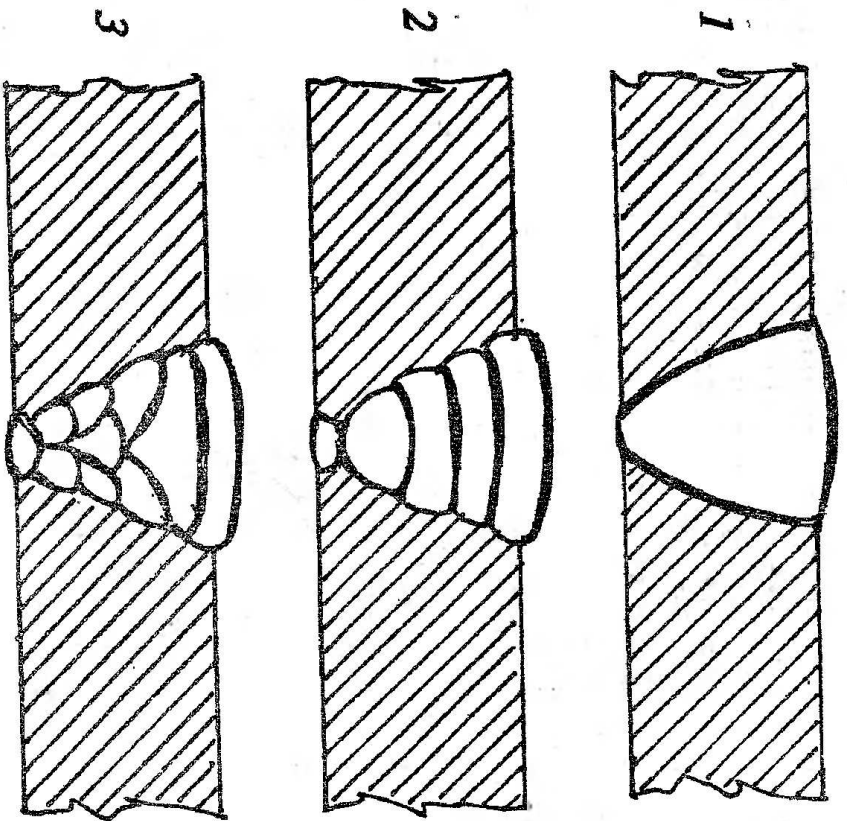


Рис. 10.
1 — однослойный шов; 2 — многослойный шов; 3 — многослойный многослойный шов

Осуществляется движение напроход — от начала до конца шва. Если шов более длинный (назовем его швом средней длины), то сварка идет от середины к концам (обратноступенчатым способом). Если варится шов большой длины, то выполняться он может как обратноступенчатым способом, так и вразброс. Одна особенность — если применяется обратноступенчатый способ, то весь шов разбивается на небольшие участки (по 200—150 мм). И сварка на каждом участке ведется в направлении, обратном общему направлению сварки.

«Горка» или «каскад» применяются при выполнении швов конструкторской, несущих большую нагрузку и конструкторской значительной толщины. При толщинах в 20—

25 мм возникают объемные напряжения и появляется опасность возникновения трещин. При сварке «горкой» сама зона сварки должна постоянно находиться в горячем состоянии, что очень важно для предупреждения появления трещин.

Разновидностью сварки «горкой» является сварка «каскадом».

При сварке, низкоуглеродистой стали каждый слой шва имеет толщину 3—5 мм в зависимости от сварочного тока. Например, при токе 100 А дуга расплавляет металл на глубину около 1 мм, при этом металл нижнего слоя подвергается термической обработке на глу-

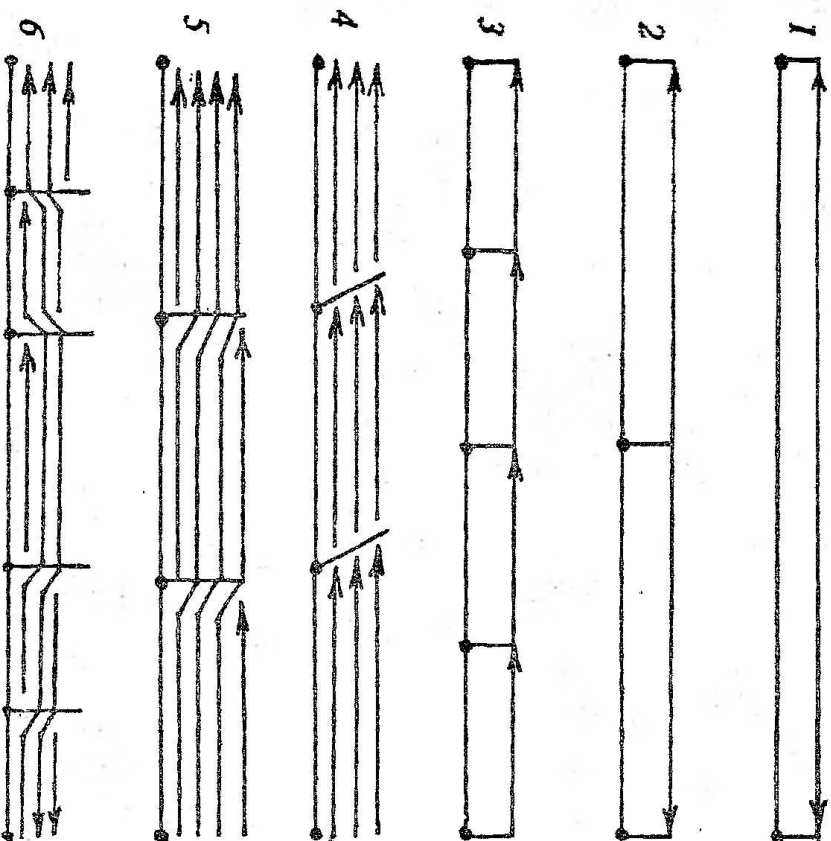


Рис. 11. Схемы сварки.
1 — сварка напроход; 2 — сварка от середины к краям; 3 — сварка обратноступенчатым способом; 4 — сварка блоками; 5 — сварка каскадом; 6 — сварка горкой

бину 1—2 мм с образованием мелкозернистой структуры. При сварочном токе до 200 А толщина наплавленного слоя возрастает до 4 мм, а термическая обработка нижнего слоя произойдет на глубине 2—3 мм.

Чтобы получить мелкозернистую структуру корневого шва, надо нанести подварочный валик, используя для этого электрод диаметром 3 мм при силе тока в 100 А. Перед этим корневой шов должен быть хорошо зачищен. На верхний слой шва наносится отжигающий (декоративный) слой. Толщина такого слоя — 1—2 мм. Этот слой можно получить электродом диаметром 5—6 мм при силе тока в 200—300 А.

Окончание шва. При окончании сварки — обрыве дуги в конце шва — следует правильно заваривать кратер. Кратер является зоной с наибольшим количеством вредных примесей, поэтому в нем наиболее вероятно образование трещин. По окончании сварки не следует обрывать дугу, резко отводя электрод от изделия. Необходимо прекратить все перемещения электрода и медленно удлинить дугу до обрыва; расплавленный при этом электродный металл, заполнит кратер.

При сварке низкоуглеродистой стали кратер иногда выводят в сторону от шва — на основной металл. Если сваривают сталь, склонную к образованию закалочных структур, вывод кратера в сторону недопустим ввиду возможности образования трещин.

Выбор режима сварки

Все параметры режима сварки можно разделить на основные и дополнительные. Основные параметры — это величина и полярность тока, диаметр электрода, напряжение на дуге, скорость сварки. Дополнительные параметры — состав и толщина покрытия электрода, положение электрода и положение изделия.

Итак, на что же влияют основные параметры?

Сварочный ток. Увеличение его вызывает (при одинаковой скорости сварки) рост глубины проплавления (прожара), что объясняется изменением погонной энергии (теплоты, приходящейся на единицу длины шва) и

Режимы сварки стыковых соединений без скоса кромок

Характер шва	Диаметр электрода, мм	Ток в амперах	Толщина металла в мм	Зазор в мм
Односторонний	3	180	3	1,0
Двусторонний	4	220	5	1,5
*	5	260	7—8	1,5—2,0
*	6	330	10	2,0

Примечание. Максимальные значения тока должны уточняться по паспорту электродов.

Режимы сварки стыковых соединений со скосом кромок

Диаметр электрода, мм	Среднее значение тока, А	Толщина металла, мм	Зазор, мм	Число слоев, кроме подварочного и декоративного
4	180—260	10	1,5	2
4	180—260	12	2,0	3
4	180—260	14	2,5	4
4	180—260	16	3,0	5
5	220—320	18	3,5	6

Дополнение: Значения величины тока уточняются по данным паспорта электродов.

Частично изменением давления, оказываемого столбом дуги на поверхность сварочной ванны.

Род и полярность тока также влияют на форму и размеры шва. При сварке постоянным током обратной полярности глубина прожара на 40—50% больше, чем постоянным током прямой полярности, что объясняется различным количеством теплоты, выделяющейся на аноде и катоде. При сварке переменным током глубина прожара на 15—20% меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла, положения, в котором вы-

подняется сварка, а также от вида соединения и формы подготовленных кромок под сварку. При сварке встык листов стали толщиной до 4 мм в нижнем положении диаметр электрода обычно берется равным толщине сваряемого металла. При сварке стали большей толщины используют электроды диаметром 4—6 мм при условии обеспечения полного провара соединяемых деталей и правильного формирования шва.

Напряжение определяет, главным образом, ширину шва. На глубину провара напряжение оказывает весьма незначительное влияние. Если при увеличении напряжения скорость сварки увеличится, ширина шва уменьшится.

Сила тока в основном зависит от диаметра электрода, а также от длины его рабочей части, состава покрытия, положения сварки. Чем больше ток, тем выше производительность, т. е. больше наплавляется металла.

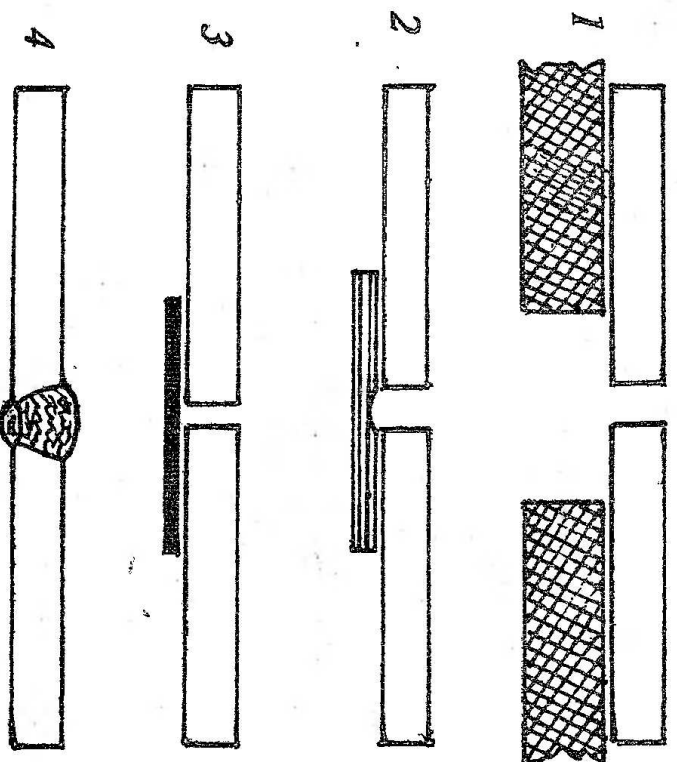


Рис. 12. Сварка стыковых швов.
1 — сварка шва «на весу»; 2 — сварка на мелкой подкладке (съемной);
3 — сварка на стальной остающейся подкладке; 4 — сварка с предварительным подварочным швом

Однако при чрезмерном для данного диаметра электрода токе электрод быстро нагревается выше допустимого предела, что приводит к снижению качества шва и повышенному разбрызгиванию.

На рис. 12 представлены схемы сварки *стыковых швов на весу*, на мелкой съемной подкладке, с предварительным подварочным швом и на стальной подкладке.

Горизонтальные, вертикальные и потолочные швы

Выполнение указанных швов потребует определенных навыков. Существует очень большая вероятность вытекания расплавленного металла, падение каплей. Чтобы этого не происходило, сварку надо производить очень короткой дугой. Кроме этого будут необходимы и определенные колебания электрода.

Начнем с вытекания расплавленного металла. Что может удерживать слой расплавленного металла в сварочной ванне? Только сила поверхностного натяжения. Употребим и термин «пленка поверхностного натяжения». И чем тоньше будет масса, тем больше вероятности, что она будет удержана силой (пленкой) поверхностного натяжения. Достичь этого можно следующим приемом: конец электрода надо периодически отводить в сторону от ванны, давая возможность расплавленному металлу частично закристаллизоваться. Далее — применяется пониженный ток (на 10 или 20%) и электроды меньшего диаметра. Все это даст уменьшение ширины сварочного валика. Для потолочных швов оптимальными являются электроды с диаметром 4 мм, для горизонтальных (включая и вертикальные) швов берутся электроды с диаметром 5 мм.

Теперь конкретно о каждом из швов.

Потолочный шов. Самый сложный из всех (рис. 13).

Сварку выполняют периодическими короткими замыканиями конца электрода на сварочную ванну, во время которых металл сварочной ванны частично кристаллизуется, что уменьшает объем сварочной ванны. В то же время расплавленный электродный металл выносится в сварочную ванну. При удлинении дуги образу-

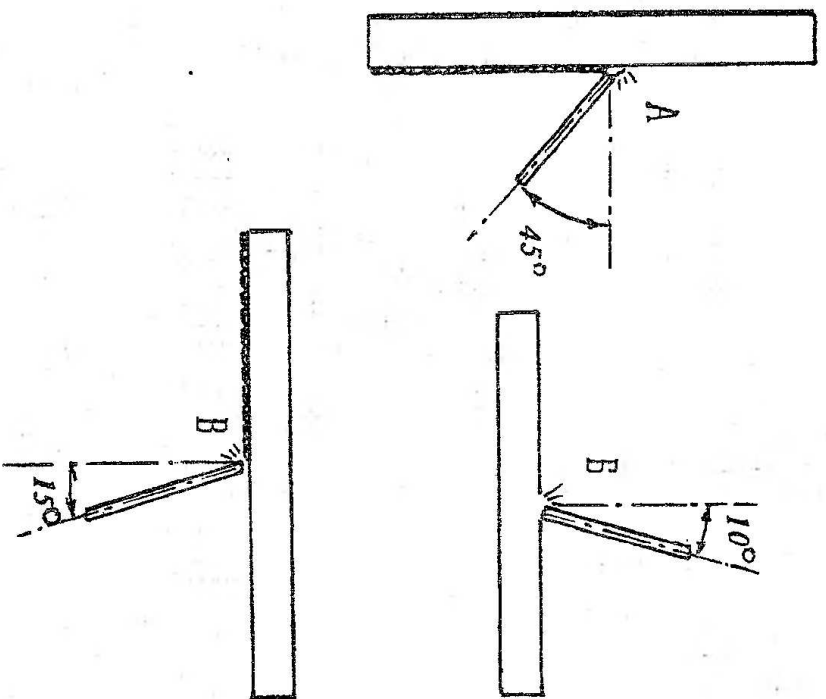


Рис. 13. Угол наклона электрода при сварке.
А — угол при вертикальной сварке; В — угол при горизонтальной сварке; В — угол при поперечной сварке

ются подрезы. При сварке этих швов создаются неблагоприятные условия для выделения шлаков и газов из расплавленного металла сварочной ванны.

Вертикальный шов. Может быть выполнен двумя способами — на спуск и на подъем. Предпочтительнее сварка на подъем. В этом случае нижележащий, уже частично закристаллизовавшийся металл удерживает находящийся выше (у электрода) расплавленный металл. При данном способе удобно проваривать корень шва и кромок. Объясняется это тем, что расплавленный металл с электрода будет стекать в сварочную ванну. Единственный недостаток данного способа — поверхность шва будет покрыта грубой чешуей.

Сварка на спуск легче, но будет труднее получить качественный провар места соединения деталей. Дело в

том, что расплавленный металл и шлак будут подтекать под дугу и удерживаться могут только силой поверхностного натяжения и силой действующей дуги. Но эти две силы могут быть недостаточными и расплавленный металл потечет.

Горизонтальный шов. Более сложен в исполнении, чем вертикальный. Причина — стекание расплавленного металла из сварочной ванны на нижнюю кромку. В результате возможно образование подреза по верхней кромке. При сварке металла повышенной толщины обычно делают скос только одной верхней кромки, нижняя помогает удерживать расплавленный металл в сварочной ванне. Сварка горизонтальных угловых швов в нахлесточных соединениях не вызывает трудностей и по технике не отличается от сварки в нижнем положении.

Сварка тонколистовой стали

Основной трудностью при соединении металла толщиной менее 2 мм ручной дуговой сваркой является образование прожогов. Для исключения появления прожогов используют следующие приемы:

- швы сваривают электродами малого диаметра 1,6—2 мм);
- сварку ведут на минимальном токе (50—70 А);
- чтобы обеспечить устойчивое горение дуги, в сварочную цепь необходимо подключить осциллятор;
- делаются отбортовки кромок свариваемых листов, что полностью исключает прожоги.

Если происходит приваривание толстого листа к тонкому, то плавным условием, которое надо обязательно соблюсти, будет возможно более плавный переход от толстого металла к тонкому. Сварку лучше всего выполнять на подкладках с применением осциллятора.

Сварка чугуна

Выбор технологии и способа сварки чугуна определяется тем, какая сварка необходима — холодная или горячая. Эти два вида сварки различаются тем, что холодная сварка не предполагает предварительного под-

грева свариваемых деталей, а горячая сварка требует подогрев (предварительный) деталей до температуры 600—800°C. По указанным причинам холодная сварка нашла более широкое применение на практике, чем горячая. Теперь непосредственно о самой технологии сварки. Начнем с горячей сварки.

Технология горячей сварки включает в себя очистку деталей, формовку свариваемых деталей, предварительного подогрева до температуры 600—800°C, сварки и последующего медленного охлаждения.

Подготовка под сварку дефектного места заключается в тщательной очистке от загрязнений и в разделе для образования полостей, обеспечивающих доступность для манипулирования электродом.

При сварке *сквозных* трещин или заварке дефектов, находящихся на краю деталей, необходимо применить *графитовые* формы, предотвращающие вытекание жидкого металла из сварочной ванны. Формы выполняются с помощью графитовых пластинок, скрепляемых формовочной массой, которая состоит из кварцевого песка, замешанного на жидком стекле. Кроме того, формы можно скрепить в опоках формовочными материалами, применяемыми в литейном производстве. Подогрев необходим для того, чтобы после сварки произошло равномерное охлаждение всего изделия и в результате не образовывались трещины.

Детали нагревают в специальных печах или с помощью индукционных нагревателей. Для ручной дуговой сварки лучше всего использовать плавывшиеся электроды ПЧ-5, ЭЧ-1, ЭЧ-2. Сама горячая сварка выполняется на больших сварочных токах без перерывов до конца заварки дефекта при большой сварочной ванне. Так, для сварки электродом диаметром 8 мм требуется ток 600 А, а диаметром 12 мм — ток 1000 А.

Горячая сварка чулуна утолненным электродом ведется на постоянном токе прямой полярности: для электродов диаметром 8—20 мм используются соответственно токи 280—600 А.

Во время сварки следует непрерывно поддерживать значительный объем расплавленного металла в сварочной ванне и тщательно перемешивать металл концом

электрода или присадочного стержня. Для замедленного охлаждения заваренные детали засыпают мелким древесным углем или сухим песком. Остывание массивных деталей может длиться 3—5 суток.

Для защиты и раскисления ванны применяют флюсы на борной основе, чаще всего техническую безводную бору, прокаленную при температуре 400°C.

Основными недостатками горячей сварки чулуна являются большая трудоемкость процесса и тяжелые условия труда сварщиков.

Технология холодной сварки. Процесс включает в себя очистку деталей, подготовку (разделку) кромок, сварку, последующую проковку.

Существует несколько способов выполнения сварки. В основе их лежит применение различных по своему составу и назначению электродов — стальных, никелевых, железоникелевых, медно-никелевых, медно-железных.

Сварка стальными электродами. Электроды ПЧ-4 состоят из проволоки из низкоуглеродистой стали с карбидообразующим покрытием. Применяют при ремонте ответственных чугунных изделий небольших размеров с малым объемом наплавки, не требующих после сварки механической обработки.

Электроды УОНИ-13/45 — стальные с защитно-летирующим покрытием предполагают подготовку кромок деталей. Кромки делаются Х- или V-образной формы. При использовании этих электродов детали сваривают *отдельными участками разбивку*. Длина этих участков сварного шва не должна превышать 100—120 мм. После наплавки участкам дают возможность остыть до температуры 60—80°C.

Сварка железоникелевыми электродами. *Электроды ОЗЖН-1* используют для заварки отдельных небольших дефектов на обрабатываемых поверхностях отливок ответственного назначения из серого и высокопрочного чулуна. Наплавленный металл имеет высокую прочность и плотность, хорошо обрабатывается.

Сварка медно-железными электродами. Применение таких электродов не допускает чрезмерного разогрева деталей, которые свариваются. Применяются они главным образом для заварки дефектов на отливках, кото-

рые играют ключевую роль в механизмах (конструкциях), несут большую нагрузку или работают под давлением. Самые лучшие среди медно-железных электродов — изделия марки ОЗЧ-2, представляющие собой мелкий стержень диаметром 4—5 мм, на который нанесено покрытие, состоящее из сухой смеси покрытия типа УОНИ-13 (50%) и железного порошка (50%), замешанных на жидком стекле. После сварки ударами легкого молотка выполняют *проколку* наплавленного металла в горячем состоянии. Она уменьшает сварочные напряжения и снижает опасность образования трещин в околосшовной зоне. В результате наплавленный металл имеет высокую пластичность и удовлетворительно обрабатывается.

Сварка никелевыми электродами. Область их применения та же что и у ОЗЧ-2. ими подваривают небольшие дефекты в деталях, несущих значительные нагрузки. Лучший представитель этого вида электродов — ОЗЧ-3. Если деталь работает на истирание, то оптимальным будет применение именно этого электрода.

Медно-никелевые электроды хороши тем, что никель и медь не растворяют углерод. Металл, наплавленный с помощью электродов МНЧ-1 и МНЧ-2 имеет низкую твердость, очень хорошо обрабатывается, т.к. данные электроды не образуют структур, имеющих большую твердость после нагрева и последующего быстрого охлаждения.

Медно-никелевые электроды применяют главным образом для заварки литейных дефектов, обнаруживаемых в процессе механической обработки чугунного литья на рабочих поверхностях, где местное повышение твердости недопустимо.

Сварку выполняют электродами диаметром 3—4 мм ничтожным швом короткими участками. При этом *не следует* допускать *перезрева* детали, для чего рекомендуются перерывы с целью охлаждения шва. Наплавленные валтики в горячем состоянии следует тщательно проковыпать ударами легкого молотка.

Медь. Ее сварка осложняется большой теплопроводностью, присущей меди (выше в шесть раз, чем у железа), способностью сильно окисляться в расплавленном состоянии. Сварка меди сильно осложняется наличием примесей, которые всегда имеются в ее составе. Еще одна особенность — медь в расплавленном состоянии сильно поглощает водород. А это приводит к появлению внутри свариваемого участка пузырьков воды, в результате чего создаются напряжения, что является причиной появления большого числа микротрещин. Это явление получило название *водородной болезни* меди. Чтобы ее предупредить, следует *снижать количество водорода* в зоне сварки. Для этого перед сваркой производят прокатку электродов и флюсов, *применяют защитные газы*.

Ручная сварка угловым электродом находит ограниченное применение, преимущественно для малоответственных изделий. Угловые электроды целесообразно использовать при толщине меди до 15 мм. При больших толщинах лучшие результаты получают, применяя *графитовые электроды*. Сварку выполняют электродами, заточенными на конус (на 1/3 его длины), на постоянном токе прямой полярности. Плотность тока на электроде обычно составляет 200—400 А/см².

При применении углового электрода сварку надо вести длинной дугой и присадочный материал не погружать в ванну, а держать его под углом приблизительно 30° по отношению к изделию и на расстоянии 5 мм от поверхности расплавленного слоя.

Электрод располагают под углом 75—90° к свариваемому изделию. Углекислый газ, выделяющийся в процессе сварки, недостаточно защищает расплавленный металл от окисления, поэтому применяют присадочный материал с раскислителем — фосфором, а также флюс (94—96% прокаленной буры, 6—4% металлургического магнезия). Флюс наносят на смоченную жидким стеклом поверхность прутка или на свариваемые кромки в виде пудры и просушивают на воздухе.

В случае, если толщина свариваемых деталей меди достигает 5мм, стыковое соединение должно иметь угол

среза на кромках до 90°. Непосредственно сварку надо вести на асбестовой (графитовой) основе. Электрод при этом должен иметь угол наклона вперед — 10—20°. Желательна послесварочная проковка по всей длине того-вого шва.

Соединение из металла толщиной до 5 мм проковывают без подогрева, при большей толщине — с подогревом до 800°C и последующим быстрым охлаждением. Стыковые швы рекомендуются сваривать в один слой с одной стороны во избежание снижения механических свойств.

Ручную сварку покрытыми электродами выполняют на постоянном токе обратной полярности короткой дугой без поперечных колебаний. Возвратно-поступательное движение даст оптимальное формирование шва. Если дугу увеличивать, это приведет к разбрызгиванию и существенно ухудшит механические свойства шва.

Если толщина свариваемого листа меди (детали) не превышает 4 мм, сварку можно начинать без подогрева. При сколе кромок и без предварительного подогрева. При толщине выше 5 мм предварительный подогрев необходим (до 300°C) и разделка кромок под углом 70° обязательна.

Для сварки меди наибольшее распространение получили электроды «Комсомолец-100», в которых в качестве стержня использована медная проволока М1 и М2. Разработаны высокопроизводительные электроды марок АНЦ-1 и АНЦ-2, обеспечивающие выполнение сварки без подогрева меди толщиной до 15 мм. При небольшом подогреве (до 400°C) эти электроды можно использовать для сварки медных изделий большой толщины.

Бронза представляет собой сплав меди с оловом (оловянистые бронзы), кремнием (кремнистые бронзы), марганцем, бериллием, фосфором и др. По свариваемости бронзы значительно отличаются друг от друга, поэтому и технология сварки бронз разнообразна. Присадочный материал обычно подбирают близким к химическому составу свариваемого металла. Сварку выполняют постоянным током обратной полярности, не сплошным непрерывным швом, а короткими отрезками.

Латунь — сплав меди с цинком. При сварке латуней лучше всего применять электроды марки ЭТ, учитывающие температуру плавления латуней — 800—1000°C.

Сварка ведется постоянным током обратной полярности короткой дугой. После сварки шов проковывают, а затем отжигают при температуре 600—660°C для выравнивания ее химического состава и придания зерну мелкозернистой структуры.

Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий. Начать следует с того, что сварка как алюминия, так и его сплавов осложнена тем, что в процессе сварки на поверхности расплавленного слоя моментально образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия. Эта пленка препятствует процессу сплавления отдельных частей металла. Дело в том, что оксид алюминия плавится при температуре 2050°C, а сам алюминий — 658°C. Чтобы преодолеть эту технологическую трудность, применяют ряд специальных способов.

Первое и важное условие — подготовка к сварке. Соединяемые детали должны быть обязательно обезжирены, при этом уже имеющаяся на поверхности пленка оксида алюминия удаляется. Присадочная проволока обрабатывается таким же способом. Электродные стержни также очищаются перед нанесением на них покрытия.

Металл на ширине 80—100 мм от кромок обезжиривают растворителями (авиационным бензином, техническим ацетоном), затем механической зачисткой или химическим травлением удаляют оксидную пленку.

Удаление пленки оксидов включает следующие операции: травление в течение 0,5—1 мин (состав: раствор едкого натра 50 г и фторида натрия 40 г на 1 л воды); промывку в проточной воде, осветление в течение 1—2 мин в 30%-м растворе азотной кислоты для алюминия и сплавов типа АМц или 25%-м растворе ортофосфорной кислоты для сплавов типа АМг; промывку в проточной, а затем горячей воде; сушку до полного удаления влаги. Обезжиривание и травление рекомендуются выполнять не более чем за 2—4 ч до сварки.

Электроды непосредственно перед сваркой надо про- сушить в течение двух часов при температуре 200°С.

В связи с тем что алюминиевый электрод плавится в 2—3 раза быстрее стального, скорость сварки алюминия должна быть соответственно выше. Сварку рекомендуется выполнять непрерывно в пределах одного электрода, так как пленка шлага на кратере и конце электрода препятствует повторному зажиганию дуги. Для обеспечения устойчивого процесса при минимальных потерях на разбрызгивание рекомендуется принимать сварочный ток из расчета не более 60 А на 1 мм диаметра электрода.

Сварка металла толщиной до 2 мм осуществляется без присадки и без разделки кромок, металл толщиной свыше 2 мм сваривают с зазором 0,5—0,7 толщины свариваемых листов или с разделкой кромок. Окисленную пленку удаляют с помощью флюсов АФ-4А.

Ручную сварку покрывными электродами применяют в основном при изготовлении малонагруженных конструкций из технического алюминия, сплавов типа АМц и АМг, силумина. Использование постоянного тока обратной полярности и предварительного подогрева (для средних толщин — 250—300°С, для больших толщин — до 400°С) обеспечивает требуемое проплавление при умеренных сварочных токах.

Ручная дуговая сварка изделий из технически чистого алюминия производится электродами ОЗА-1, а сварка изделий из силуминов — электродами ОЗА-2. Работаны новые электроды ОЗАНД, которые по технологическим характеристикам существенно превосходят электроды серии ОЗА. При использовании этих электродов обеспечивается мелкокапельный перенос электрода, хорошего металла, хорошее формирование шва в любых пространственных положениях, легкая отделимость шлаковой корки.

Сварка титана и его сплавов

Для того, чтобы надежно осуществить сварку титана, надо защитить как зону сварки, так и обратную сторону шва от воздействия атмосферного воздуха. Для этого делаются удлиненные насадки с отверстиями и защитные

козырьки, которые защищают зону сварки. Обратную сторону шва защищает медная или стальная подкладка, которая плотно прижимается к шву.

Каким будет качество сварных соединений — это зависит напрямую от проведенной подготовки кромок деталей и самой титановой проволоки. Окисдная пленка, образовавшаяся после горячей обработки, должна быть удалена механическим путем. Титан после этого должен быть протравлен в течение 5—10 мин в смеси солей с кислотами (50 г фторида натрия, 350 мл соляной кислоты и 650 мл воды) при температуре 60°С. Сварка осуществляется вольтфрамовым электродом при постоянном источнике тока.

Сварку ведут без колебательных движений горелки, на короткой дуге углом вперед. Угол между электродом и присадочным материалом поддерживают в пределах 90°, подачу присадочной проволоки осуществляют непрерывно. После окончания сварки или обрыва дуги артон должен подаваться до тех пор пока металл не остынет примерно до 400°С.

При ручной дуговой сварке титана вольтфрамовым электродом диаметром 1,5—2 мм и присадочной проволокой диаметром 2 мм сварочный ток составляет 90—100 А для металла толщиной 2 мм. Если толщина металла доходит до 4 мм — величина сварочного тока будет равняться 120—140 А.

Наплавка твердыми сплавами

Цель наплавки — упрочнение и восстановление деталей (оборудования) посредством нанесения на поверхность покрытий, обладающих высокой износостойкостью (кислотостойкостью, термостойкостью). В этом раз- деле речь пойдет о нанесении защитного покрытия именно с помощью сварки.

Процесс наплавки является основой и для изготовления биметаллических изделий. В зависимости от того, какая форма изделия, какие берутся исходные материалы, какие условия работы, наконец масса изделия, предполагают различные подходы в выборе технологии наплавки.

Если невозможна механизация процесса сварки (наплавки), то лучше всего остановиться на наплавке *покрытыми электродами*. Глубина проплавления основного металла должна быть минимальной. Это достигается путем наклона электрода в сторону, обратную ходу наплавки. Диаметр электрода должен быть в пределах 2—6 мм. Ток постоянный, обратной полярности (на электроде «плюс»). Сила тока — от 80 до 300 А. Наплавка будет определенным навыком в работе. Надо при минимальном токе и напряжении, чтобы не увеличивать долю основного металла в наплавленном, оплавить оба компонента. Состав металла будет определять тип электрода, а толщина и форма — диаметр электрода. В предлаваемой ниже таблице даны основные типы и марки покрытых электродов для наплавки.

Напряжение дуги определяет форму наплавленного валика, при его повышении увеличивается ширина и уменьшается высота валика, возрастает длина дуги и окисляемость легирующих примесей, особенно углерода. В связи с этим стремятся к минимальному напряжению, которое должно согласовываться с током дуги. Обычно наплавку ведут при напряжении дуги 28—32 В и силе тока 300—450 А электродной проволокой диаметром 3—4 мм.

Техника наплавки предусматривает различные приемы ведения работ при наплавке тел вращения, плоских поверхностей и деталей сложной формы. Цель их одна — получение качественного наплавленного слоя заданных свойств и минимальная деформация изделия.

При наплавке тел вращения это достигается ведением непрерывного процесса по винтовой линии с перекрываем последующим валиком предыдущего. Плоские детали целесообразно наплавливать электродными лентами с минимальным проплавлением основного металла. Применяемые в качестве наплавочных материалов *хромоникелевые аустенитные стали* обладают высокими антикоррозионными свойствами. Если в эту сталь добавить марганец, возрастет ее вязкость, что важно для процесса наплавки.

Когда хромоникелевые аустенитные стали используются для наплавки, то использовать надо покрытые

Тип	Марка	Область применения
Э-08Х17Н8С6Г	ЦН-6М, ЦН-6П	Уплотнительные поверхности арматуры для котлов, трубопроводов и нефтеаппаратуры
Э-09Х23Н8АМ2	УОНИ-13/Н1-БК	
Э-13Х16Н8М5С5Г4В	ЦН-12М, ЦН-12Л	
Э-15Х28Н10С3ГТ	ЦН-19	
Э-15Х28Н10С3М2ГТ	ЦН-20	
Э-200Х29Н6Г2	ЦН-3	
НЭ-190К62Х29В5С2	ЦН-2	
Э-80В18Х4Ф	ЦН-1М	Металлорежущий инструмент, штампы горячей штамповки в тяжелых условиях
Э-10К18В11М10Х3Ф	ОЗН-5	
Э-300Х28Н4С4	ПС-1	
Э-16Г2ХМ	ОЗШ-1	Штампы горячей штамповки
Э-35Г6	ЦН-4	
Э-30В8Х3	ЦНП-1	
Э-90Х4М4ВФ	ОЗН-3	
Э-10Г2	ОЗН-250У	Детали, работающие в условиях интенсивных ударных нагрузок
Э-12Г4	ОЗН-350У	
Э-15Г5	ОЗН-400У	
Э-30Г2ХМ	НР-70	
Э-37Х9С2	ОЗШ-3	Штампы холодной штамповки
Э-70Х3СМТ	ЭН-60М	
Э-35Х12Г2С2	НЖ-3	
Э-100Х12М	ЭН-Х12М	
Э-10М9Н8К8Х2СФ	ОЗШ-4	
Э-65Х11Н3	ОМГ-Н	Износостойкие детали из высокомарганцевистых сталей типов 110Г13 и 110Г13П
Э-65Х25Г3Н3	ЦНИИН-4	
Э-95Х7Г5С	12АН/ЛПВГ	Детали, работающие в условиях интенсивных ударных нагрузок с абразивным изнашиванием
Э-30Х3В2Г2СМ	ТКЗ-Н	
Э-225Х10Г10С	ЦН-11	Детали, работающие в условиях интенсивного абразивного изнашивания с ударными нагрузками
Э-110Х14В13Ф2	ВСН-6	
Э-175В8Х6СТ	ЦН-16	

электроды одинакового с этой сталью состава. Сама наплавка ведется в среде газа аргона или под флюсом. Подогревать хромоникелевые стали не требуется.

Хромистые стали, обладающие высокими стойкостью к коррозии и прочностью при повышенных температурах, применяются для наплавки уплотнительных поверхностей задвижек для пара и воды, плунжеров гидротрестов, штампов и других деталей. Наплавку производят самозащитной порошковой проволокой ПП-АН106, наплавочной проволокой Нп-30Х13 и Нп-40Х13, сварочной проволокой Св-10Х17Т, порошковой проволокой ПП-АН103 и ПП-АН104.

Наплавку хромистых сталей надо вести очень короткой дугой. Рекомендуемое при этом напряжение — 24—26 В. В случае с хромистыми сталями — предельный подогрев до температуры 200—250°С.

Для наплавки применяются также хромомолибденовые и хромовольфрамовые стали, обладающие высокой стойкостью к термическому изнашиванию. Наплавка производится порошковыми проволоками ПП-25Х5ФМС, ПП-3Х2В8 и ПП-АН132 спеченной лентой ЛС-5Х5В3ФС, покрытыми электродами ВСН-6. Для предупреждения трещин наплавку ведут при температуре детали 350—400°С с последующим замедленным охлаждением.

Для наплавки применяются и *высокохромистые чугуны*, главным образом там, где требуется защита деталей от абразивного изнашивания. Наплавки осуществляются покрытыми электродами, применяя порошковую проволоку ПП-АН101 и ленту ПЛ-АН101.

Установки для ручной сварки

В заключение темы о ручной сварке металла необходимо дать информацию о существующих установках для облегчения и совершенствования процесса сварки.

Начнем с установки УПС-301У4, работающей на постоянном токе. Данная установка дает пульсирующую дугу и надежно обеспечивает процесс *точечной сварки*. В своем комплекте установка имеет горелку, блок поджигания с возбудителем дуги, сварочный выпрямитель с тиристорным регулированием сварочного тока, дистанционный регулятор сварочного тока. Установка оснащена газовой аппаратурой (ротаметрами и клапанами).

На базе установки УДГ-301 выпускается универсальная установка УДГУ-301. Ее универсальность в том, что она может работать как на постоянном, так и на переменном токе.

Установка УДГ-201УХ14 тоже работает на постоянном токе прямой полярности. Предназначена для аргодуговой сварки в непрерывном и импульсном режиме. При номинальном токе в 200 А установка успешно сваривает титан, медь, никель (включая все сплавы на их основе).

Хорошие швы получаются и при сварке данной установкой коррозионностойких сталей.

Для сварки переменным током задействуются установки УДГ-301-1 и УДГ-500-1.

В перечисленных установках применяются горелки ЭЗР-4, ГР-10, ГР-6, ГСН-1. При сварке в монтажных условиях на токах до 150 А применимы горелки с воздушным охлаждением — ЭЗР-3 и ЭЗР-5.

Считаем необходимым напомнить, что большинство металлов сваривают на постоянном токе прямой полярности («плюс» на изделии). Переменным током сваривают алюминий, магний и бериллий.

При обратной полярности («плюс» на электроде) возрастает напряжение дуги, повышается нагрев и расход электрода. Но обратная полярность имеет и свои плюсы — с поверхности свариваемого металла удаляются оксиды и загрязнения. Именно поэтому дуга обратной полярности эффективна при сварке металлов, имеющих прочные оксидные пленки.

Присадочная проволока вводится в сварочную ванну возвратно-поступательными движениями небольшими порциями или серповидными колебательными движениями попереk шва. Это обеспечивает благоприятные условия для перемешивания и сплавления присадочного материала с основным. Не следует вводить конец присадочной проволоки в столб дуги, где под действием высокой температуры она интенсивно плавится и разбрызгивается. В процессе сварки необходимо следить, чтобы разогретый конец присадочной проволоки находился внутри потока защитного газа. Подрукая проволоку в сварочную ванну, нужно одновременно слегка от-

водиль от ванны конец вольфрамового электрода. Подача проволоки и отвод конца вольфрамового электрода должны выполняться плавно, без резких движений, которые могут нарушить истечение защитной струи аргона.

При сварке нельзя допускать касания торцом вольфрамового электрода расплавленной ванны жидкого металла. Если касание происходит, сварку необходимо прекратить, а загрязненный участок шва — зачистить или вырубить. Торец вольфрамового электрода следует зашлифовать и прожечь, возбуждив дугу на вспомогательном медном элементе. После вынужденного обрыва дуги сварку возобновляют на расстоянии не менее 10—15 мм до места ее обрыва, не допуская заметного усиления шва.

СОВРЕМЕННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА

Сварочные полуавтоматы

Сварочный полуавтомат — это устройство, предназначенное для дуговой механизированной сварки. Составными частями полуавтомата являются горелка, помещаемая вручную и автоматизированное устройство для подачи электродной проволоки. Если сравнивать области применения сварочных полуавтоматов и автоматов, то первые нашли более широкое распространение, т.к. применение сварочной горелки позволяет осуществлять сварку в тех местах, где невозможно задействовать сварочные автоматы. Практически все труднодоступные места доступны полуавтоматам. Есть сведения, что в настоящее время до 70% всех сварочных работ в России производятся именно сварочными полуавтоматами. При этом многие полуавтоматы снабжены программируемым устройством в блоке управления.

Для того, чтобы определить, какой полуавтомат необходим для конкретной работы, надо знать единую систему обозначения сварочных аппаратов. Останемся на этом.

Первые две буквы обозначают изделие и способ сварки. Например — ПШ — полуавтомат штанговый; УД — установка для дуговой сварки.

Третья буква информирует о способе защиты сварочной дуги. Например — ФГ — флюсо-газовый; Ф — флюсовый. Может быть и так, что третья буква отсутствует вообще. Это объясняется тем, что все полуавтоматы осуществляют сварку в защитных газах, и повторять это нет необходимости.

За буквенными индексами следуют цифры.

Первая цифра всегда указывает ток сварки (в сотнях ампер).

Вторая и третья цифры указывают на конкретную модификацию изделия.

За третьей цифрой снова идет буква — она показывает климатическое исполнение: ХI — для эксплуатации в районах с холодным климатом, У — в районах с умеренным климатом, Т — в районах с тропическим климатом.

Последний цифровой индекс показывает категорию размещения: 1 — на открытом воздухе, 2 — неоталиваемое помещение, 3 — помещение с естественной вентиляцией, 4 — помещение с принудительной вентиляцией и отоплением, 5 — помещение с повышенной влажностью.

У всех полуавтоматов подача электродной проволоки осуществляется по пустотелому шлангу, поэтому они именуется шланговыми полуавтоматами.

Следующее, что важно знать о современных шланговых полуавтоматах — это наличие унифицированных узлов.

Все модификации имеют единые разъемы, гнезда, диаметры электродной проволоки, энергетические параметры. Конкретно речь идет о взаимозаменяемости и совместимости электродвигателей, горелок, катушек с проволокой, подающих механизмов, блоков управления.

Схематично полуавтомат для сварки в среде защитного газа показан на рис. 14. Его основные составные части — сменная газовая горелка, подающий механизм, шланг подачи электродной проволоки, кассеты для хранения проволоки, газового шланга, блока управления, источника питания, провода цепи управления, газовой аппаратуры, кабеля.

Мы часто упоминаем о сварочной горелке.

Вкратце объясним ее устройство. Для этого обратимся к рисунку. Горелка предназначена для подачи в зону горения электродной проволоки и защитного газа (или флюса).

Рукоятка сварочной горелки должна быть прочной и удобной для работы. С этой целью ее изготавливают из литьевого изоляционного материала. На рукоятке раз-

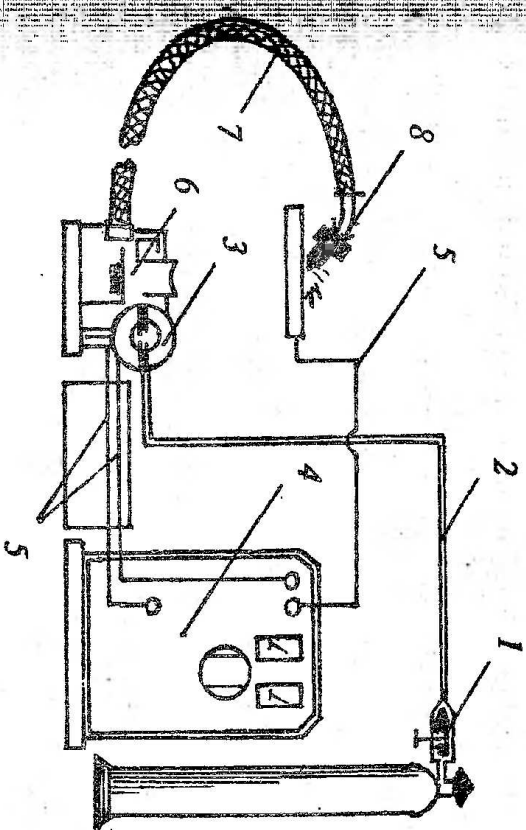


Рис. 14. Схема полуавтомата для сварки в защитных газах.

1 — регулятор поступления газа; 2 — газопровод; 3 — кассета для проволоки; 4 — электродшланг; 5 — электрокабели; 6 — подающий механизм; 7 — шланг к горелке; 8 — газовая горелка

мешены предохранительный штифт и пусковая кнопка. Наиболее ответственными элементами сварочной горелки являются сопло и наконечник, подводящий ток.

Сопло горелки — на нем из-за высокой температуры постоянно возникает налипание расплавленного металла. Чтобы устранить это, металлургическое сопло хромируют или полируют. Есть и другой выход — сопло изготавливают из керамического материала. В случае, если сварочный ток достигает значения 315 А и выше, применяется дополнительное охлаждение сопла горелки. Периодичность смены горелки — через каждые полгода.

Наконечники для подачи тока — изготавливаются из меди с гарантированным сроком работы — от 5 до 10 часов непрерывной работы. Если наконечник изготовлен из бронзы — то срок его службы еще меньше. Изготавливаемые в последнее время медно-графитовые наконечники имеют тоже малый срок службы, но лучше обеспечивают контакт и гарантируют хорошее скольжение, что важно при сварке алюминиевой проволокой. Только наконечник на медно-вольфрамовой основе обеспечивает более длительную работу без замены.

Очень важно, чтобы сварочная дуга была надежно за-
 щиплена от воздушного потока. Это обеспечивает поток
 защитного газа, как это показано на рис. 15.

Конструкции горелок предполагают использование
 только одной величины сварочного тока. Их надо
 запомнить — 125, 160, 220, 250, 315, 400, 500, 630 А.

Механизированную сварку под флюсом выполняют
 сварочными горелками с бункером для флюса и водоох-
 лаждающим соплом.

При необходимости проведения механизированной
 сварки неплавящимся электродом используют свароч-
 ные горелки, у которых токоподводящий кончик
 заменен цангой, предназначенной для закрепления не-
 плавящегося электрода. Эти сварочные горелки имеют
 водяное охлаждение.

Теперь поговорим о полуавтоматах сварки в среде за-
 щитного газа.

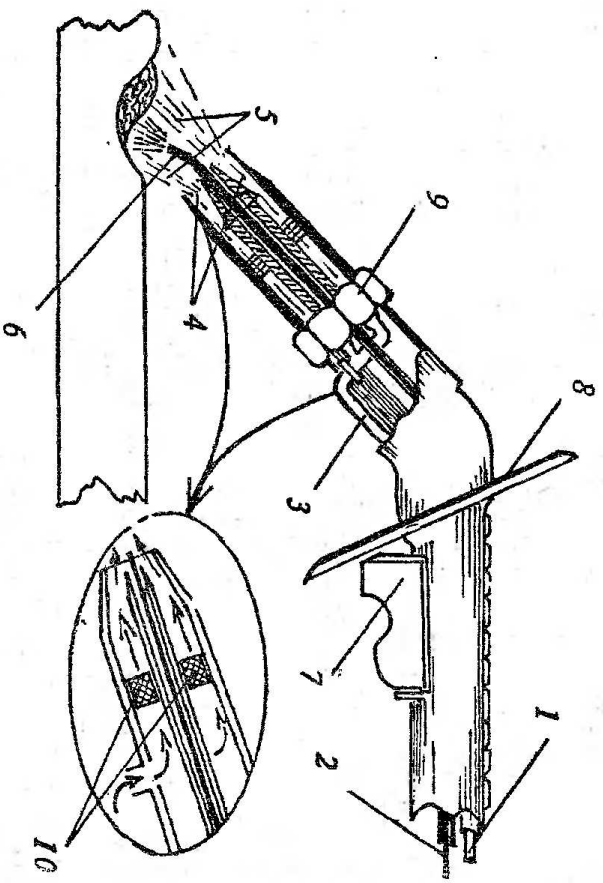


Рис. 15. Сварочная горелка с плавящимся электродом в среде
 защитного газа.

1 — трубка подачи защитного газа; 2 — вход плавящегося электрода
 (проволоки); 3 — вход защитного газа к соплу; 4 — рабочее сопло;
 5 — струя защитного газа вокруг электрода; 6 — электрод в месте
 возникновения дуги; 7 — кнопка пуска; 8 — защитный шток; 9 —
 переходная втулка; 10 — сетчатые (металлокерамические) вставки

Полуавтоматы ПДГ — хорошо зарекомендовали себя
 при сварке низколегированных и низкоуглеродистых
 сталей в среде углекислого газа. Как и все другие полуав-
 томаты, ПДГ состоит из источника постоянного тока,
 подающего механизма, газовой аппаратуры, сварочных
 горелок и соединительного гибкого шланга. В данной се-
 рии полуавтоматов наиболее применимы горелки типа
 ГДПГ. Типовой блок питания полуавтомата помещен в
 корпусе изделия. В режиме наладки блок управления
 обеспечивает включение подачи защитного газа для на-
 стройки его расхода; установку заданной скорости по-
 дачи электродной проволоки; выбор рабочего пика; на-
 стройку на сварку длинными, короткими и точечными
 швами.

В режиме сварки блок управления обеспечивает вы-
 полнение команд о ее начале и окончании. При полу-
 чении команды о начале сварки блок управления вклю-
 чает подачу защитного газа и источник питания, затем
 с регулируемой выдержкой времени (0,5 с) включает
 подачу электродной проволоки, и при этом обеспечивает
 от стабильность скорости ее подачи.

По получении команды о прекращении сварки блок
 управления выключает электрододвигатель подающего ме-
 ханизма и осуществляет его торможение; через опре-
 деленный интервал времени (0,5—5 с), установленный
 наладчиком, отключает источник питания сварочного
 тока, а также отключает подачу защитного газа.

По своему исполнению полуавтоматы ПДГ преду-
 сматривают работу в умеренном климате. Если это мар-
 ка ПДГ-305 или ПДИ-303, то они изготовлены для ра-
 боты и в холодном климате. Полуавтомат ПШ-13
 (ПДГ-516) можно производить сварку как стальной про-
 волокой, так и поронковой (самозащитной) проволо-
 кой.

Полуавтомат ПШ-109 предназначен для сварки из-
 делий из титановых сплавов сплошной электродной про-
 волокой в аргоносодержащих газовых смесях. Этот полу-
 автомат обеспечивает сварку во всех пространственных
 положениях, кроме потолочного. Отличительной осо-
 бенностью полуавтомата ПШ-109 является применение
 подающего механизма «ИЗАПДАН», а также двух до-

полнительных блоков: генератора ПИДС-1 для обеспечения сварки в импульсном режиме и охлаждающего устройства — для принудительного обдува охлаждающей зоны шва.

Проволока на ПШ-109 (ее скорость подачи) управляется изменением скорости вращения вала двигателя, а усилие прижатия подающих роликов регулируется ко-нусным корпусом подающей головки.

Универсальные полуавтоматы

Полуавтомат А-1197 применяется для сварки порошковой и сплошной проволокой в углекислом газе (можно и под флюсом). При сварке под флюсом газовая аппаратура заменяется на флюсовую — и схема готова к работе. А о том, что газовая и флюсовая аппаратура взаимозаменяемы и унифицированы, мы уже говорили. И еще. Если при работе в среде защитного газа применялась горелка ГДПГ, то при переходе в режим сварки под флюсом ставится горелка А-1231-5-Ф2 (или любая другая аналогичная). В предлагаемой ниже таблице даны характеристики существующих универсальных полуавтоматов.

Основные показатели	А-765	А-1197	А-1234	ПШ-112	А-1660
Сварочный ток, А	450	500	200	500	400
Проволока (мм)	1,6—3,0	1,6—3,5	0,8—1,2	1,6—3,2	1,6—2,0
Подача проволоки (м/ч)	115—750	90—900	90—350	75—750	100—1000
Длина планта (м)	3; 4	3;4	1,5; 2,5	3	3
Общая масса подающего устройства, (кг)	52	35	10	23	42

Примечание. Полуавтоматы А-1197 производят сварку под флюсом и в среде защитного газа; полуавтомат ПШ-112 — в среде защитного газа и порошковой проволокой, остальные — порошковой проволокой.

Полуавтомат ПШ-112 — конструктивно выполнен для сварки порошковой самозащитной проволокой. Но легко может быть переоборудован для сварки сплошной проволокой в углекислом газе. Этот полуавтомат оснащен программным устройством в блоке управления БУСП-1. Устройство дает программирование линейной зависимости сварочного тока при замене электрода, ре-жима сварки и других технологических изменениях. На-личие программного устройства облегчает наладку авто-мата и гарантирует качество шва.

Процесс управления сварочными автоматами

Системы управления полуавтоматов можно разделить на три группы в зависимости от того, какой тип двига-теля подающего механизма электродной проволоки сто-ит в конкретном полуавтомате.

К *первой группе* отнесем полуавтоматы, имеющие электродвигатель постоянного тока, который подклю-чен к источнику питания сварочной дуги.

Ко *второй группе* — полуавтоматы, имеющие асин-хронные двигатели.

Третья группа будет представлена полуавтоматами, имеющими электродвигатели постоянного тока, кото-рые обеспечивают плавное регулирование скорости по-дачи проволоки в определенном диапазоне.

Для наглядности представим систему управления в виде отдельных узлов (рис. 16). На рисунке приняты сле-дующие обозначения: 1 — источник питания дуги; 2 — блок управления источником питания дуги; 3 — источ-ник питания системы управления; 4 — логический блок; 5 — блок управления двигателем постоянного тока, по-данным электродную проволоку; 6 — газовый клапан; 7 — пусковая кнопка; 8 — двигатель постоянного тока подающего механизма электродной проволоки.

Чтобы работа *первой группы*, системы управления, надо убрать блоки 3, 5, 7. Надо помнить, что данная система обеспечивает регулирование скорости подачи про-волоки в узком диапазоне напряжения сварочной дуги, что ограничивает широко применение данной схемы.

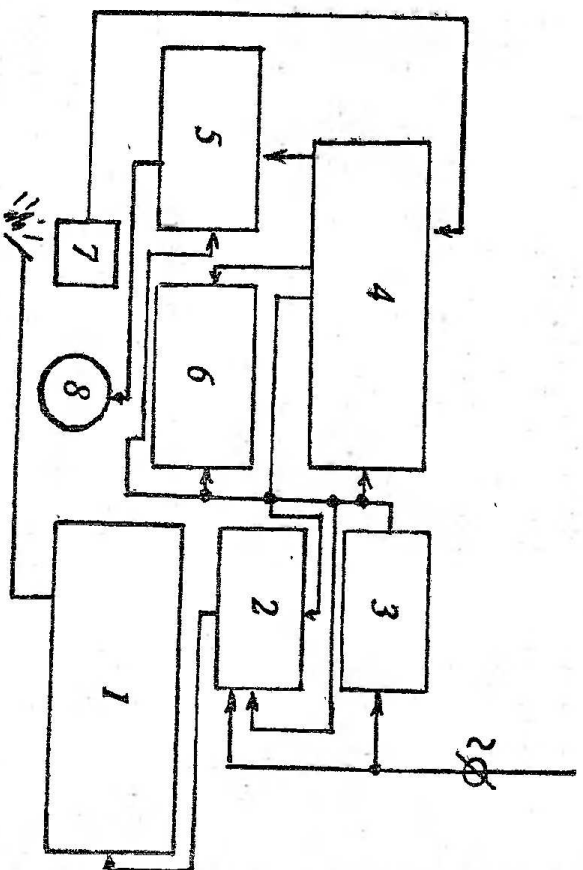


Рис. 16. Схема управления сварочным автоматом

Для работы *второй группы* системы управления надо исключить блоки 3, 5. Недостатком этой системы будет то, что скорость подачи электродной проволоки надо постоянно регулировать, а это уменьшит производительность полуавтомата в целом.

А в целом и первая и вторая группы систем управления просты и надежны в эксплуатации.

Третья группа системы управления не имеет перечисленных выше недостатков. При помощи тиристоров и транзисторов скорость подачи электродной проволоки регулируется в довольно широком диапазоне. Это уменьшило размеры аппаратуры, повысило надежность системы в целом и обеспечило такой системе управления большой и стабильный спрос.

Сварочные автоматы

Сварочный автомат является устройством для производства автоматической сварки. Автомат включает в себя механизм, подающий электродную проволоку, механизм для перемещения, сварочную головку, средства автоматизации.

Конструктивно автоматы могут исполняться в подвесном варианте и на самоходной тележке (сварочные трактора). Автоматы полностью автономны: их система обеспечивает автоматическую подачу защитного газа или флюса в зону горения, регулирует параметры дуги, зажигает сварочную дугу, подает по мере необходимости проволоку в зону горения, перемещает дугу по сварочному шву, направляет горелку строго вдоль шва, защищает зону сварочной дуги от внешней среды, при необходимости гасит сварочную дугу и прекращает подачу флюса или защитного газа.

Начнем объяснение устройства сварочного автомата по простейшей схеме (рис. 17). Основные блоки — головная сварочная (Г), аппаратура вспомогательная флюсо-вая (АВ), аппаратура вспомогательная газовая (АВГ), блок управления (В), источник питания сварочной дуги (И). Как и в полуавтоматах, все узлы унифицированы.

Теперь рассмотрим каждый блок подробнее:

Головка сварочная — основная часть автомата. Она представляет собой устройство, которое подает плава-

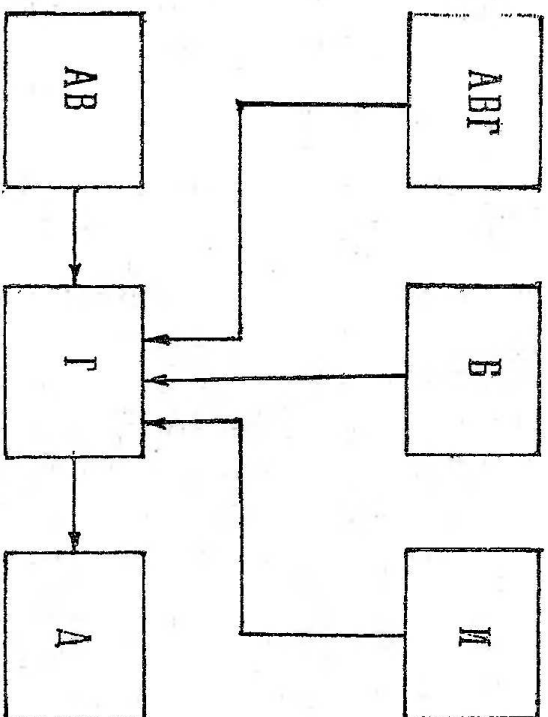


Рис. 17. Структура сварочного автомата.

АВГ — аппаратура вспомогательная газовая; В — блок управления; И — источник питания; АВ — аппаратура вспомогательная флюсовая; Г — головка сварочная; Д — дуга

нийся электрод в зону горения дуги, осуществляет подвод тока в зону дуги, поддерживает устойчивую электрическую дугу, автоматически прекращает сварочный процесс.

Сварочная головка состоит из следующих узлов: подающего механизма с катушкой, кассетой или бухтой для хранения электродной проволоки, токоподводящего устройства, механизма перемещения электрода относительно шва (супинорта), самоходной тележки, системы управления. Вспомогательная флюсовая или газовая аппаратура, за исключением газового баллона, размещена также на агрегате сварочной головки.

Сварочная головка может перемещаться по специальным направляющим (рельсам) или непосредственно по изделю. Если в конструкции сварочной головки предусмотрен механизм для ее перемещения над свариваемым изделем, головка называется *самоходной*.

Сварочная головка, неподвижно закрепленная на стенде над свариваемым изделем, называется *подвесной*. В подвесных головках отсутствует механизм их перемещения: относительно дуги обычно перемещается изделие с помощью вспомогательного механизма или стенда, на котором неподвижно закреплена головка.

Подвижный механизм сварочной головки подает проволоку в зону горения. Конструктивно эти механизмы (в частности роликоты) аналогичны тем, которые применяются в полуавтоматах. Подающий механизм оснащен устройством, которое выпрямляет поступающую электродную проволоку.

Токоподводящее устройство в головке обычно называется мундштукком (при сварке открытой дугой или под флюсом) или же сварочной торелкой, если сварка осуществляется плавящимся (или неплавящимся) электродом в защитном газе. Мундштукки могут быть четырехмодификаций: трубчатые, колодочные, роликоты и сапжковые. Последний — сапжковый мундштук, является универсальным и есть смысл подробнее остановиться на его устройстве (рис. 18).

Он состоит из токоподводящего наконечника 1, ввернутого соосно в направляющую трубку 2. На шарнире к трубке 2 прикреплена специальная вилка 3 сапжкового

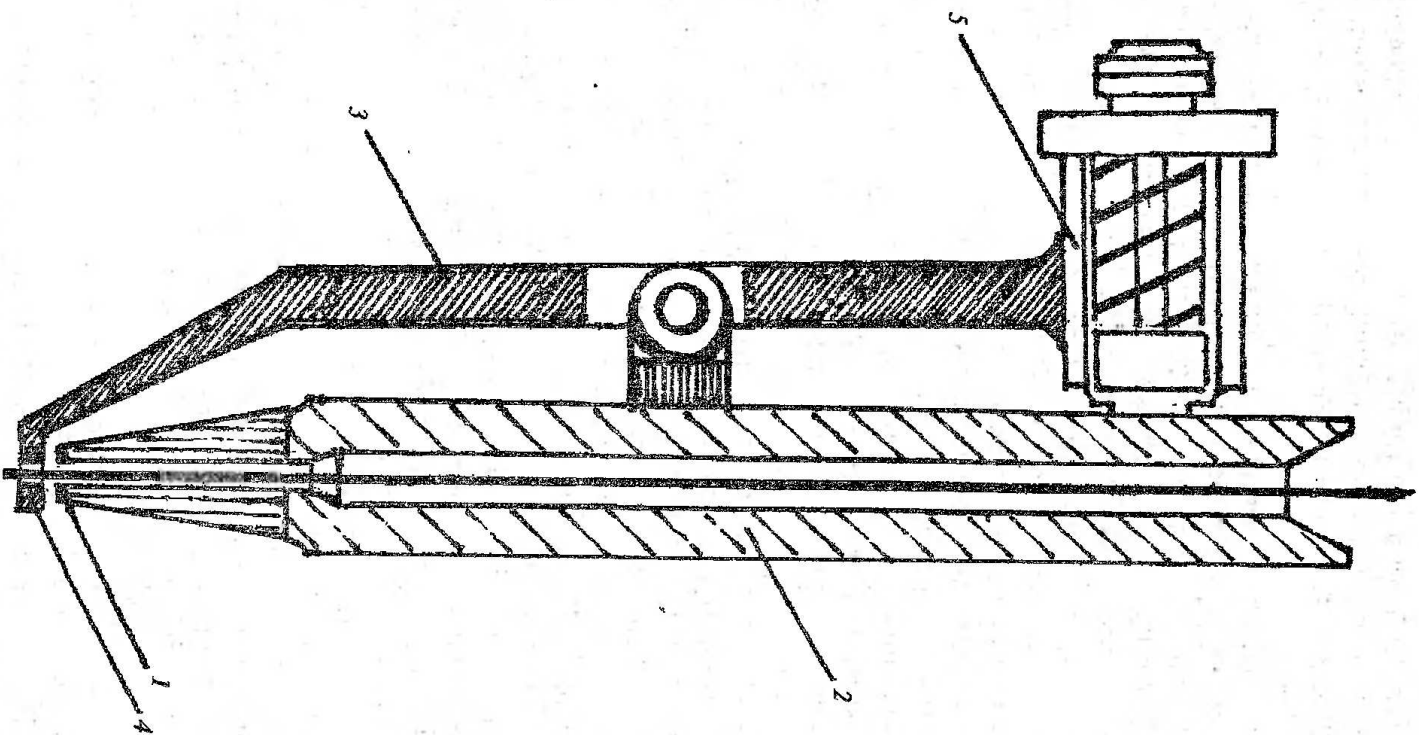


Рис. 18. Сапжковый мундштук

типа, на одном конце имеется износостойкая вставка 4, на другом — прижимной механизм 5, состоящий из пружины и винта.

Для ленточного электрода и порошковой проволоки применяют специальные мушкетки, а для подачи нескольких электродных проволок одновременно — универсальные мушкетки, конструкция которых имеет несущественные отличия от рассмотренных.

Сварочная горелка. В сварочных автоматах применяются два вида горелок: для сварки плавящимися электродами в защитном газе и для сварки неплавящимися электродами тоже в защитном газе.

В случае с плавящимися электродами широко применяется горелка ГПА корпуса которой изготовлен из латуни. Горелка в процессе работы нагревается и для ее охлаждения подводится водопровод и имеется водоохлаждающее солено. Но могут быть горелки ГПА, в которых конструктивно водяное охлаждение не предусмотрено (при режимах кратковременных сварочных циклов).

Если сварка производится неплавящимися электродами, применяется горелка ГНА. Она также может быть как с водяным охлаждением, так и без такового (в зависимости от того, для какого режима сварки изготовлена горелка).

Самоходная тележка сварочного автомата является устройством для перемещения в нужном направлении сварочной головки. Головка может перемещаться и в подвесном варианте. Мы уделим внимание варианту наземного перемещения. Четыре колеса тележки приводятся в движение рабочим или маршевым электродвигателем. На самоходной тележке, в центре, размещен держатель сварочной головки, а по обе стороны от него установлены электродвигатели рабочей и маршевой скорости. Привод тележки соединяется с ее колесами с помощью фрикционной муфты, позволяющей при настройке перемещать тележку вручную. В конструкцию самоходной тележки входит электродвигатель рабочего перемещения, держатель сварочной головки и электродвигатель маршевого перемещения.

Флюсовая и газовая аппаратура. В принципе для автоматической сварки в защитном газе применяется та же

газовая аппаратура, что и при механизированной сварке. Для сварки под флюсом применяется специальная флюсовая аппаратура (рис. 19). Аппаратура комплектуется бункером для флюса, плантом с патрубком для подачи

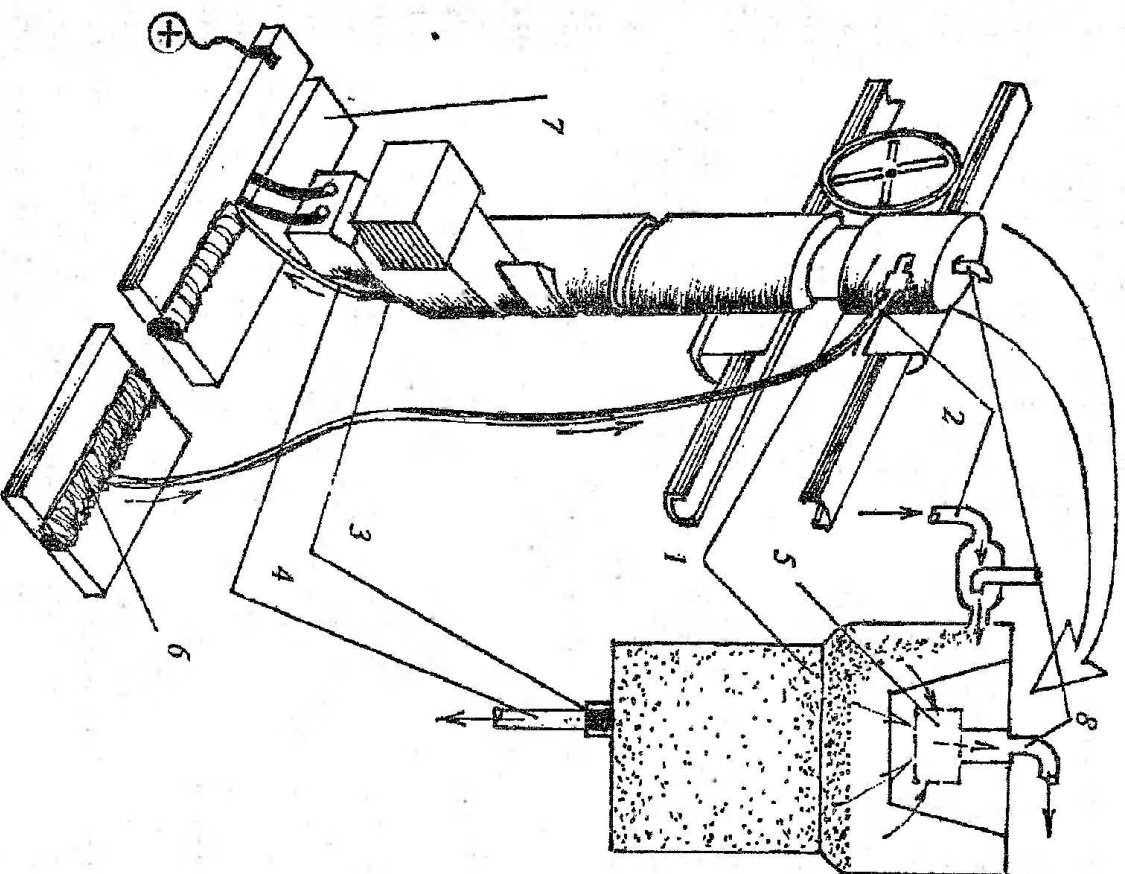


Рис. 19. Флюсовая аппаратура.

1 — бункер для флюса; 2 — плант для отсоса использованного флюса; 3 — патрубок; 4 — плант подачи флюса для сварки; 5 — пистон; 6 — остатки использованного флюса; 7 — свариваемая деталь

флюса в зону сварки и шлангом для отсоса излишнего флюса. Сам же бункер для флюса представляет собой емкость, из которой флюс самотеком поступает через пагубок и шланг в зону сварки. Когда сварочный процесс закончен, излишек флюса через шланг снова всасывается в бункер. Там флюс очищается от воздуха (в циклоне) и снова может быть задействован в сварочном процессе.

Копиры. При сварке с разделкой шва в сварочных автоматах применяются копиры. Широко применяются роликовые копиры, автоматически направляющие электрод по кромке шва.

Контроль положения электрода относительно кромок шва может быть осуществлен и при помощи светового указателя. Но в этом случае необходим визуальный контроль для того, чтобы подкорректировать положение электрода вручную.

Управление сварочным автоматом. Это единая система управления, в которую входит блок управления сварочным процессом, блок управления перемещением сварочной головки, аппаратура контроля параметров сварки, слежения и поиска шва. В настоящее время практически все блоки унифицированы и из них можно собрать любой комплекс управления, который соответствует конкретным требованиям.

Теперь конкретно о блоках управления.

Блок Т-176А.01 управляет технологией сварки. А именно: управляет сварочной головкой и электродвигателем подающего механизма.

Блок Т-176А.02 управляет маршевой и рабочей скоростью движущегося автомата. Это относится как к двигателям переменного тока, так и к двигателям постоянного тока.

Сектор управления двигателем постоянного тока обеспечивает реверс, регулирование скорости вращения двигателей маршевого и рабочего движения, торможение.

Сектор логики управления дает команды для управления двигателями переменного и постоянного тока по заданной программе передвижения.

Сектор управления двигателем переменного тока обеспечивает торможение, реверс, токовую защиту электродвигателя суппорта вертикального перемещения. **Блок СУ-155** управляет поиском и слежением по разделке шва (датчик угольный). Блок работает с двигателями постоянного тока серии КПК или КПА.

Типы сварочных автоматов

Существующие сварочные автоматы по их назначению и конструктивному исполнению можно разделить на три типа:

1. **Сварочные автоматы тракторного типа** — серии АДФ (сварка под флюсом) и серии АДГ (сварка под газом), сварочный автомат А-1506 (ТС-44) — (сварка под флюсом), автомат А-1648 (ТС-43) — сварка толстых изделий под флюсом, малогабаритный автомат А-1711 — сварка в среде углекислого газа.

2. **Подвесные сварочные автоматы** — серии А-1400 (сварка под флюсом), сюда же относятся и модификации А-1401 и А-1410. Для сварки в среде углекислого газа создан автомат А-1417, для сварки в среде инертного газа — А-1431. Автомат А-1411П (сварка в среде углекислого или инертного газа) имеет увеличенное почти в два раза горизонтальное и вертикальное перемещение сварочной головки (по сравнению с А-1400), автомат АД-111 ведет сварку в среде защитного газа криволинейных и сложных швов. Для сварки титана и его сплавов создан автомат АД-143. Этот автомат может варить швы любой конфигурации.

3. **Многодуговые сварочные автоматы** конструктивно выполняются как наземного перемещения (тракторные), так и подвешенного типа. К примеру, автомат двухдуговой А-1412 выполнен в подвешенном варианте, а двухдуговой автомат ДТС-38 выполнен на базе сварочного трактора. Трехдуговой автомат А-1373 также расположен на самоходной тележке.

Чтобы иметь более подробное представление об автомате на самоходной тележке (тракторного типа), представим его в рабочем виде на рис. 20. В качестве образца

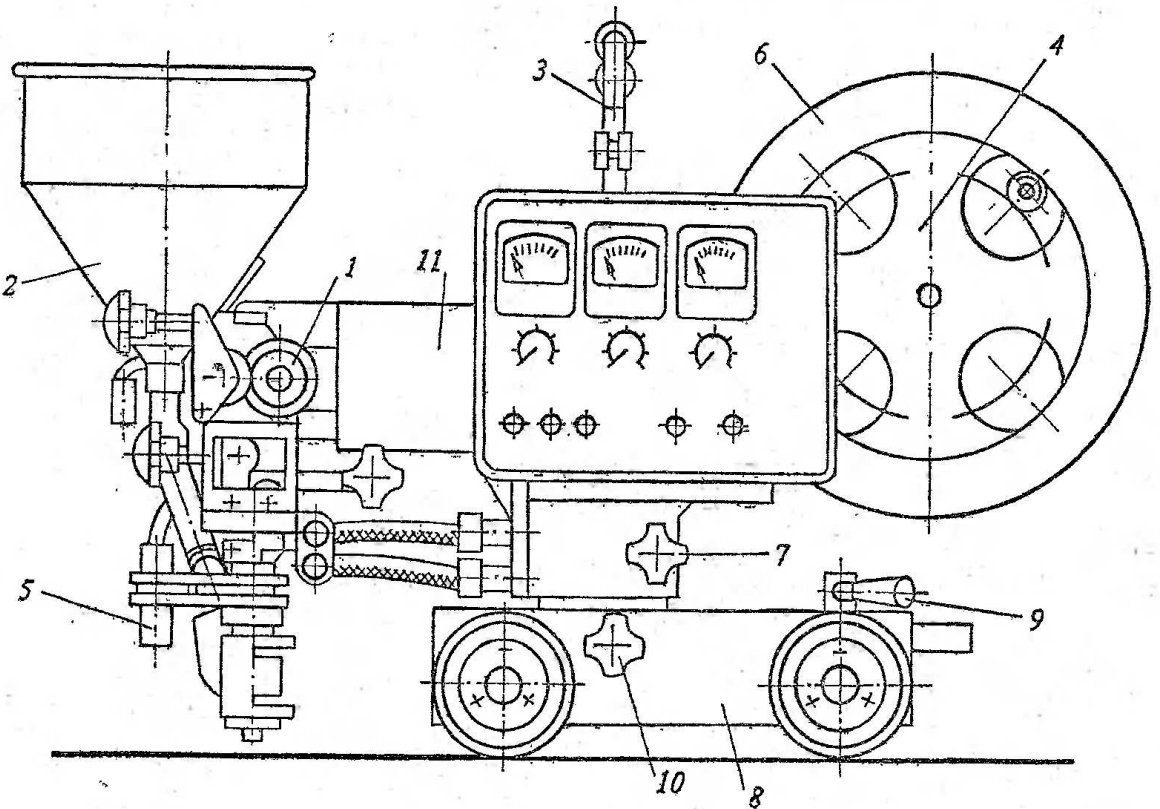


Рис. 20. Сварочный автомат АДФ

Взят автомат серии АДФ. Он состоит из подающего механизма 1, бункера для флюса 2, механизма подачи 3, пульта управления 4, светуказателя 5, кассеты для электродной проволоки 6, маховиков регулировки положения головки относительно шва 7, 10, самоходной тележки 8, рукоятки сцепления с приводом тележки 9. Для удобства пользования предлагается таблица основных параметров сварочных автоматов на самоходной тележке.

Основные параметры	АДГ-502	А-1711	А-1506	АДФ-1092	А-1648	АДФ-1602
Масса (кг)	55	20	160	45	56	65
Диаметр проволоки (мм)	1,2-2	1,2-1,6	3-6	2-5	3-5	3-6
Сварочный ток (амперы)	500	350	2000	1000	1600	1600
Скорость подачи проволоки сварки	120-720 12-120	150-450 15-30	60-360 1,5-45	60-360 12-120	60-360 12-120	60-360 12-120

Примечание: Автоматы серии АДФ и А-1506, А-1648 — для сварки под флюсом; автоматы серии АДГ и А-1711 — для сварки в среде углекислого газа.

Сварочный автомат подвесного типа представляет собой конструкцию, изображенную на рис. 21. За основу взят автомат А-1400. Этот автомат состоит из унифицированных узлов, может работать как самостоятельно, так и входить в сварочные линии. Автомат состоит из подающего механизма 1, суппорта 2, механизма вертикального перемещения 3, флюсовой аппаратуры 4, кассеты с электродной проволокой 5, пульта управления 6. В автомате 1400 применена схема тянувшего подающего механизма, что хорошо для любого вида проволоки (как стальной, так и алюминиевой). Этот автомат пригоден для сварки различных типов швов. Автомат быстро перенастраивается под любую технологию.

Таблица основных параметров полесных автоматов

Параметры	A-1410	A-1417	АД-111	A-1431	ГДФ-1001	A-1406
Номинальный сварочный ток, А	2000	1000	315	750	100	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	2-5	2-5	1-4	1,4-4	3-5	2-5
Скорость, м/ч: подачи электродной проволоки						
53-532	53-532	80-800	80-800	55-558	13-133	
24-240	12-120	10-70	12-120	10-70	12-120	
Масса, кг	325	240	80	240	298	215

Примечание: Автомат А-1431 применяется для сварки в среде аргона, автомат А-1417 — для сварки в среде углекислого газа, автомат АД-111 — для сварки в среде аргоноокислородной смеси, автоматы А-1416, А-1410 и ГДФ-1001 — для сварки под флюсом, автомат А-1406 — для сварки под флюсом и в среде углекислого газа.

Многодуговые сварочные автоматы. Привлекательность этих автоматов в том, что они могут осуществлять одновременную сварку несколькими сварочными головками. На рис. 22 представлены различные варианты выполнения швов многодуговыми автоматами. На варианте 1 показана схема сварки по контуру изделия, которую можно выполнять двумя сварочными головками при их движении в одно место, а при движении с одного места в разные стороны сварку пересекающихся швов выполняют по варианту 2.

Сварку по контуру с одного места в разные стороны выполняют с некоторым рассогласованием начала сварки каждой головкой. Одновременное параллельное движение сварочных головок в одну сторону или в противоположные стороны (вариант 3) осуществляется также устройством смещения.

Довольно широкое распространение получила многотуповая сварка последовательных швов с перекрытием предыдущего шва (вариант 4).

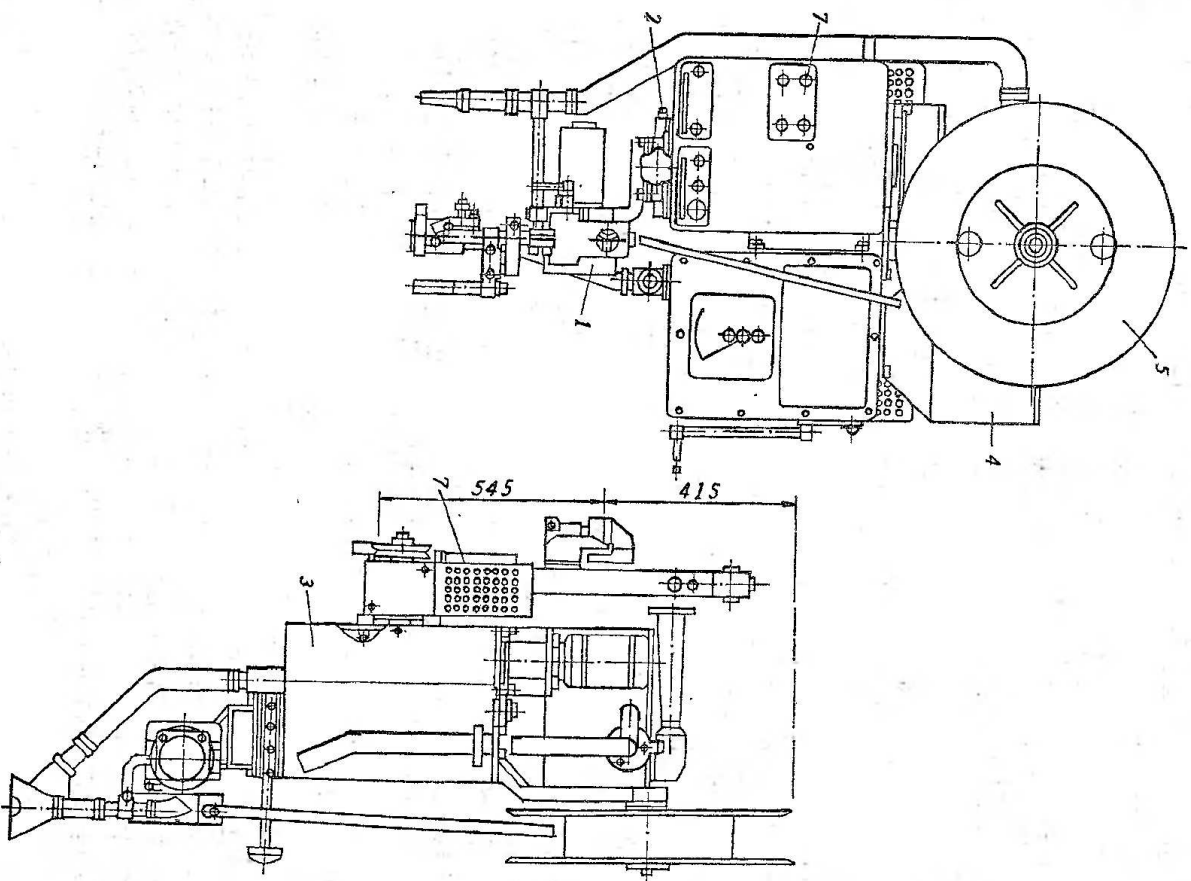


Рис. 21. Сварочный автомат А-1400

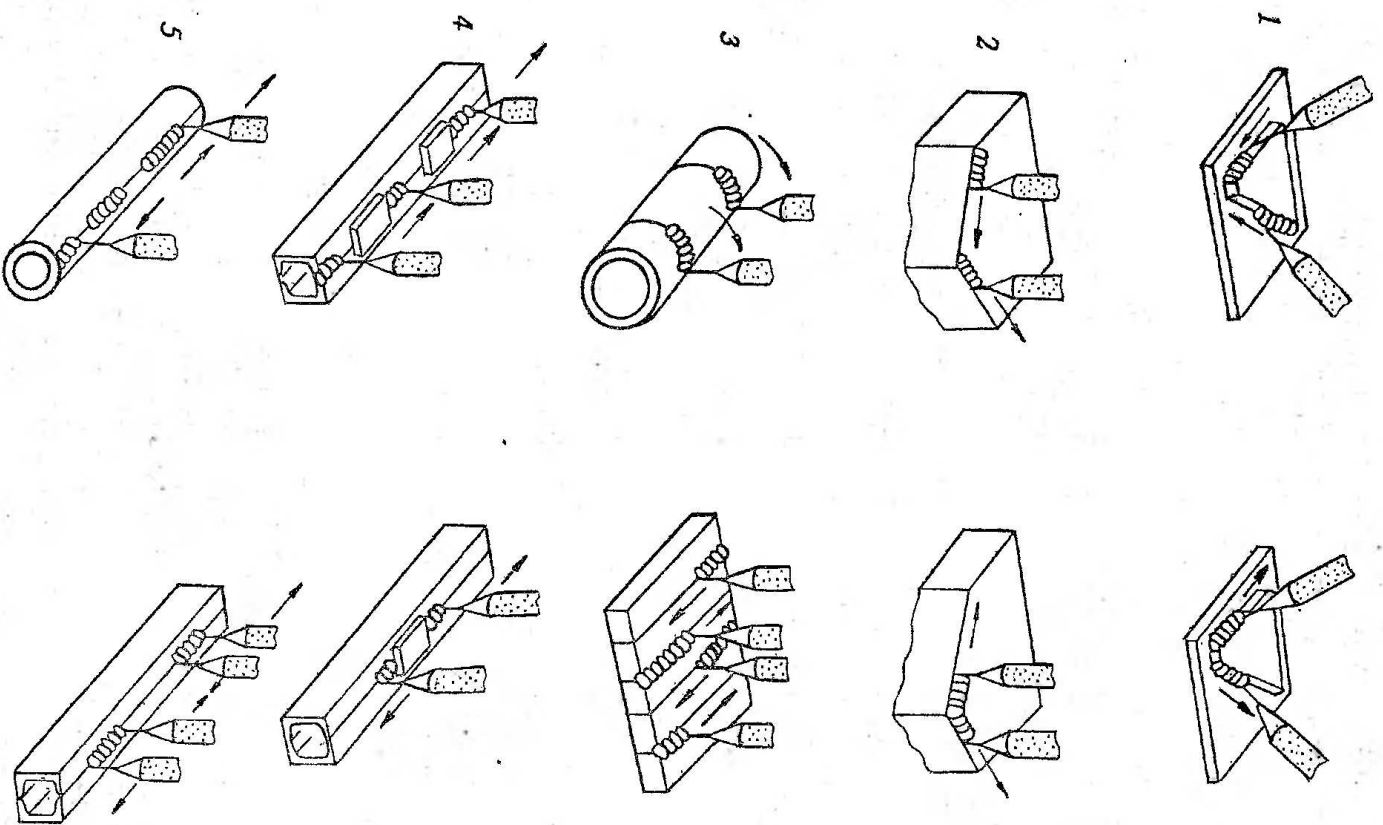


Рис. 22. Виды сварки многоугловыми автоматами

Этот способ применяют для дуговой сварки длинномерных конструкций. При сварке под флюсом выполнение отдельных швов усложняется из-за наличия шлаковой корки, которая должна удаляться специальным устройством. В некоторых случаях одна из сварочных головок выполняет сварку по твердой корке.

Многоугловые автоматы по своей конструкции аналогичны одноугловым, и их также изготавливают из унифицированных узлов. В отличие от одноугловых автоматов многоугловые имеют большее число сварочных головок, дополняющих механизмов, кассет для электродной проволоки.

Плазменная и микроплазменная сварка

Плазменная сварка — это та же сварка плавлением. Здесь действует тоже электрическая дуга. Но это уже *сжатая* дуга, которую позволяет получить специальная горелка, *плазмоторн*. Плазмоторн позволяет получить сжатую дугу с температурой до 30000°С.

На рис. 23 схематично изображен плазмоторн. Принцип действия плазмоторна, питающегося от источника 1, заключается в том, что дуга между электродом 2 и изделием 3 проходит через очень маленькое сопло 4. Именно проходя через сопло 4 плазмоторна защищает зону горения от окружающего воздуха. Плазмобразующий и защитный газы проходят по двум независимым трубам от дрота канала. В качестве плазмобразующего газа используют инертные газы (гелий, аргон) если речь идет о сварке изделий. Если же предполагается резка металлов, то основу плазмобразующего газа составляет очищенный от примесей воздух.

В зависимости от материала изделия плазменную сварку проводят на постоянном токе прямой полярности или в импульсном режиме. Для этого плазмоторн соединяют с источником питания 1 постоянного тока или источником питания, обеспечивающим импульсный режим.

Разновидностью плазменной сварки является **микроплазменная сварка**. По конструкции это тот же плазмо-

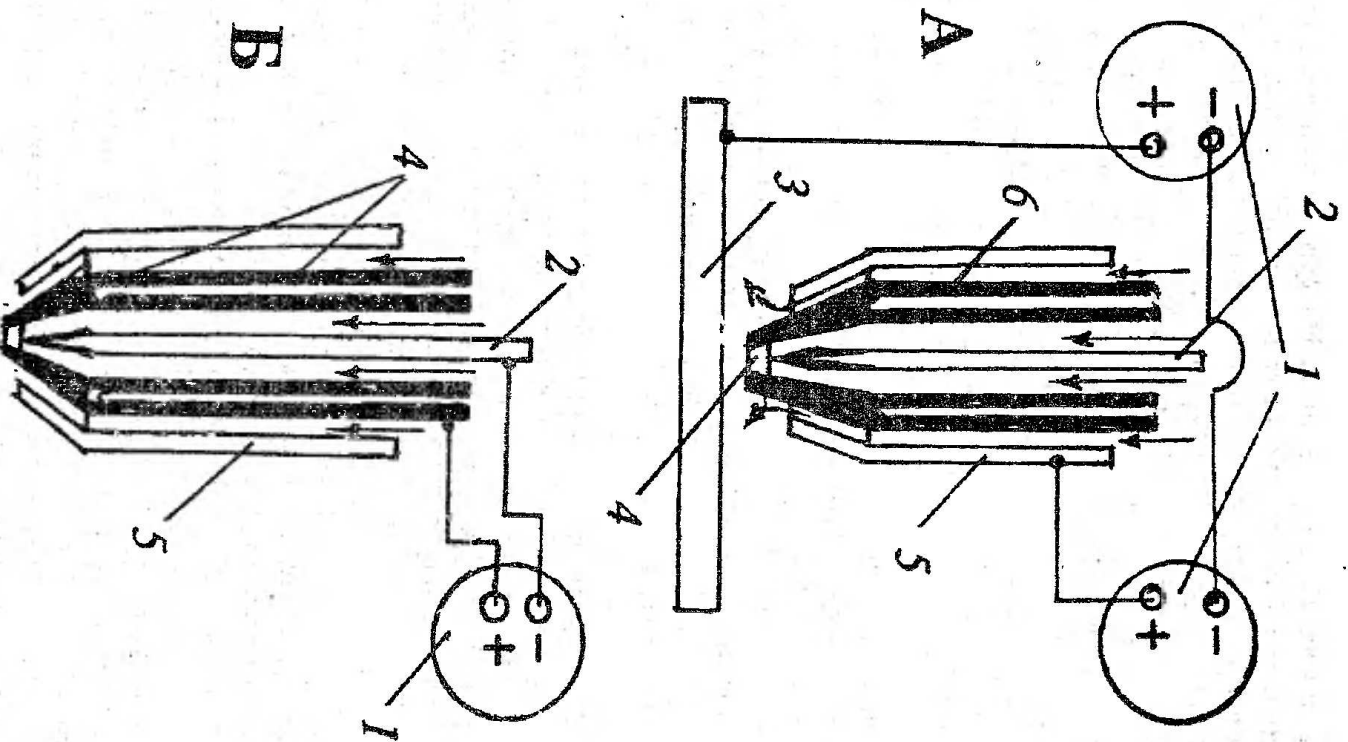


Рис. 23. Работа плазмотрона в режиме: А — прямой полярности; В — дуги ковенного действия (солено 4 вы-
полняет одновременно роль анода)

трон, но меньших размеров. Микроплазменная сварка позволяет соединить различные материалы, сплавы, даже неметаллические изделия (пластмассы, диэлектрические материалы) вплоть до текстильных изделий. Устроен плазмотрон для микроплазменной сварки следующим образом (рис. 24).

В корпусе 2 закреплен электрод 1 с помощью цанги 3. Корпус вставляется в верхний каркас 4. Сам каркас соединен с нижним каркасом 6 через керамическую втулку 5. Вставленный во внутреннюю часть сошла 8 наконечник 7 соединен с нижним каркасом 6. Электрод 1 зажимается в цанге 3 с помощью гайки 9 и специальной втулки 11. Внутренняя конструкция плазмотрона заключена в изолирующий корпус 10, который сверху закрывается колпачком 12.

Для производства плазменной и микроплазменной сварки в настоящее время применяются следующие установки: УПС-501, УПС-804 и УПС-301 для плазменной сварки и установка А-1342 для микроплазменной сварки.

Дадим кратко характеристику каждой из них.

Установка УПС-501 служит для автоматической плазменной сварки на постоянном токе прямой и обратной полярности коррозионно-стойких сталей, алюминия, меди и их сплавов. В ее комплект наряду с источником питания и двумя плазмотронами (на токи 315 и 500 А) входит подвесная самоходная головка, которая состоит из следующих унифицированных узлов: пульта управления, подающего механизма для присадочной проволоки и холлового механизма.

Установка УПС-804 является усовершенствованной конструкцией установки УПС-501 и предназначена для плазменной сварки в среде углекислого газа низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 6—12 мм на постоянном токе прямой полярности, а также для сварки продольных и стыковых швов с горизонтальной осью вращения.

Для памяти: Ток прямой полярности — это «плюс» на изделии, а «минус» на электроде. Наоборот — ток обратной полярности.

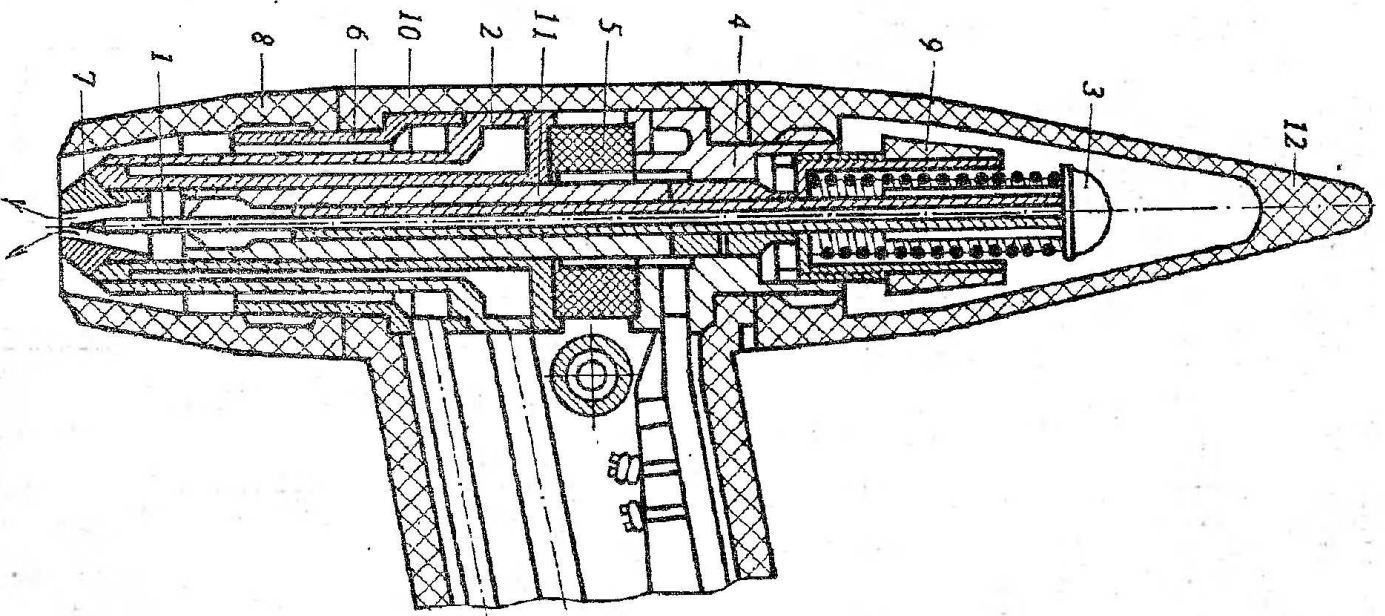


Рис. 24. Плазмотрон

Установка УПС-301 позволяет осуществлять механизированную плазменную сварку постоянным током прямой полярности. Установка позволяет сваривать низколегированные и антикоррозионные стали, медь и ее сплавы. Если сделать ток обратной полярности — можно сваривать изделия из алюминия и его сплавов.

Эта установка состоит из источника питания с блоком управления и плазмотрона универсальной конструкции. Источник обеспечивает импульсный режим и плавное нарастание сварочного тока в режиме постоянного напряжения.

Установка для микроплазменной сварки — автомат А-1342 позволяет соединять листы толщиной от 0,2 до 2,5 мм. Конструктивно автомат представляет собой подвижную самоходную головку. Размеры аппарата — 400×500×300 мм, вес 20 кг. На базе автомата А-1342 есть модификации и на самоходной тележке.

Для практического применения предлагаются две таблицы автоматической сварки плавящимися электродами в среде защитного газа и под флюсом.

Таблица сварки под флюсом

Металл	Толщина (мм)	Форма кромок	Зазор в стыке, мм	Диаметр электродов, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, км/ч
Сталь низкоуглеродистая, среднелегированная и высоколегированная	3	Без разделки	0—1,5	2	250—500	28—30	48—50
	5	То же	0—2	2	400—450	28—30	38—40
	10	То же	2—4	5	700—750	34—38	28—30
	10	То же	1—3	5	650—700	34—38	32—34
	20	То же	5—7	5	950—1000	40—44	18—20
	20	То же	2—4	5	750—800	38—42	22—24
	30	То же	6—8	5	950—1000	40—44	16—18
	6	V-разделка 60°	—	—	250—280	—	25—28
	10	То же	—	—	350—380	—	17—20
	12	То же	—	—	500—550	—	30—36
Титан и его сплавы	4	—	—	3	340—360	—	45—55
	8	—	—	3	350—380	—	45—55
	16	—	—	4	590—600	—	40—50
Медь	6	Без разделки	—	4	520—540	—	40
	12	То же	—	5	800—820	—	16

Таблица сварки в среде защитных газов

Металл	Толщина (мм)	Форма кромок	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Защитный газ
Низкоуглеродистая и низколегированная сталь	3-5	Без разделки	1,2-1,4	180-320	22-30	20-25	Углекислый
	6-8	V-разделка	1,2-1,4	280-380	28-35	18-24	
	8-12	То же	1,4-2	280-450	27-35	16-30	
Низко- и среднелегированная высокопрочная сталь	2-3	Без разделки	1-1,2	150-300	20-25	23-25	Аргон с добавкой 2-5% CO ₂ или 2-3% O ₂
	3-5	V-разделка	1,2-1,4	180-320	23-30	21-26	
	10-12	X-разделка	1,4-2	300-450	27-35	18-30	
Высоколегированная сталь	2-3	Без разделки	1-1,2	150-210	20-24	50-70	Аргон. Могут быть использованы добавки CO ₂ или O ₂ (1-3%)
	4-6	V-разделка	1,2-1,4	250-270	23-27	30-45	
	9-11	То же	1,4-2	330-340	25-30	15-30	
Титан и его сплавы	4-8	Без разделки	0,6-0,8	150-200	22-24	30-40	Аргон. Для защиты проплава расход 3-5 л/мин
	8-12	То же	1,6-2	340-520	30-34	20-25	
	16-36	То же	3-4	680-980	32-36	16-18	
Алюминий и его сплавы	3-5	Без разделки	1,6-2	140-220	25-27	20-36	Аргон
	8-10	V-разделка	2-3	200-320	28-31	18-25	
	14-16	То же	2-3	250-375	29-32	18-22	
	20-25	X-разделка	3-4	300-420	29-32	15-21	

Лазерная и электронно-лучевая сварка

В настоящее время все более широко используются углоплавкие, жаропрочные, коррозионностойкие, радиационностойкие материалы. Для их сварки требуются специальные виды сварки плавлением, где температура в зоне сварки достигает величины в 1000 раз большей, чем у традиционных источников. Такие температуры дают поток электронов или фотонов. Высокая плотность энергии в малом пятне нагрева — вот те преимущества, которые дают авангардные виды сварки.

Электронно-лучевая сварка. Основной компонент — электронный луч, который создается специальным прибором — электронной пушкой, которая схематично представлена на рис. 25.

Пушка имеет катод 2 который может нагреваться до высоких температур. Катод размещен внутри прикатодного электрода 3. На некотором расстоянии от катода находится ускоряющий электрод (анод) 4 с отверстием. Электроны, выходящие из катода, фокусируются с помощью электрического поля между прикатодным и ускоряющим электродами в пучок диаметром, равным диаметру отверстия в аноде 4. Положительный потенциал ускоряющего электрода может достигать нескольких десятков тысяч вольт, поэтому электроны, испускаемые катодом, на пути к аноду приобретают значительную скорость и энергию. Питание пушки электрической энергией осуществляется от высоковольтного источника постоянного тока 5.

Для увеличения плотности энергии в луче после выхода электронов из первого анода электроны фокусируются магнитным полем в специальной магнитной линзе 6, сфокусированные в плотный пучок летящие электроны ударяются с большой скоростью о малую площадку (пятно нагрева) на изделии 1, при этом кинетическая энергия электронов вследствие торможения превращается в теплоту, нагревая металл до очень высоких температур.

Для перемещения луча по свариваемому изделию на пути электронов помещают магнитную отклоняющую

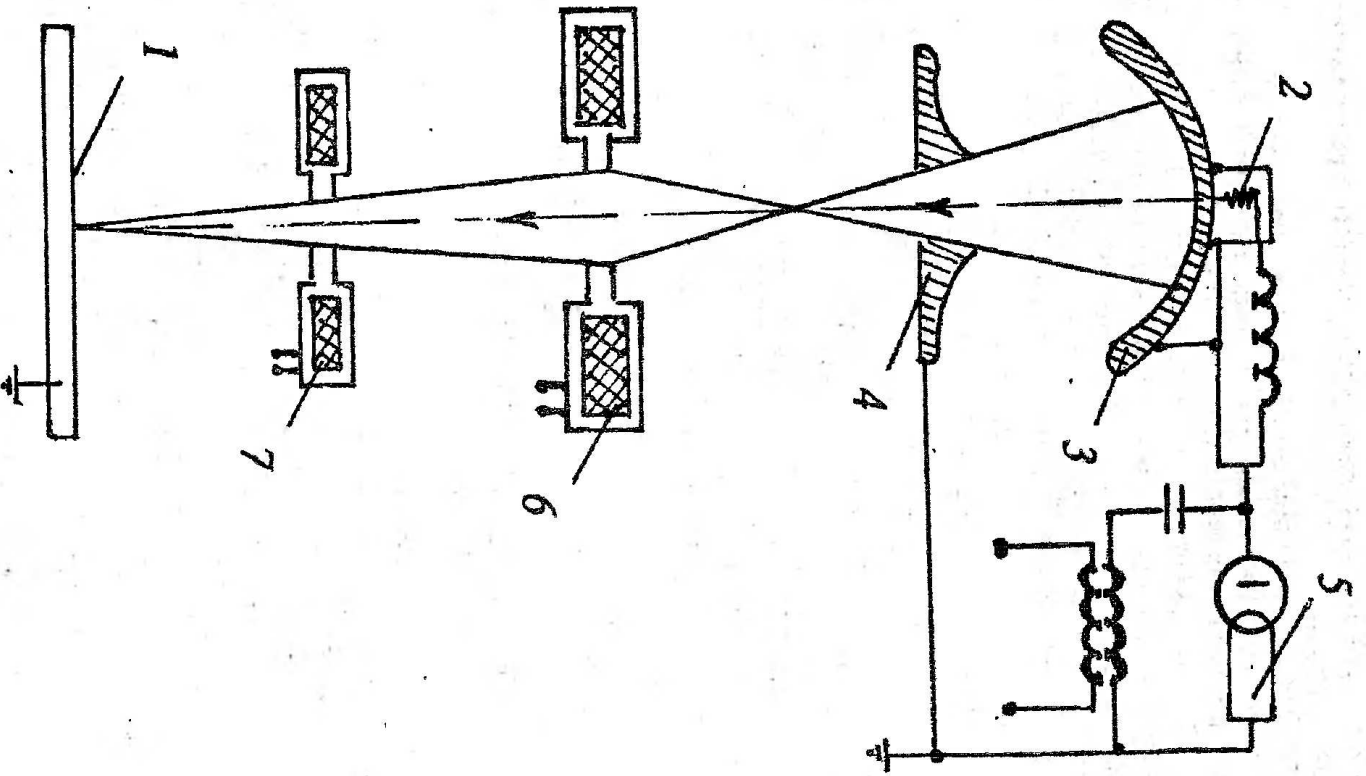


Рис. 25. Установка электронно-лучевой сварки

систему 7, позволяющую устанавливать луч точно по линии сварки.

Сам по себе электронный луч может достигать таких значений, что делает возможным применение его при сварке больших толщин — до 500 мм.

Лазерная сварка. Это принцип использования светового луча, который генерирует оптический квантовый генератор. В чем его суть? За счет поступления электрической, химической или другой энергии атомы активного вещества переходят в возбужденное состояние. Через некоторое время возбужденный атом сам начинает излучать полученную энергию в виде фотона и затем возвращается в свое исходное состояние.

Из всех генераторов излучения (лазеров) для сварки наиболее подходят их газовые и твердотельные модификации. На рис. 26 дана принципиальная схема твердотельной лазерной сварочной установка.

Сама установка состоит из рабочего тела 3, лампы накачки 1, обеспечивающей световую энергию для

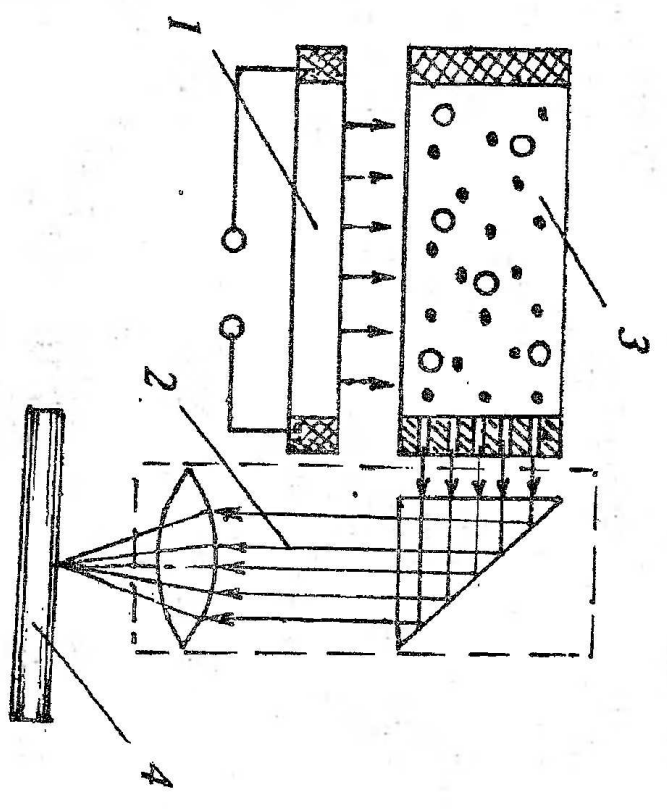


Рис. 26. Компоненты лазерной установки

возбуждения атомов активного вещества-излучателя. Полученное излучение фокусируется и направляется с помощью оптической системы 2 на свариваемое изделие 4. Такая установка может осуществлять сварку через прозрачные обложки. Сегодня лазерный аппарат может обеспечить глубину проварки до 15 мм.

Лазерный сварщик будет применяться более широко, когда будут устранены его недостатки: низкий КПД, недостаточная мощность, высокая стоимость.

Подводная резка

Техника подводной резки дугтой аналогична резке на воздухе с той лишь разницей, что резчик не ползает по предохранительным щитком, так как вода интенсивно

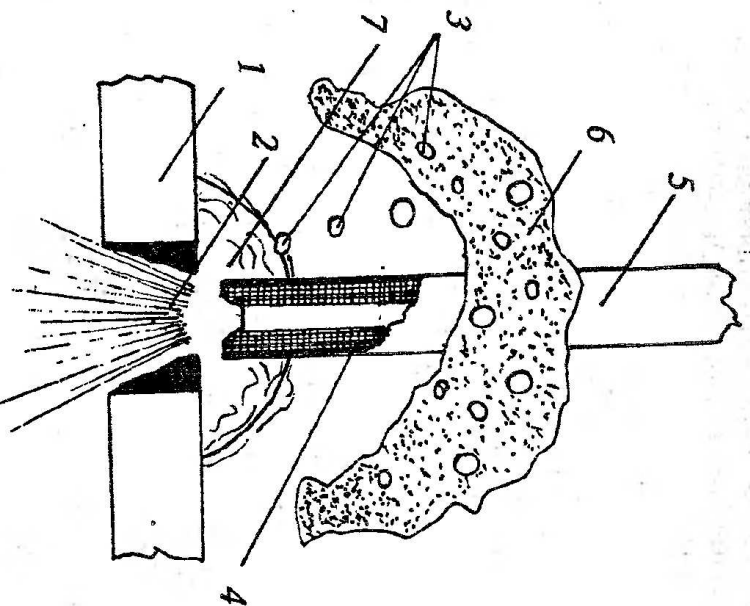


Рис. 27. Принцип подводной резки.

1 — разрезаемая деталь; 2 — дуга; 3 — выделяющийся газ; 4 — покрытие электрода; 5 — электрод; 6 — облако мути; 7 — паргазовый пузырь

поглощает световой поток дуги. Кроме того, при горении дуги происходит выделение значительного количества мельчайших твердых частиц, состоящих главным образом из оксидов железа, которые окружают зону резки плотным облаком темно-бурого цвета (рис. 27). Наблюдение за процессом резки настолько затрудняется, что в случае работы в непрозрачной воде рекомендуется пользоваться вспомогательными направляющими рейками, расположенными параллельно линии реза.

Для питания дуги под водой необходимы мощные источники постоянного тока (до 800—1000 А) с повышенным напряжением холостого хода (80—90 В).

В последнее время для резки и сварки под водой применяются специализированные полуавтоматы типа А-1660 и А-1450 с использованием порошковой проволоки типа ППР-АН2, а в качестве источника питания служит палубный сварочный преобразователь АСУМ-400м или сварочный выпрямитель ВДУ-504.

ДЕФЕКТЫ СВАРКИ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Каждый производительный процесс предполагает определенные отклонения от требований технической нормы. Если такие отклонения выходят за пределы установленных допусков для конкретного изделия — это брак, дефект, который должен быть устранен. Если устранение дефекта невозможно, изделие не может быть принято к эксплуатации. В сварочном производстве изде-дем является правильно сваренное изделие, узел, конструкция. В изделиях, выполненных сваркой, дефекты различаются по месту их расположения и по причинам возникновения. Рассмотрим их. *Причины возникновения дефектов* — это те, возникновение которых связано с неправильной подготовкой и сборкой элементов, нарушением режима сварки, неисправностью оборудования, небрежностью и низкой квалификацией сварщика и другими нарушениями технологического процесса. К дефектам этой группы относятся несоответствие швов расчетным размерам, непровары, подрезы, прожоги, наплывы, незаваренные кратеры.

Дефекты по причинам их возникновения связаны с явлениями, происходящими в процессе кристаллизации и формирования самой сварочной ванны и окончательно-то формирования шва. Это и трещины в самом шве и в околошовной зоне, шлаковые включения, поры.

Дефекты по месту их расположения — это трещины и поры, выходящие на поверхность металла, непровары, прожоги, подрезы, наплывы — все они относятся к наружным дефектам и могут быть обнаружены внешним осмотром (рис. 28). К внутренним дефектам относятся те же трещины, непровары, включения и поры, но находящиеся внутри шва и не выходящие на поверхность. Их

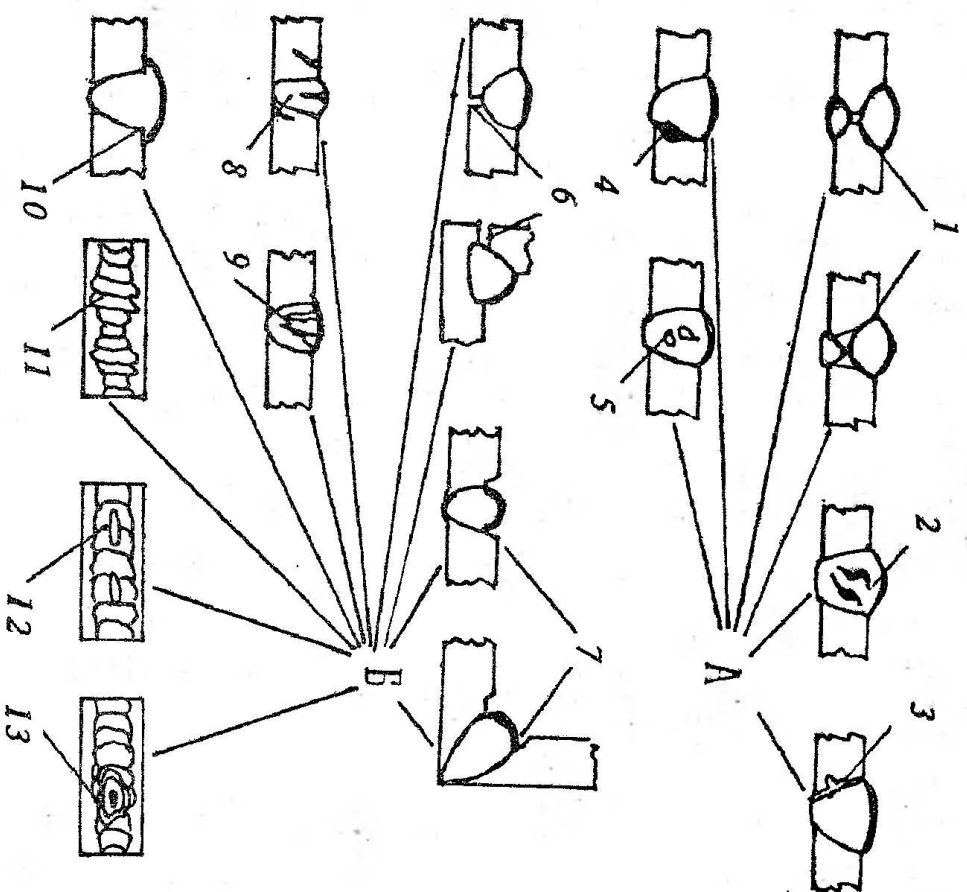


Рис. 28. Внутренние (А) и наружные (Б) дефекты сварных швов. 1 — непровар; 2 — трещины; 3 — несплавления; 4 — поры; 5 — непровар; 6 — подрезы; 7 — трещины; 8 — поры; 9 — наплывы; 10 — шлак; 11 — трещины; 12 — прожоги; 13 — кратер

обнаруживают только методами неразрушающего контроля.

Следующая разновидность дефекта — **неравномерность шва**. Появляется дефект по причине неустойчиво-го режима сварки, неточного направления электрода. Если это автоматизированная сварка, то причины в колебании напряжения в сети, проскальзывание проволоки в подающих роликах, протекание жидкого металла в зазоры, неправильный угол наклона электрода.

Теперь о причинах возникновения каждого вида дефекта.

Подрезы — это углубления в основном металле. Причина их возникновения — большой сварочный ток и *длинная дуга*. При выполнении угловых швов основной причиной возникновения подреза будет смещение электрода в сторону вертикальной стенки. Суть в том, что при таком смещении электрода возникает сильный разогрев вертикальной стенки, металл там плавится раньше и стекает на горизонтальную полку, образуя наплывы.

Непровар. Возникновение этого дефекта кроется в *малом угле скоса* свариваемых кромок и небольшом зазоре между ними. Загрязнение кромок тоже может быть причиной непровара. При самом процессе сварки непровар может дать *недостаточный* сварочный ток, *завышенная скорость* сварки, *непочинное направление* электродной проволоки. Обычно место образования непровара — *корень шва*. Если применялась автоматическая сварка, то непровары образуются обычно в самом начале шва. Поэтому при автоматической сварке советуем начало сварки проводить на специальных входных планках.

Прожог (сквозное проплавление) возникает из-за *большого тока* при малых скоростях сварки, из-за *наличия* большого зазора между кромками. Наиболее часто прожоги образуются при выполнении первого прохода многослойного шва и при сварке тонкого металла. Если под свариваемый шов *никогда поджата* флюсовая подушка или медная подкладка — тоже может возникнуть прожог.

Наплывы представляет собой затекание жидкого металла непосредственно из сварочной ванны на кромки холодного основного металла. Наиболее часто наплывы возникают при сварке горизонтальных швов на вертикальных плоскостях. Обычные причины наплывов — *большой* сварочный ток, *неправильный наклон* электрода, излишне *длинная дуга*.

Трещины — *самые* опасные дефекты, так как создают резкую концентрацию напряжений. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате *слишком быстрого* охлаждения. Часто

трещины образуются в сварных соединениях жестко закрепленных конструкций.

Иногда трещины возникают *при охлаждении* сварных конструкций на воздухе. Они могут располагаться вдоль и поперек сварного соединения, а также в основном металле, в местах сосредоточения швов и приводить к разрушению сварной конструкции.

Причинами образования трещин являются *большие напряжения*, возникающие в сварных соединениях при сварке. На образование трещин влияет *повышенное содержание серы и фосфора*. Сера увеличивает склонность металла шва к образованию горячих трещин, а фосфор — холодных. Горячие трещины возникают в процессе кристаллизации металла шва, т. е. при высоких температурах, а холодные — при относительно низких температурах (ниже 100—300°С).

Кратеры образуются при обрыве дуги в виде углублений в застывшей сварочной ванне. Место кратера должно быть заварено. При автоматической сварке шов обычно заканчивают на выводной планке, где и появляется кратер.

Поры появляются вследствие того, что газы, растворенные в жидком металле, при быстром охлаждении шва *не успевают выйти наружу* и остаются в нем в виде пузырьков. Размер пор колеблется от нескольких микрометров до нескольких миллиметров.

Обычная форма возникающих пор — сферическая. Если поры выходят на поверхность — это свищи. Причины образования пор: масло, краска, окалина, ржавчина, всякие другие загрязнения. Причиной может быть и использование *сырых непросушенных* электродов. Это же относится и к *сырым флюсам* и к *примесям* в защитных газах. Излишне *большая скорость* сварки нарушает газовую защиту сварочной ванны, что тоже ведет к появлению пор. Поры появляются и при *неверном выборе сварочной проволоки*, особенно в том случае, если сварка осуществляется в углекислом газе.

Включения шлака в сварочном шве. Речь идет о металлургических включениях (несколько миллиметров) в линиях шва. Формы включений могут быть самые разные. Обычно такие включения располагаются на границе со-

единении основного металла с наплавленным. Причины возникновения шлаковых включений — *дрязь* на кромок, малый сварочный ток и *большая скорость* сварки.

Несплавляемость. Это означает, что металлы сварного шва не сплавившись с ранее наплавленными металлом или не сплавляясь с основным металлом. Причины — *плохая зачистка* свариваемых кромок, *трясь*, *большая длина дуги*, *недостаточная* сила тока, *большая скорость* сварки.

Последствия дефектов сварки

Как уже было упомянуто в начале раздела, если допущенные в изделии отклонения не превышают установленных допусков, изделие (сварной шов) может быть принято в эксплуатацию. Здесь важно знать, на что влияет допущенное отклонение, как при этом изменяется характеристика изделия (конструкции). К примеру, *усиление шва* не снижает прочности при статических нагрузках, однако сильно влияет на вибрационную прочность. Чем больше усиление шва и, следовательно, меньше угол перехода от основного металла к наплавленному, тем сильнее оно снижает предел выносливости.

Кратеры, как и *прожоги*, во всех случаях — недопустимые дефекты и подлежат исправлению. Часто кратель является началом развития трещин.

Напильки, резко изменая очертания швов, образуют концентраторы напряжений и тем самым снижают выносливость конструкции. Напильны, имеющие *большую пропильваемость*, следует считать недопустимыми дефектами, так как они нередко сопряождаются непроварамми. Небольшие местные напильны считаются допустимыми дефектами.

Опасным дефектом является *подрез*. Он не допускается в конструкциях, работающих на выносливость. Подрезы небольшой протяженности, ослабляющие сечение шва не более чем на 5% в конструкциях, работающих под действием статических нагрузок, можно считать допустимыми.

Трещины — наиболее опасный дефект сварных швов. Они являются сильными концентраторами напряжений.

Выявленные трещины оставлять без исправления (подварки) обычно не разрешается. Сварные швы с трещинами исправляют по специальной технологии, гарантирующей надежную работу сварного соединения.

Непровары снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентраторы напряжений в шве. При вибрационных нагрузках мелкие непровары снижают прочность соединения до 40%. Большие непровары корня шва могут снизить прочность на 70%.

Поры, газовые и шлаковые включения. Этот вид дефекта незаметно влияет на прочность соединения в целом. Но расположенные в виде *иголки* поры уже предствляют опасность, существенно снижая прочность. Так что здесь очень важно геометрическое расположение пор и включений, чем более они упорядочены, тем большую опасность представляют. Если шлаковые включения расположены в глубине шва, это тем более опасно.

В заключение следует сказать, что изготовить ряд швов, не имеющих дефектов вообще, практически невозможно. Все дело в том, чтобы было *минимум* допустимых дефектов.

Устранение дефектов сварки

Все дефекты сварного шва подлежат обязательному устранению, а если это невозможно, сварное изделие бракуется.

В конструкциях из стали допускается устранение дефектов пламенно-дуговой или воздушно-дуговой строжкой с последующей обработкой поверхности абразивами. Можно устранять наружные дефекты шлифкой. Если производится заварка выборок в швах, подлежащих обязательной термической обработке (из легированных и хромистых сталей), то приступить к исправлению дефектов следует только *после отпуска* сварного соединения (при 450—650°С).

При удалении дефектных мест целесообразно соблюдать определенные условия. Длина удаляемого участка должна быть равна длине дефектного места *илис 10—20 мм* с каждой стороны, а ширина разделки выборки

должна быть такой, чтобы ширина шва после заварки не превышала его двойной ширины до заварки. Форма и размеры подготовленных под заварку выборок должны обеспечивать возможность надежного провара в любом месте. Поверхность каждой выборки должна иметь плавные очертания *без резких выступов*, острых углублений и заусенцев. При заварке дефектного участка должно быть обеспечено *нерекрывшие* прилегающих участков ос-новного металла.

После заварки участок необходимо зачистить до полного удаления раковин и рыхлости в кратере, выполнить на нем плавные переходы к основному металлу.

Удаление заглаженных наружных и внутренних дефектов (дефектных участков) в соединениях из *алюминия, титана* и их сплавов следует производить только *механическим* способом — шлифовкой абразивным инструментом или резанием, а также вырубкой с последующей зашлифовкой.

Подрезы принято устранять наплавкой ничтожного шва по всей длине дефекта. Однако это ведет к повышению расхода сварочных материалов. В таких случаях целесообразно применять *оплавление подреза* аргонодуговыми горелками, что позволяет «сгладить» дефекты без дополнительной наплавки.

Наплавки и неравномерности формы шва исправляют *механической* обработкой дефекта по всей длине.

Кратеры швов заваривают.

Прожоги в швах наблюдаются редко, их зачищают и заваривают.

Заварку дефектного участка производят одним из способов сварки плавлением (ручной дуговой, дуговой в среде инертных газов и др.).

Исправленные швы сварных соединений должны быть *новаторно* проконтролированы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству изделия. Если при этом вновь будут обнаружены дефекты, то производят их повторное исправление с соблюдением необходимых требований. Число исправлений одного и того же дефектного участка, как правило, *не превышает трех раз*.

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Рабочее место газосварщика (резчика)

В принципе при газовой резке (сварке) рабочее место должно выглядеть так же, как и рабочее место электро-сварщика, но имеется ряд существенных различий. Место источника электропитания займет или ацетиленовый генератор, или баллоны с кислородом (бутаном, пропаном, природным газом и т.д.). Место электрододержателя займет резак (горелка). Рядом с ним должно обязательно находиться ведро с водой для охлаждения горелки (резака). При газосварочных работах потребуются наличие нагревательного устройства (горна, печи) для предварительного подогрева обрабатываемых деталей. Для замедленного охлаждения деталей (изделий) должен быть ящик с песком. Наряду со средствами пожаротушения (которые обязательны как у электро- так и у газосварщика) этот песок может применяться и для тушения очага пожара.

Газы, применяемые при газопламенной обработке

Газопламенная обработка металлов предполагает взаимодействие горючих газов, как источников теплоты. На первом месте среди них стоит ацетилен. Затем следует его заменители — пропан, бутан, метан, их смеси. Довольно широко применяется кислород и, конечно, жидкие горючие материалы — бензин и керосин.

Охарактеризуем упомянутые горючие газы по степени их значимости. **Ацетилен**, несомненно, самый широко применяемый газ. Он дает наилучшее качество пламени. Это единственный газ, горение которого возмож-

но при отсутствии кислорода (или окислителя вообще). Для работы ацетилен используется в двух видах — в растворенном (в баллонах), либо в газообразном (из ацетиленовых генераторов). Растворенный ацетилен — это газообразный ацетилен, растворенный в ацетоне. Преимущество этого состояния ацетилена в том, что повышается безопасность проведения работ, более надежно работает весь газосварочный (газорезочный) комплект. Из чего же можно получить ацетилен? Основное сырье — карбид кальция. В результате гидролиза карбида кальция водой из одного килограмма карбида можно получить до 230—250 дм³ ацетилена. Количество воды, необходимое для разложения 1 кг карбида кальция колеблется (в зависимости от грануляции) от 5 до 20 дм³.

Применение ацетилена ограничивается только ввиду его дефицитности.

Успешно заменить его могут заменители ацетилена — газы, которые уступают ацетилену по теплопроводности. В качестве заменителей могут выступать бензин, керосин и их смеси. Поговорим о них более подробно.

Заменители ацетилена. Для удобства классификации заменителей разделим их на две группы — *сжимаемые* и *несжимаемые*.

Сжимаемые газы представляют метан, природный газ, нефтяной, коксовый и горючий газы.

Сжиженные газы — это бутан, пропан и их смеси. До потребителя (имеются в виду не промышленные предприятия) эти газы поступают со станций наполнения в баллонах, которые могут использоваться для индивидуальными рабочих мест.

Кислород, как горючий газ, может быть использован только в чистом виде. Причем для обработки поверхностей достаточно 92—98% чистоты, а для резки металла — не менее 99,5%. К индивидуальному потребителю кислород поступает в баллонах в сжатом состоянии. Работа с кислородом требует особой осторожности. Главные враги этого газа — жиры, масло. При контакте кислорода с жиром или маслом, даже в ничтожном количестве, образуется взрывчатая смесь. Вся кислородная аппаратура должна быть обезжирена, вся замасленная ветвь должна быть удалена с рабочего места, рабочая одежда тоже не должна иметь масляных пятен.

Жидкое горючее. Под этим термином подразумевается смесь керосина с бензином в пропорции 1:1. Как бензин, так и керосин перед применением надо обязательно профильтровать через войлок. Не следует применять тракторный керосин, т.к. он содержит в себе достаточно много смолистых веществ. К индивидуальному потребителю жидкое горючее поступает в бачках под давлением 0,3 МПа.

Основные свойства горючих газов даны в предлагаемой ниже таблице.

Применение горючих газов

Наименование	Температура пламени смеси с кислородом, °С	Количество кислорода (м ³), подаваемого в горелку или резак, на 1 м ³ горючего	Область применения
Ацетилен	3100—3200	0,8—1,3	Все виды газопламенной обработки
Пропан-бутановые смеси	2500—2700	3,4—4,2	Кислородная резка, пранка и гибка стали, пайка медных сплавов, сварка соединений из низкоуглеродистой стали толщиной до 5 мм, напыления цинка, алюминия и других легкоплавких материалов
Природный газ	2000—2200	1,6—1,8	То же, кроме алюминия, цинка, легкоплавких материалов
Горючий газ	2000—2200	1,3—1,5	То же, кроме алюминия, цинка, легкоплавких материалов
Керосин	2400—2450	1,7—2,4	Кислородная резка, сварка легкоплавких металлов

Защитная газовая аппаратура

Данная аппаратура имеет своей целью защиту зоны сварочной дуги каким-либо инертным газом или смесью таких газов. Сама аппаратура состоит из баллонов, осушителей и подогревателей газа, газовых смесителей, электромагнитных клапанов, расходомеров, регуляторов давления.

Остановимся на предназначении каждого из перечисленных компонентов.

Регулятор давления (регулятор с манометром) снижает давление газа, который поступает из баллона, автоматически поддерживает рабочее давление. Если применяется углекислый газ, надо применять регуляторы для кислорода (ДКД-8-65) или углекислотные регуляторы У-30. Если защитным газом является какой-либо инертный газ, то необходимы специальные регуляторы давления — АР-150, АР-40, АР-10.

Осушитель газа устраняет наличие влаги, которая всегда имеется в углекислом газе.

Подогреватель газа предназначен для подогрева поступающего из баллона углекислого газа.

Электромагнитный газовый клапан (рис. 29) предназначен для автоматического управления подачей газа. Он состоит из корпуса 1, плунжера 2, электромагнита 3, входного 4 и выходного 5 штуцеров. При подаче напряжения питания на катушку электромагнита якорь электромагнитного клапана втягивается, поднимая плунжер 2, при этом газ поступает из входного штуцера в выходной и далее в рабочую горелку автомата.

При отключении напряжения питания плунжер 2 под действием пружины возвращается в первоначальное положение, перекрывая проход между входным и выходным штуцерами, и подача газа прекращается. Включение электромагнитного клапана сблочноковано с пусковой кнопкой полуавтомата. Таким образом обеспечивается продувка газовых каналов и подготовка защитной среды перед зажиганием сварочной дуги, а также сохранение защитной среды после гашения дуги до полного остывания металла.

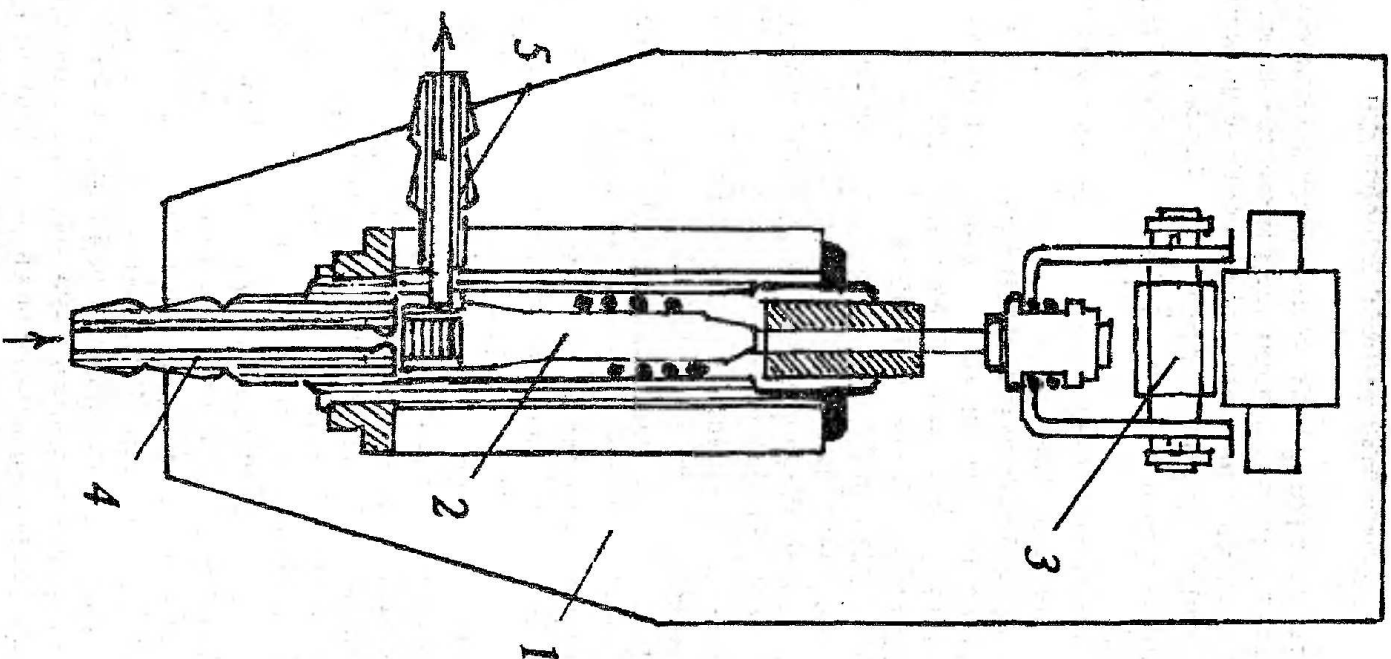


Рис. 29. Клапан электромагнитный

Расходомеры используются для измерения расхода рабочего газа при сварке.

Газовый смеситель, служит для получения газовых смесей постоянного состава (аргона и гелия, углекислого газа и кислорода и т. д.). С помощью газового смесителя можно получить газовую смесь любой концентрации.

Средства взрывозащиты

Защитные средства при работе с горючими газами представлены предохранительными затворами, огнепреградителями, пламегасителями и обратными клапанами. Различаются они по своему предназначению и по месту установки. **Предохранительные затворы** предотвращают проникновение пламени (кислорода, воздуха) от сварщика (резчика) в защищаемое оборудование. Место их установки — на ацетиленовых генераторах и на ацетиленопроводах. По конструктивному исполнению могут быть «сухие» и «жидкостные» затворы. «Жидкостные» затворы надо устанавливать в хорошо вентилируемых металлургических шкафах, а «сухие» затворы — на открытой площадке. По своей мощности затворы делятся на групповые (станционарные) и постовые (индивидуальные). В данной книге нас больше интересуют индивидуальные. В настоящее время выпускаются три вида постовых затворов. Все они работают в режиме среднего давления и имеют производительность не более $5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Технические характеристики всех трех затворов даны в таблице.

Огнепреградители предотвращают выход пламени (детонационной волны) из аппарата (ацетиленового генератора) в коммуникации.

В линиях низкого и среднего давления используются, как правило, огнепреградительные башки, которые устанавливаются на выходе из генераторного отделения перед газобойлером и на входе в отдельно стоящий газопотребляющий цех или наполнительное отделение. Выбор типа башки и места ее установки производится проектной организацией. В линиях высокого давления для локализации возможного очага взрывного распада аце-

Характеристики постовых затворов ЗСУ-1, ЗСП-8, ЗСП-3,2

Вид затвора	Конструктивные особенности	Масса (кг)	Наибольшее давление (МПа)	Пропускная способность ($\text{м}^3/\text{ч}$)
ЗСУ-1	Затвор среднего давления («сухой»), имеет вставку пламегасителя	1,9	0,15	5,0
ЗСП-8	«Жидкостный» принцип работы	5,7	0,07	3,2
ЗСП-3,2	«Сухой» затвор среднего давления со вставкой пламегасителя	1,1	0,15	3,2

тилена применяют огнепреградители высокого давления трех типов: сетевые, баллонные и манометровые.

В таблице даны основные характеристики огнепреградителей.

Характеристики огнепреградителей ЗВМ-2, ЗСО-1, ЗВП-2

Модель	Масса (кг)	Тип	Максимальная пропускная способность ($\text{м}^3/\text{ч}$)	Максимальное рабочее давление (МПа)
ЗВМ-2	0,5	Манометровый	—	2,5
ЗСО-1	18,0	Сетевой	60	2,5
ЗВП-2	1,3	Баллонный	3	2,5

Пламегасители. Эти защитные устройства устанавливаются на входных штуцерах и служат для защиты от обратного удара пламени в шланги. Можно использовать пламегасители на ручной аппаратуре (при условии, что давление газа не может быть ниже $0,03 \text{ МПа}$). В настоящее время разработаны два типа пламегасителей — ПГа (для ацетилена) и ПТк (для кислорода). При этом пламегасители ПГа могут быть использованы для работы на газах-заменителях ацетилена. Оба типа пламегасителей рассчитаны на рабочее давление (на входе в горелку или резак) не менее $0,03 \text{ МПа}$, и не более $0,135 \text{ (ПГа)}$ и

1,0 (ШК). Вес обожих пламегасителей — не более двух килограмм (каждый).

Обратные клапаны защищают от прорыва газа непосредственно от сварщика (резчика) через шланг в генератор. Устанавливаются они в точке отбора рабочего газа для потребления. Работать могут только с газами-заменителями ацетилен (исключение — водород). По конструктивному исполнению различаются на клапаны для газов и клапаны для жидкостей. При установке обратных клапанов **будьте внимательны!** Они должны устанавливаться строго вертикально, так как работают на гравитационном принципе. Существует три вида обратных клапанов, их характеристики приведены в таблице.

Характеристики клапанов ЛКО-1, ЛЭС-1, ЛЭС-3

Вид	Конструктивные особенности	Масса (кг)	Максимальное рабочее давление, МПа	Максимальная пропускная способность (м ³ /ч)
ЛКО-1	Для жидкого горючего	0,14	1,0	36
ЛЭС-1	Для заменителей ацетилена (кроме водорода)	0,755	1,15	10
ЛЭС-3	Для заменителей ацетилена (кроме водорода)	7,9	0,3	40

ГАЗОВАЯ СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Наиболее часто в домашнем хозяйстве возникает необходимость в сварке деталей (изделий) из цветных металлов, поэтому начнем с описания технологии именно этих работ. На первом месте по статистике стоят работы с металлами и сплавами медной группы (медь, латунь, бронза). За ними следуют алюминий и его сплавы.

Работы с медью. Первое, что надо помнить — медь сильно окисляется. Образующийся оксид снижает пластичность и механическую прочность сварного шва. Помимо всего, появляются мелкие трещины в расплавленном металле («водородная болезнь»). Это и объясняет необходимость обязательного использования флюсов при работах с медью. Роль флюсов заключается в растворении образующихся оксидов. Оксиды трансформируются в легкоплавкие шлаки. А чтобы закиси меди (Cu₂O) не образовывались в металле шва, необходимы присадки (марганец, кремний). Для указанных целей рекомендуется и использование меди с пониженным содержанием кислорода (до 0,01%).

Флюсы и присадочные металлы даны в таблицах.

Флюсы для газовой сварки меди

№ флюса	Состав, %						
	Бура прокаленная	Борная кислота	Калий фосфорнокислый	Кварцевый песок	Древесный уголь	Поваренная соль	Углекислый калий (попаш)
1	100	—	—	—	—	—	—
2	—	100	—	—	—	—	—
3	50	50	—	—	—	—	—
4	75	25	—	—	—	—	—
5	50	35	15	—	—	—	—
6	50	—	15	15	20	—	—
7	70	10	—	—	—	20	—
8	56	—	—	—	—	22	22

Назначение	Марка меди	Состав
Для ответственных конструкций небольшой толщины	М-1	Мель чистая электролитическая
Для ответственных конструкций	МСр-1	Мель с 0,8—1,2% серебра
То же	МНЖ-5-1	Мель с раскислителем — 0,2% фосфора
То же	МНЖКТ-5-1-0,2-0,2	Мель с раскислителем — 0,2% фосфора и 0,3% кремния, 0,2% марганца
Для слабонагруженных конструкций	М-0	Мель для раскислителей

Дополнительные трудности возникают при газовой сварке меди из-за ее уникальных теплофизических свойств. Медь обладает высокой теплоемкостью и теплопроводностью (в 6—7 раз выше, чем у стали), повышенным коэффициентом линейного расширения при нагревании (в 1,5 раза выше, чем у стали).

Эти свойства обуславливают большую, чем при сварке стали, зону термического влияния и приводят к появлению значительных тепловых деформаций, которые могут вызывать при охлаждении сварного шва значительные напряжения.

Некоторыми технологическими приемами можно устранить нежелательные последствия при сварке меди. К примеру, сварку можно вести на увеличенных скоростях. Это уменьшит время соприкосновения пламени с жидким металлом. Для этого надо предварительно подогреть свариваемые кромок. Наконечник для сварки меди всегда будет на 1—2 номера больше, чем наконечник для сварки стали. Это общее правило, и его надо знать без обращения к специальным источникам. Разрушить окисные прослойки после сварки можно путем проковки шва в горячем состоянии. Обычно медь сваривается в виде стыковых и угловых соединений. Сварка впристык (тавровое соединение) и сварка в кромку приме-

няется только при ремонте. Внахлестку медь не сваривается. И последнее — медь сваривается *только в один слой*. При наклеивании второго слоя большая вероятность появления трещин. При сварке меди надо соблюдать технологическую последовательность операций. В противном случае полученный сварной шов не будет соответствовать предъявляемым требованиям. Опшем все стадии процесса сварки.

Первое — подготовка свариваемых деталей. Для этого надо зачистить как кромки свариваемых изделий (деталей), так и прилегающую к ним поверхность металла. Зачистить можно как механическим, так и химическим путем. Затем надо собрать свариваемые детали, закрепить их (лучше всего в кондукторе) и сделать прихватки. Прихватки — это короткие швы (не более 5 мм) с интервалом между ними в 70—100 мм. Если свариваются детали, имеющие значительную толщину, то длина прихваток составит не менее 20 мм при интервале между ними в 400—500 мм.

Второе — установка свариваемой детали (свариваемых деталей). Свариваемые детали надо располагать под углом 7—10° к горизонтальной плоскости, чтобы лучше заполнились зазоры кромок (разделка кромок).

Третье — установка режима сварки. Мощность горелки регулируется, исходя из следующего расчета — 155—175 л/ч ацетилен на 1 мм свариваемой толщины (при толщине 3—4 мм). Если толщина больше, порядка 8—10 мм — 175—225 л/ч на 1 мм толщины. Пламя должно быть нормальным, матким.

Четвертое — сам процесс сварки. Свариваемые кромки нагреваются, на них в виде пыли наносится флюс. Флюсом покрывается и присадочный пруток.

Расплавить присадочный пруток, расположив его над местом сварки близко от сварочной ванны для уменьшения ее окислирования.

Установить горелку под углом наклона к свариваемому изделию 30—40°, присадочной проволоки — 30—40°, расположить ядро пламени на расстоянии 6—10 мм от расплавленного металла и выполнить сварку восстановительной зоной пламени в один проход снизу

Вверх: левым способом при толщине листов до 5 мм, а при большей толщине — правым способом.

Во время сварки периодически добавлять флюс непосредственно в зону сварки на кончике присадочной проволоки, непрерывно перемещивая жидкий металл присадкой, извлекая ее возможно реже из ванночки.

Листое — завершение процесса сварки.

После сварки шов проковать: при толщине листов до 4 мм — в холодном состоянии, при больших толщинах — при температуре до 500°С; принять меры предосторожности против резкого охлаждения сварного соединения под воздействием сквозняков или притока холодного воздуха. Очистить шов 2% раствором серной или азотной кислоты и промыть водой для удаления остатков флюса.

Работы с латуной. Латунь, как уже упоминалось, это сплав меди с цинком (цинка может быть до 55%). Если речь идет о специальных латунях, то это означает, что в сплав включаются дополнительно различные легирующие добавки (свинец, никель, олово). Как и медь, латунь является трудносвариваемым сплавом. Основные трудности процесса — это выгорание цинка и поглощение газов расплавленными металлом. Последствия — образование пор и снижение механической прочности соединения. К тому же, сплав с содержанием цинка более 20% очень часто растрескивается после деформации в холодном состоянии. Чтобы добиться устранения этого, применяются особые технологические приемы. Попытаемся объяснить это в доходчивой форме. Обратимся к таблице.

Обработка сварных соединений из латуни после сварки произойдет так же, как при сварке меди. Однако в отличие от меди, температура проковки латуни зависит не от толщины свариваемой детали, а от содержания цинка в основном металле. Холодную проковку латуниевой алюминиевым молотком или пневмомолотком применяют для латуней, содержащих менее 40% цинка.

Латуни, содержащие более 40% цинка, подвергают проковке при температуре 650°С, что соответствует нагретую металла до темно-красного цвета.

Устранение трещин, пор, выгорания цинка при сварке латуни

Дефект	Методы устранения	Результат
1 Образование трещин	2 Производить многослойную сварку методом ступенчатой и обратноступенчатой сварки Легировать шов кремнием и бором применением соответствующих марок присадочного металла (ЛК62-0,5 и ЛКБ0)	3 Уменьшение горячеломкости латуни Уменьшение горячеломкости латуни в интервале температур 200—600°С
Выгорание цинка	Использовать присадочные проволоки типов ЛК и ЛКБ0, содержащие добавки кремния и бора Выполнять сварку левым способом	На поверхности сварочной ванны образуется пленка шлакового покрова, которая затрудняет испарение цинка, но не является препятствием для выделения газов из расплава Уменьшается перегрев металла шва, а следовательно, и испарение цинка, так как пламя не направлено на сварочную часть шва На поверхности расплавленного металла образуется пленка оксидов, которая уменьшает утар цинка На поверхности жидкой ванны образуется защитная пленка, предохраняющая металл от испарения цинка Уменьшается перегрев жидкого металла и испарение из него цинка

1	2	3
Образование пор	Применять присадочные металлы и флюсы на основе бористых соединений	На поверхности расплавленного металла образуется шлаковый покров, который не является препятствием для выделения водорода и других газов из расплава при кристаллизации шва
	Производить сварку окислительным пламенем	Избыточный кислород связывает свободный водород пламени и способствует уплотнению металла шва

Не следует забывать, что пары цинка, содержащиеся в лагуни, ядовиты и это требует принятия мер для защиты органов дыхания. Лучше всего применить респиратор или постараться обеспечить бездымный технологический процесс. В заключение данной темы — о порошкообразных флюсах, применяемых при сварке латуни:

флюс № 1 состоит исключительно из прокаленной буры;

флюс № 3 состоит из 80% борной кислоты и 20% прокаленной буры;

флюс № 200 состоит из 70% борной кислоты, 21% прокаленной буры и 9% фтористого кальция.

Работы с бронзой. Бронза — это сплав меди с оловом (оловянные бронзы) алюминием (алюминиевые бронзы), кремнием (кремнистые бронзы) и т.д. В состав бронзы могут входить и другие элементы.

Процесс газовой сварки применим преимущественно для оловянной бронзы, алюминиевые и кремнистые бронзы свариваются в основном дуговой или аргонодуговой сваркой.

Есть необходимость подробнее остановиться на существующих марках различных бронз и изложить в виде таблицы способы их сварки.

Сварка различных бронз и их применение

Группа	Марка	Применение	Способы сварки
Оловянные бронзы с содержанием олова до 20%	БрОЦ8-4 БрОЦ10-2 БрОЦС6-6-3	Фасонное литье и арматура	Газовая сварка
Алюминиевые бронзы. Состав — алюминий до 10%, легированный марганцем, железом, никелем	БрАМ10-3-7-5 БрАЖ9-4 БрАЖН-10-4-4 БрАЖН-11-6-6	Фасонное литье и арматура	Из-за пониженной свариваемости сварку лучше вести угольным электродом. Газовая сварка применяется редко
Кремнистые бронзы, кремнемарганцевые, бронзы легированные кремнием и марганцем, с добавкой железа, никеля и др.	БрКМц3-1	Применяются в химической и пищевой промышленности (возможно применение и в других отраслях).	Хорошая свариваемость. Хорошо соединяются дуговой сваркой. Газовая сварка применяется крайне редко

Практика показывает, что хорошее знание технологических подробностей всегда дает хороший результат при выполнении сварочных работ. В быту и в объеме работ небольших сварочных мастерских большое место занимают оловянные бронзы. Поэтому есть необходимость глубже выикнуть в вопрос газовой сварки оловянных бронз.

Первое, что мы делаем, готовясь к сварке — готовим соединяемые детали. Это очистка поверхности от окалины, от остатков формовочной смеси (если таковые имеются), других отложений. Зачистку надо проводить металлической щеткой до появления блеска металла. Затем следует этап разделки кромок V-образного профиля под 70—90°. После этого, учитывая вредность испарений оловянных бронз, закрепить соединяемые детали в зоне действия вытяжной вентиляции в нижнем положении, т.к. бронза обладает большой текучестью в расплавленном состоянии. Под будущий шов необходимо подвести подкладки из графита или асбеста. Сварку производить лучше всего ацетиленом, но можно применить и га-

зы-заменители (бутан, пропан). На горелке отрегулировав мягкое нормальное пламя из расчета 70—120 литров в час на 1 мм свариваемой толщины. На кромки деталей и на присадочный металл нанести флюс. Флюсы используются те же, что и при сварке меди. Если металл холодный, подогреть его до температуры 250—300°C. Затем распластаем мундштук горелки под прямым углом к поверхности металла и расплавляем соединяемые кромки и присадочный материал. Ядро пламени горелки должно находиться на расстоянии 7—10 мм от уровня расплавленного металла (сварочной ванны). Это необходимо для того, чтобы сварочная ванна не перегрелась и не *началась выгорание олова*. Хорошо перемешивать сварочную ванну присадочным прутиком и периодически добавлять в жидкий металл флюс, который будет удалять образовавшиеся окислы. В качестве присадочного материала при сварке оловянных бронз надо использовать проволоку БроФ6,5-0,4 или БроЦ4-3 с добавкой фосфора. Если таковых нет под рукой, можно использовать бронзовые полоски, но только обязательно *той же марки*, что и свариваемый металл.

По окончании сварочных работ произвести термообработку детали (изделия) и удалить остатки флюса путем промывки шва 2% раствором серной или азотной кислоты.

Работы с алюминием и его сплавами. Уже упоминалось, что сварка алюминия затруднена из-за того, что на расплавленном участке сразу образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия. Для устранения этого явления используется присадочная проволока со специальными флюсами, которые растворяют пленку, преобразуя ее в шлак.

Алюминиевые сплавы делятся на две группы: деформируемые и литейные.

Наиболее распространенные деформируемые сплавы — это сплавы алюминия с марганцем (АМг) и магнием (АМг), а также термостойкие сплавы с медью типов Д1 и Д6 (дюралюминий). Из литейных сплавов чаще всего применяются различные виды силумина (сплав алюминия с кремнием) типов АЛ2, АЛ4 и АЛ9.

В последние годы сварка деформируемых алюминиевых сплавов производится преимущественно дуговыми методами и, в частности, аргонодуговой сваркой. Газовая сварка используется при отсутствии такой возможности.

Литейные алюминиевые сплавы хорошо поддаются газовой сварке и этот метод, наравне с аргонодуговой сваркой, широко применяется при заварке дефектов литья и при ремонте.

Еще одна особенность, которую проявляют алюминиевые сплавы при сварке — это наличие *высокого коэффициента линейного расширения* (почти в два раза больше, чем у низкоуглеродистой стали). Следствием является то, что возникающие при сварке напряжения и деформации при сочетании с *чрезмерно быстрым* охлаждением ведут к появлению трещин. Поэтому всякое отклонение от правильного режима сварки и охлаждения может привести к браку всего изделия. Итак, еще раз о правильном режиме охлаждения:

Укрыть отливку асбестом или засыпать песком и обеспечить после сварки медленное ее охлаждение, не оставляя ее на сквозняке или в холодном помещении. Произвести проковку отливки, совмещая ее с отжигом при температуре 300—350°C и с выдержкой в печи в течение 2—5 ч для снятия остаточных напряжений и улучшения механических свойств сварного соединения

Наконец, при сварке алюминиевых сплавов необходимо учитывать их склонность к порообразованию из-за растворения водорода, содержащегося в пламени. Для уменьшения вероятности возникновения пористости необходимо уменьшить скорость сварки и использовать предварительный подогрев свариваемых деталей.

При газовой сварке алюминия и его сплавов чаще всего применяют ацетилен, но может быть применен и водород (для толщин до 1,2 мм), пропан-бутан (для толщин до 3 мм) и другие газы-заменители.

Сварка должна производиться мягким (при давлении кислорода 0,15—0,2 МПа) нормальным пламенем. Использование пламени с избытком ацетилена приводит к увеличению пористости сварного соединения, а при-

менение окислительного пламени недопустимо, так как оно благоприятствует образованию оксида алюминия.

Основной вид соединений алюминия и его сплавов при газовой сварке — *стыковой*. Разделка кромок может быть самая различная. Нахлесточные и тавровые соединения не рекомендуются, т.к. из них трудно устранить флюсы и шлаки.

Если свариваются пластины, то начало сварки надо производить, отступив от края на 80 мм. Сварочный процесс при этом вести *обратноступенчатым* методом. Это значит, что пропущенный участок надо сваривать в обратном направлении.

Если деталь достигает толщины 10 мм и более, надо прогреть ее перед сваркой до температуры 300°С.

Заканчивая тему газовой сварки алюминия и его сплавов рекомендуем внимательно ознакомиться с тремя таблицами по режиму сварки, по применяемым присадочным материалам, по степени свариваемости газом.

Таблица режимов сварки сплавов алюминия

Способ сварки	Толщина детали	Номер наконечника горелки	Диаметр присадочной проволоки	Давление кислорода (МПа)	Расход ацетилена (литр в час)
Прявый	5,0—10,0	3—5	4,0—6,0	0,25—0,3	400—700
—>	10,0—15,0	3—6	5,0—8,0	0,3—0,35	700—1200
—>	15,0—25,0	5—6	5,0—8,0	0,35—0,4	900—1200
—>	более 25,0	5—6	8,0—10,0	0,4—0,6	900—1200
Левый	до 1,5	0—1	1,5—2,5	0,15	50—100
—>	1,5—3,0	1—2	2,5—3,0	0,2	100—200
—>	3,0—5,0	2—3	3,0—4,0	0,2	200—400

Присадочные металлы

Свариваемые материалы	Основное назначение присадки	Марка присадки
При сочетании сплавов АМп и АМг3, а также сплавов АМг3 с алюминием А13	Для сварки деформируемых сплавов	Св-Амг3
Чистый алюминий типов А1, А2, А3	Для сварки чистого алюминия	Св-А1
Чистый алюминий типов А1, А2, А3	То же	Св-АВ00
Деформируемые сплавы систем	Для сварки деформируемых сплавов	Св-АМг5
То же	То же	Св-АМг6
То же	То же	Св-АМг7
То же	То же	Св-АК3
Литейные алюминиевые сплавы систем	Для сварки литейных сплавов	Св-АК5
То же	То же	Св-АК10
То же	То же	Св-АК12

Степень свариваемости газом алюминия и его сплавов

Группа	Марка	Характеристика свариваемости	
		Литейные сплавы	Деформируемые сплавы
Алюминиево-кремнистые (типа силумин) с содержанием от 4 до 13% кремния	Ал2	Удовлетворительная	Удовлетворительная
	Ал4	Удовлетворительная	Удовлетворительная
	Ал9	Удовлетворительная	Удовлетворительная
Алюминиево-марганцевые с содержанием от 1 до 1,6% марганца	АМп	Хорошая	Хорошая
	АМп1	Удовлетворительная	Удовлетворительная
Алюминиево-магниево-кремниевые с содержанием от 2 до 6% магния	АМг3	Хорошая	Удовлетворительная
	АМп5	Удовлетворительная	Удовлетворительная
	АМг6	Удовлетворительная	Удовлетворительная
Алюминиево-медные (типа дуралюмина)	Д1	Плохая	Плохая
	Д16	Плохая	Плохая
Термоупрочняемые сплавы	АВ	Плохая	Плохая
	АК	Плохая	Плохая
	В95	Плохая	Плохая

Газовая сварка чугуна

Прежде всего разграничим чугуны в зависимости от их структуры на три вида — белые, серые и ковкие. Все три вида в свою очередь делятся на легированные и не-легированные.

Теперь подробнее о каждом из видов.

Белый чугун. Работа с ним (имеются в виду газосварочные работы) может быть только в части исправления брака литья, наплавки, наварки. Сам по себе белый чугун очень твердый металл, практически не обрабатываемый в машиностроении. Белый чугун — труднообрабатываемый металл, очень жидкотекуч при сварке. Излом у него светло-серый.

Серый чугун. Применяется как конструкционный металл. Степень свариваемости (газовая сварка) может быть как хорошей, так и плохой, в зависимости от его структуры. Есть простая практика определения свариваемости чугуна. Если излом у серого чугуна черный — свариваемость плохая. Излом крупнозернистый, с крупными включениями графита — ограниченная свариваемость. При светло-сером изломе свариваемость будет хорошей.

Ковкий чугун. Наиболее применим в промышленности по причине хорошей обрабатываемости. Сам по себе ковкий чугун — это результат переработки белого чугуна. Суть этой переработки в том, что белый чугун подвергается медленному нагреву (томлению) в течение нескольких суток при температуре 900—1000°С. Затем такими же медленными темпами происходит охлаждение.

Все три вида чугуна для конкретных целей могут быть легированы различными добавками для повышения их прочности и улучшения технологичности.

Переходя к вопросу газовой сварки чугунных изделий, сразу оговоримся, что основной объем сварочных работ — это ремонт поврежденных или изношенных деталей или же исправление брака литья, обработки термической или механической.

Способов сварки чугуна достаточно много. Прежде всего, сварка может проводиться как с расплавлением

основного металла, так и без этого. В свою очередь, сварка с расплавлением металла делится на холодную и горячую сварку. А сварка без расплавления основного металла предполагает пайковсварку с чугунным присадочным материалом и латунным припоем.

Холодная сварка. Холодная сварка не потребует предварительного нагрева деталей. Применима она в тех случаях, когда детали имеют возможность свободно расширяться без возникновения внутренних напряжений при нагревании (и охлаждении). Подготовку кромок можно выполнить как механическим, так и термическим способом (расплавить кромки воль шва). При термическом способе жидкий чугун должен быстро удалиться присадочным прутом и тут же на кромки наносится флюс. Пламя, расплавляя кромки, удаляет жиры, которые могут глубоко проникнуть в пористый чугун. Сама газовая сварка осуществляется ацетиленкислородным пламенем. Горелки, которые используются при этом — универсальные Г2 и Г3 (или их прототипы). Если применяются газы-заменители ацетилена, то используются уже специальные горелки ГЗУ. Можно использовать и горелки Г2 и Г3, но они должны быть обязательно укомплектованы наконечниками, которые на один номер больше, чем те, которые использовались при ацетиленкислородной сварке.

Что надо знать при использовании газов-заменителей ацетилена:

1. Газы-заменители дают менее концентрированное и более мягкое пламя, что дает меньший нагрев.
2. Ядро пламени будет менее различимым, чем у ацетиленового. Это значит, что работа с газами-заменителями ацетилена требует опыта, а если его нет — то обязательна консультация со специалистами или с практиками, имеющими достаточный опыт сварки с применением заменителей ацетилена.
3. Увеличится в 2—3 раза расход кислорода, что потребует его дополнительных запасов.

Эти три момента относятся как к холодной, так и к горячей сварке. Сама сварка производится нормальным пламенем или пламенем с небольшим избытком ацети-

лена. Если ацетилен будет много, это приведет к образованию пор. Если же процесс сварки будет вестись медленно и пламя при этом будет окисляющим, то в шве будет большое количество оксидов и шлаковых включений.

Присадочным материалом будет служить чулунный пруток длиной от 400 до 700 мм. Мощность пламени и диаметр присадочного прутка выбирают с учетом толщины свариваемой детали. Есть определенная зависимость диаметра присадочного прутка, номера наконечника горелки и площади дефекта, которая сведена в таблице:

Диаметр прутка (в мм)	Площадь дефекта (в см ²)	Номер наконечника
6	5	5
6-8	5-20	6
8-10	20-30	6
12	больше 30	7

Следующая таблица посвящена флюсам, которые применяются при сварке (холодной и горячей) чугуна.

Флюсы

Номер флюса	Содержание флюса (в %)
1	100 плавящей буры
2	100 прокаленной буры
3	100 технической буры
4	56 прокаленной буры, 22 углекислого натрия, 22 углекислого калия
5	50 технической буры, 50 двууглекислого натрия
6	23 плавящей буры, 27 углекислого натрия, 50 натриевой селитры
7	50 прокаленной буры, 50 натриевой селитры, 4 керосина (сверх 100)

В зависимости от того, какие детали свариваются и какова структура наплавляемого металла, марки и составы прутков будут различными, что видно на следующей таблице.

Чулуны присадочные прутки для газовой сварки

Свариваемые детали	Наплавляемый металл (структура)	Марка прутков	Состав прутков
Детали сложного профиля с тонкими стенками	Ферритная структура	Б	Кремний до 4—5% при невысоком содержании углерода
Крупногабаритные отливки (предварительно подогреть)	- » -	А	Кремний 3—3,5% при невысоком содержании углерода
- » -	Перлитная структура большой плотности	І (з-д «Станколит»)	Кремний 4—5%, не-высокое содержание углерода, легирование хромом (0,10%), никелем (0,10%), титаном (0,10%), оловом (0,3—0,5%)
Детали сложного профиля с тонкими стенками (при наличии местного подгрева)	Перлитная структура большой плотности	ІІ (з-д «Станколит»)	То же, но с легированием медью вместо олова. Меди — 1,0—2,5%.

Горячая сварка. При горячей сварке обязателен предварительный подогрев свариваемых деталей. Детали при нагреве должны находиться в жестком закрепленном каркасе, что позволит устранить возникающие при нагреве напряжения, которые впоследствии при нагреве могут привести к образованию трещин. Если нагрев носит местный характер, то жесткий каркас можно не применять. Крупные детали нагреваются до температуры 500—700°С, а мелкие (небольшие) до 300—400°С. Каким способом нагреть деталь, сварщик решает в зависимости от имеющихся условий. Конечно, лучше всего осуществить нагрев установками индукционного нагрева с

применением токов промышленной частоты. Если есть возможность подогреть в горнах, тоже прекрасно. Но чаще всего нагрев осуществляется пламенными горелками, паяльными лампами и, конечно же, горелками индукционного типа ЛК-15 и ЛК-25.

Горячая сварка осуществляется по тем же правилам, как и холодная сварка. Действительны и все таблицы, приведенные для холодной сварки.

При горячей сварке чугуна обязательно применение флюсов, действие которых таяко. Попадая в сварочную ванну, они предотвращают окисление кромок твердого металла, извлекают оксиды и неметаллические включения из расплавленного металла, а также способствуют образованию пленки, защищающей его от воздействия газов пламени и воздуха. Положительное влияние флюсов сказывается также в улучшении смачивания поверхности твердого металла жидким присадочным металлом.

Кроме того, при сварке чугуна можно применять газозообразный флюс БМ-1, который представляет собой смесь метилбората (70—75%) с метанолом (25—30%). Эта смесь в виде жидкости заливается в специальный флюосоосмеситель типа КГФ-3, через который пропускается горячий газ для сварки. Поскольку флюс легко испаряется, пары его извлекаются горячим газом и подаются с ним по рукаву в горелку, где они сгорают в пламени. Процесс с использованием газозообразного флюса называется газодфлюсовой сваркой. Флюс БМ-1 обеспечивает получение густого, вязкого шлакового покрова на поверхности сварочной ванны.

Хотя, как уже было сказано, правила для горячей и холодной сварки одни и те же, надо остановиться на вопросе последовательности технологических операций при проведении горячей сварки.

Первое, что надо сделать — это подготовить детали к сварке. Для этого надо очистить поверхность пламенем горелки или металлическим скребком (щеткой), а если потребуется, то и зубилом. Кромки надо разделать под углом 70°.

Второе — подогреть детали. Мало- и среднегабаритные детали надо подогреть до температуры 300—400°С, а крупногабаритные — до 500—600°С (до появления коричнево-красного цвета).

Третье — процесс установки детали.

Установить деталь в зоне действия вытяжной вентиляции с расположением дефекта в нижнем положении и горизонтальной плоскости (продолжительность перерыва между окончанием подогрева и началом сварки для больших отливок несложной конфигурации не должна превышать 3—5 мин во избежание охлаждения детали ниже 400°С).

Четвертое — нагрев и обработка поверхности.

Отрегулировать нормальное пламя удельной мощности 100—120 л/ч на 1 мм толщины металла и восстановить ее частью (на расстоянии 2—3 мм от ядра), равномерно прогреть кромки дефекта до расплавления с одновременным нанесением флюса и равномерным распределением его по поверхности дефекта с помощью присадочного прутка.

Пятое — заполнение места сварки присадочным металлом.

Расплавить прутки наиболее горячей частью пламени (ближе к ядру) и заполнить дефект (трещину, ржавчину) расплавленным присадочным металлом, добавляя периодически флюс на кончике прутка.

Вести сварку ванным способом (отдельными сварочными ваннами длиной 20—50 мм каждая) с поддержанием металла в жидком состоянии до полного заполнения дефекта присадочным металлом; при заварке краевых дефектов поддерживать ванну в полужидком состоянии (для исключения стекания металла) за счет перидического отведения пламени от места дефекта для охлаждения ванны и изменения угла наклона горелки к поверхности изделия с 80 до 10°.

Удалить неметаллические включения из ванны в процессе сварки с помощью флюсования жидкого металла и интенсивного его перемешивания присадочным прутком.

Шестое — это окончание процесса сварки. Сначала надо медленно отвести горелку от поверхности ванны на 50—60 мм и наплавленный металл подогреть пламенем в течение 0,5—1,5 мин, закрыть деталь листовым асбестом для замедленного охлаждения металла шва и обеспечения свойств сварного соединения, равноценных со свойствами основного металла.

Последним следует *этип термообработки*. Детали нагреваются, мелкие — до 300—400°С, крупные — до 500—600°С с последующим медленным охлаждением.

Низкотемпературная сварка чугуна. Это способ сварки без расплавления основного металла, поэтому он применяется в основном на последних стадиях обработки детали. Более низкая температура сварки уменьшает возможность появления деформаций, трещин, структур отбела (при охлаждении).

При этом способе образуется такое же соединение, как и при пайке, т.е. жидкая ванна не образуется. Плавление подвергается только присадочный прутки. Низкотемпературная сварка чугуна осуществляется двумя способами: с латунными припоями и с чугунными присадочными прутками. Рассмотрим их.

Сварка с латунными припоями. Основное преимущество этого способа — в низкой температуре нагрева — до 650—750°С. Это достигается путем применения специальных флюсов и припоев (присадочных прутков), характеристики которых даны в предлагаемых ниже таблицах. Ведется сварка ацетиленокислородным пламенем. Допускается и использование газов-заменителей ацетилена. Мощность пламени в целом должна соответствовать расходу ацетилена в пределах 60—75 литров в час и бутана (пропана) 50—60 л/ч на 1 мм толщины металла. В зависимости от мощности пламени выбирается и номер наконечника горелки. Присадочные прутки, припой и флюсы для низкотемпературной пайкосварки чугуна даны в двух предлагаемых ниже таблицах.

Флюсы для низкотемпературной пайкосварки чугуна

Назначение	Марка	Температура сварки, °С
Для низкотемпературной сварки чугуна чугунными прутками	ФСЧ-2	900—950
Для низкотемпературной сварки чугуна латунными припоями	ФПСН-1	650—750
То же	ФПСН-2	650—750
Для низкотемпературной сварки чугуна чугунными прутками	МАФ-1	750—800

Присадочные прутки и припой

Марка	Назначение	Область применения
НЧ-2	Низкотемпературная пайкосварка чугуна чугунными прутками	Для заварки дефектов в тонкостенных опливках
УНЧ-2	То же	Для заварки дефектов в толстостенных опливках с получением плотного металла шва
ЛОК-59-1-03	Низкотемпературная пайкосварка чугуна латунными припоями с «бензиновым» флюсом плавления	Для заварки дефектов, когда к наплавке не предъявляются требования одноцветности и одинаковой твердости с чугуном
ЛОМНА-49-05-10-4-0,4 (ТУПМО-03-9362)	Низкотемпературная пайкосварка чугуна латунными припоями	Для заварки дефектов, когда к наплавке предъявляются требования одноцветности с чугуном

Технология пайкосварки. В завершение темы пайкосварки чугуна подробно осветим вопрос последовательности технологических операций от начала до конца процесса. *Первым*, конечно же, будет процесс подготовки к пайкосварке. Будущее место наплавки и припаянная поверхность очищаются от грязи, оксидов, других

загрязнений. Очистка производится пламенем горелки и металлической щеткой.

Второе — разделка будущего места наплавки (дефекта). Здесь могут быть задействованы зубило, сверло, фреза, другие механические способы обработки поверхности. Схематично разделка дефекта под пайкосварку изображена на рис. 30а.

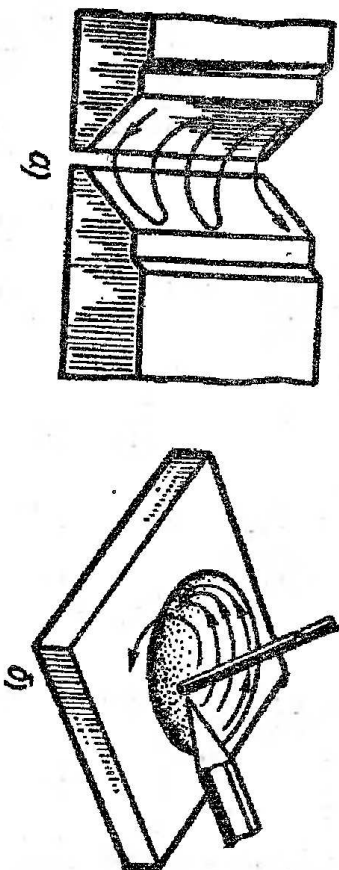


Рис. 30. Схема процесса низкотемпературной пайкосварки чугуна чутунным присадочным материалом при исправлении дефектов: а — с продольной разделкой; б — с дефектом типа раковин

Третье — установка и нагрев детали. Сама деталь должна быть установлена в зоне действия вытяжной вентиляции с расположением дефекта в нижнем положении и горизонтальной плоскости.

Нагреть поверхности разделочного дефекта и металл в зоне дефекта до 300—350°C.

Нанести на поверхность дефекта флюс и нагреть его факелом пламени, а не ядром, во избежание выдувания. Горелку наклонить под углом 50—60°. На рис. 31 представлена пайкосварка правым способом.

Продолжить нагрев крошки дефекта до температуры 750—800°C при использовании прутков УНЧ-2 и флюса МАФ-1 или до 900—950°C при применении прутков НЧ-2 и флюса ФСЧ2.

Одновременно нагреть конец прутка до оплавления и обмакнуть его во флюс.

Равномерно распределить флюс на поверхности дефекта концом прутка.

Расплавить конец прутка трением его о нагретую поверхность.

Четвертое — заполнение места разделки расплавленным металлом. Для этого расплавить прутки наиболее горячей частью факела пламени (на 2—3 мм от ядра).

Заполнить объем разделки каплями жидкого присадочного металла и ванным методом, перемещая горелку и прутки по винтовой восходящей линии или круговыми движениями, в зависимости от вида дефекта — см. рис. 30б.

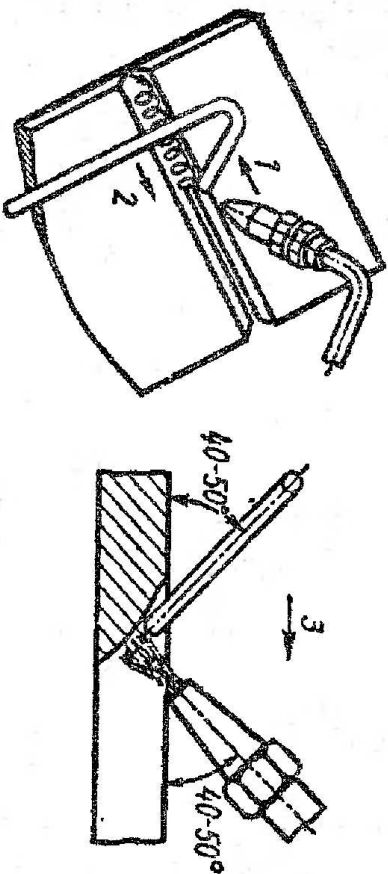


Рис. 31. Правый способ пайкосварки. 1 — движение горелки; 2 — движение прутка; 3 — движение горелки и прутка

Производить наплавку за один проход при толщине металла до 6 мм и в два прохода при толщине 8—12 мм.

Периодически добавлять флюс в расплавленный металл и непрерывно перемещивать металл прутком, касаясь стенок дефекта.

И, наконец, **пятое**, завершающее действие, от правильности которого может зависеть весь результат предыдущей работы — правильное охлаждение места напайки (заварки). Заваренный участок *медленно* охлаждается под пламенем горелки в течение 1,5—3 мин. После этого, обеспечивая замедленное охлаждение, медленно отвести горелку. Очистить шов от остатков флюса и, в заключение, промыть его водой.

СВАРКА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Газовая сварка легированных сталей

Решая вопрос о применении газовой сварки для соединения легированных сталей, имеющих в своем составе молибден, хром, никель, титан и другие элементы, надо хорошо знать те особенности, которыми эти стали обладают. В принципе применимость газовой сварки определенного легированных сталей. Начнем с тех сталей, по отношению к которым газовая сварка не рекомендуется.

Высокохромистая сталь — в ней при продолжительном нагреве происходит рост зерен из-за высокого содержания в химическом составе хрома — более 15%. А так как газовая сварка предполагает длительное термическое воздействие (в отличие от дуговой сварки), то применение газовой сварки *нежелательно* вообще.

Хромистая сталь, как это и очевидно, имеет в своем составе меньше хрома, чем высокохромистая. Несмотря на определенную тенденцию к закалке на воздухе, что неизбежно приведет к появлению трещин. Избежать этого можно, если замедлить остывание шва. Для этого, отводя прелку от шва при окончании работ, надо продолжать нагревать металл пламенем в радиусе 30—40 мм от готового шва. Из изложенного можно сделать вывод, что газовая сварка для хромистых сталей *применима*, но только при условии соблюдения правильного термического режима.

Хромоникелевая сталь. Сразу оговоримся, что газовая сварка этой стали с применением газов-замениителей ацетиленом *исключена*. Сварка ацетиленом *возможна*, но только при условии применения специальных флюсов и

если толщина металла не превышает 1—2 мм. Последующая термическая обработка шва обязательна. Но и при соблюдении всех перечисленных условий механические свойства шва, выполненного газовой сваркой, будут ниже, чем у основного металла. Если это неприемлемо, то сварку надо вести только электродами со специальными покрытиями.

Режим газовой сварки легированных сталей

Сталь	Пригодный металл	Мощность пламени (литр в час на 1 мм толщины)	Термообработка	
				Газовая сварка не рекомендуется
Высокохромистые (с содержанием хрома более 15%)				
Хромоникелевые (1Х18Н9Т и др.)	Только специальные флюсы	75—100 левый способ	Как у хромистых сталей	
Хромистые (1Х13, 2Х13 и др.)	Св-19Х1С	75—100 (при левом способе)	Замедленное охлаждение после сварки с постепенным отводом горелки и подогревом конечного участка шва или полной термообработки (для данной марки стали)	
	Св-13ХМА Св-08 Св-08А			
Хромомолибденовые 10ХСНД, 15ХСНД и др.)	Св-08, Св-08А Св-10Г2	75—100 (при левом способе) 100—130 (при правом способе)	Не требуется	
	Молибденовые (12М, 20М, 20ХМ, 30ХМ)	Св-18ХМА Св-19ХМА	75—100 (при левом способе) 100—130 (при правом способе)	После сварки нагрет горелкой до 900—930°С на шпирину, не менее чем в 5 раз превышающую ширину шва, затем охлаждение на воздухе

Лучше всего сварку осуществлять аргонодуговым методом. Практика показала, что этот вид сварки дает самые качественные швы при соединении хромоникелевых сталей.

Молибденовая сталь (включая и хромомолибденовую) также, как и хромистые стали, имеет тенденцию к закалке на воздухе при температуре ниже 0°С. Поэтому газую сварку можно вести только после того, как деталь (детали) подогрета до 250—300°С. Особенно это важно при сварке в условиях отрицательных температур и при толщинах металла более 10 мм. После газовой сварки обязательна термообработка с замедленным остыванием шва. При соблюдении всех перечисленных условий газовая сварка возможна.

Хромомолибденовая сталь. Противопоказаний по газовой сварке нет при соблюдении условий, изложенных в таблице для легированных сталей.

Газовая сварка углеродистых сталей

Применимость газовой сварки при работе с углеродистыми сталями определяется процентом наличия в них углерода. Чем меньше углерода, тем выше оценка свариваемости. И наоборот — чем углерода больше, тем хуже свариваемость. Поэтому при работе с высокоуглеродистой сталью рекомендуется найка или наплавка, а газовую сварку следует исключить.

Итак, самая хорошая свариваемость будет у низкоуглеродистой стали. Начнем с нее.

Низкоуглеродистая сталь. Если предполагается работа с листами (деталью толщиной до 5 мм), то никаких осложнений не предвидится. Хороший результат будет получен без применения флюсов вообще. Рабочим газом рекомендуется быть ацетиленокислород. После сварки вишнево-красного каления. Сваренное изделие необходимо затем охладить в замедленном темпе. Чтобы избежать появления пористости, необходимо использовать присадочный материал, в котором процент содержания углерода меньше, чем в основном металле.

В случае, если предполагается сварка толщиной более 5 мм, лучше применить дуговую сварку с применением

плавыщихся электродов, работающих в среде углекислого газа.

Если приходится использовать в качестве горючего газа бутан, пропан или природный газ, то надо быть готовым к тому, что качество шва будет ниже, чем в случае с ацетиленкислородом.

Среднеуглеродистая сталь. Так же, как и хромистая и молибденовая стали, имеет тенденцию к закалке на воздухе. А это — угроза появления трещин. Послеварочная доводка шва включает в себя правильную термообработку, обеспечивающую замедленное охлаждение шва. Горючий газ, который обеспечивает выполнение качественного шва — ацетиленокислород. Применение газозаменителей исключено. Но и ацетиленкислород при сварке сталей с содержанием углерода выше 0,4% не сможет гарантировать качественный шов. Таковой будет только в случае применения дуговой сварки.

В предлагаемых ниже таблицах дана степень свариваемости углеродистых сталей и режимы сварки низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей.

Степень свариваемости газовым пламенем углеродистых сталей

Процент содержания углерода	Степень свариваемости
<i>Низкоуглеродистые стали</i>	
0,06—0,15	Свариваемость хорошая, шов не закаливается
0,15—0,25	Свариваемость хорошая. Шов сетка закаливается, но обрабатывается режущим инструментом
<i>Среднеуглеродистые стали</i>	
0,25—0,45	Свариваемость удовлетворительная. Сварное соединение качественное при предварительном нагреве и последующей термообработке
0,45—0,6	Свариваемость удовлетворительная при использовании специального флюса и термообработки
<i>Высокоуглеродистые стали</i>	
0,6—1,7	Свариваемость плохая. Рекомендуется найка или наплавка

Режимы сварки средне- и низкоуглеродистых сталей

Присадочный металл	Рабочий газ	Флюсы	Термообработка	Доп. данные
<i>Среднеуглеродистые стали</i>				
Св-08ГА Св-08ГС Св-10ГА	Ацетилен	Прокаленная бура (для сталей с содержанием углерода от 0,5 до 0,6%)	При толщине до 3 мм обязателен предварительный нагрев — 300—400° или локальный (местный) нагрев до 650—700°С. Высокотемпературный отпуск изделия после сварки (600—650°) и последующее охлаждение на воздухе	Сварку осуществлять только при плюсовой температуре
<i>Низкоуглеродистые стали</i>				
Св08; Св08А; Св-12ГС; Св-08ГС; Св-08Г2С	Ацетилен	Не требуется	Не требуется	Удовлетворительная прочность шва
Св-12ГС; Св08 ГА; Св-08Г2С	Пропан-бутан	То же	То же	Только для деталей, не подлежащих сдаче Госгортехнадзору
Св-12ГС	Городской газ	Не требуется	Не требуется	Только для деталей, не подлежащих сдаче Госгортехнадзору

ГАЗОВАЯ РЕЗКА

Виды резакков

Кислородная резка представляет собой горение металла в струе кислорода. Горению предшествует нагрев металла до температуры, при которой конкретный металл воспламеняется в кислороде. Поэтому сам процесс резки включает в себя стадию подогрева ацетиленовым пламенем (или пламенем газов-заменителей) и непосредственно резку струей режущего кислорода. Обе эти стадии позволяет объединить такой инструмент, как **кислородный резак**. От газовой горелки его отличает то, что резак имеет две трубки подвода газов. По одной подается горючая смесь для нагрева металла, а по другой подается режущий кислород. Схематично резак представлен на рис. 32. За образец взят резак средней мощности Р2А-01. Этот резак предназначен для ручной резки низколегированной и низкоуглеродистой стали толщиной до 200 мм. Именно такие резакки, предназначенные для разделительной резки, получили наибольшее распространение в промышленности.

Есть необходимость дать краткую характеристику резакков, применяемых как в промышленности, так и в небольших мастерских. В настоящее время применяются универсальные, вставные и специальные резакки малой, средней и большой мощности.

Универсальные резакки. Помимо изображенного на рисунке Р2А-01 (универсальный резак средней мощности) применяется универсальный резак большой мощности Р3П-01. Он работает не на ацетилене, как Р2А-01, а на газок-заменителях (бутане, пропане, природном газе). Это резак имеет увеличенные диаметры каналов инжек-

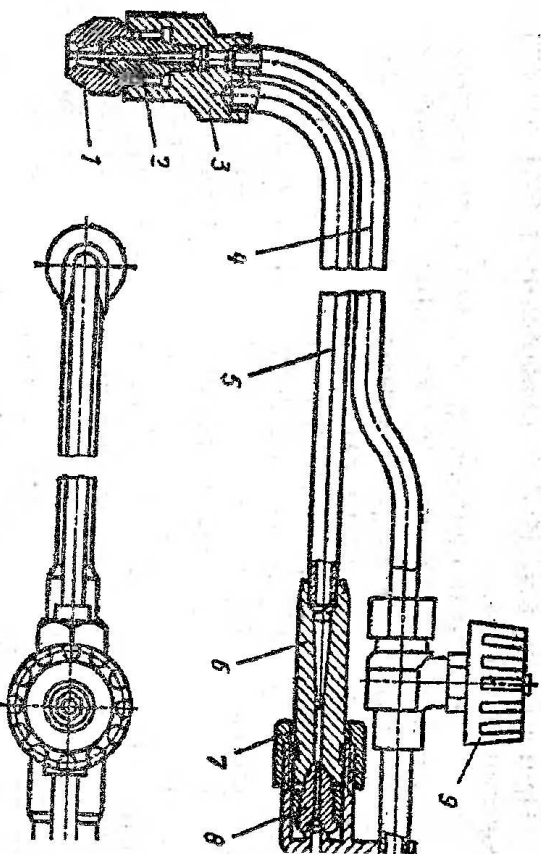


Рис. 32. Резак Р2А-01.

1, 2 — мундштуки; 3 — головка; 4 — трубка для подачи режущего кислорода; 5 — трубка подачи горючего газа; 6 — смешительная камера; 7 — накидная гайка; 8 — инжектор; 9 — вентиль подачи режущего кислорода

тора, смешительной камеры и выходных каналов внутренних мундштуков.

Вставные резакки. Их особенностью является то, что они могут присоединяться к стандартным универсальным горелкам. Таквыми являются резакки РВ-1А-02 и РВ-2А-02. Первый — РВ-1А-02 может быть присоединен к стволу горелки Г2-04 и предназначен для кислородной резки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной до 100 мм. Рабочий газ — ацетилен. У резака имеются в комплекте два наружных мундштука — № 1А и 2А. Кроме этого, резак комплектуется пятью внутренними мундштуками — № ОА, № 1А, № 2А, № 3А и № 4А.

Второй — РВ-2А-02 конструктивно может быть присоединен к стволу горелки Г3-03 и может резать сталь толщиной до 200 мм. Этот резак комплектуется одним внутренним мундштуком № 5А.

Специальные резакки. Речь пойдет о ручных резаках, способных резать металлы толщиной от 200 до 800 мм. Это марки РЗР-2, РПА-2-72, РПК-2-72, РК-02.

Начнем с резака **РЗР-2**, способного резать металлы толщиной 800 мм.

РЗР-2 предназначен для резки поковки, отливки, прибитей из низколегированных и низкоуглеродистых сталей. Резак — с внутрисопловым смешением горючего газа и подогреваемого кислорода. Для повышения устойчивости горения подогреваемого пламени давление горючего газа на входе в резак не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²). В качестве горючего газа используется пропан-бутан. Наибольший расход его — 7,5, а кислорода — 114,5 м³/ч. Для контроля давления режущего кислорода предусмотрен манометр. Масса резака 5,5 кг. Газопитание резака осуществляется от левых магистралей или распределительных рамп. В последнем случае необходима кислородная рампа на 10 баллонов и пропан-бутановая рампа на три баллона.

Резакки **РПК-2-72** и **РПА-2-72** предназначены для ручной поверхностной резки низкоуглеродистой и низколегированной сталей с целью удаления местных дефектов с поверхности литья и черного проката. Резакки состоят из корпуса с наружным и внутренним мундштуками, вентилей и рычага пуска режущего кислорода. Длина резаков 1350 мм. Масса 2,5 кг. Проходные сечения и диаметры выходных каналов в мундштуках несколько увеличены по сравнению с универсальными резаками с целью получения широкой и мягкой струи режущего кислорода.

Резак **РК-02** (керосинорез) используется для ручной раздельной резки скрапа, металлургического лома, рельс и листового металла толщиной до 200 мм. Резак снабжен испарителем, обогреваемым подогреваемым пламенем. В качестве горючего применяются керосин и бензин, лучше их смеси. Подача горючего производится под давлением 0,3 МПа (3 кгс/см²) из шарообразного бачка БГ-02, снабженного ручным насосом и предохранительным клапаном. Вместимость бачка 8 литров. Резак РК-02 выпускается с бачком БГ-02 в виде комплекта КЖГ-1 для резки на жидком горючем.

Установка УФР-5. В качестве рабочего газа используется пропан или бутан в смеси с кислородом. Основное назначение — порошково-кислородная резка железобетона. Сама установка состоит из флюсоносителя на тележке, копыдержателя, резака, крепления для баллона (баллонов). Копыдержатель предназначен для крепления трубы, по которой подается кислород. В качестве флюса используется смесь алюминия (15—25%) и железного порошка (75—85%). В качестве флюсоносителя используется воздушная смесь. Данная установка в состоянии резать железобетон толщиной до 300 мм. Если надо прожечь отверстие в железобетоне, то глубина может достигать 1500 мм.

Установка УГПР. Конструктивно она похожа на УФР-5, но имеет свои особенности. Предназначается установка для резки сталей и чугуна. Сама установка состоит из бачка флюсопитателя с редуктором ДКС-66, смонтированных на тележке, универсального резака Р2А-01 в блоке с узлом подачи флюса. Флюс подается кислородом. Применяемая марка флюса — ПЖ (железный порошок). На рис. 34 показана принципиальная схема установки УГПР. В заключение следует сказать, что УГПР представляет собой модернизированные установки УРХС-5 и УРХС-6.

Кроме этих двух установок существуют еще переносные машины для кислородной резки — «Спутник-3», «Орбита-2», «Гутарк». Первые две могут резать металл толщиной 75 мм, а «Гутарк» — до 100 мм. Основное назначение всех трех машин — резка труб. Вес машин — 21 кг. «Гутарк» легче — всего 18 кг.

Портально-консольные и порталные машины в данной книге не рассматриваются ввиду того, что их использование предполагает стационарные промышленные условия применения. Вес этих машин — от 900 до 4500 кг.

О шарнирных машинах для кислородной резки АСШ-В и АСШ («Очонек») следует сказать несколько слов. Вес этих машин не более 350 кг и они могут быть задействованы в небольших мастерских и в индивидуаль-

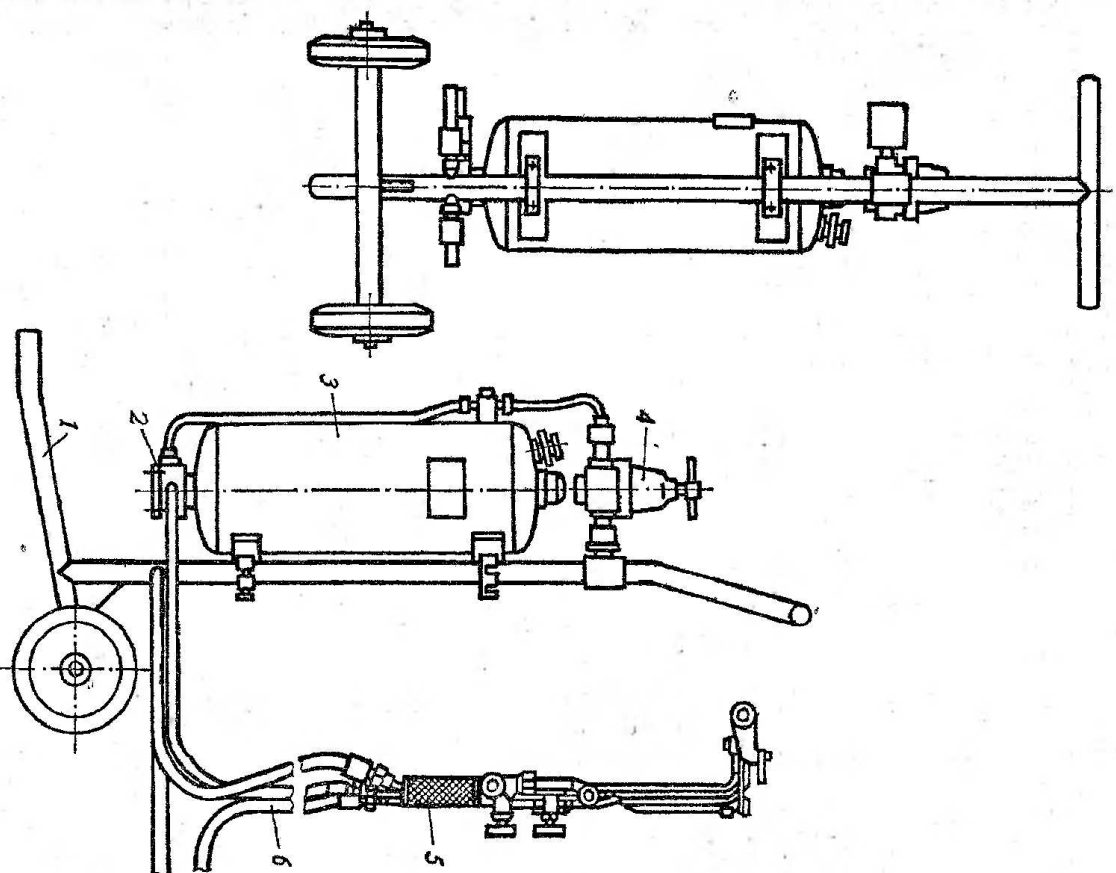


Рис. 33. Установка кислородно-флюсовой резки.
1 — тележка; 2 — баллон; 3 — флюсопитатель; 4 — редуктор кислорода; 5 — резак; 6 — шланги

ном производстве. Основное предназначение шарнирных машин — **фигурная вырезка** деталей и заготовок не больших размеров. Толщина таких деталей может достигать 100 мм при скорости резания до 1600 мм/мин. Обе установки обеспечивают первый класс точности при работе одним резакком.

Кислородная резка

Как уже упоминалось ранее, этот вид резки представляет собой горение металла в струе кислорода. Перед этим обязательен предварительный подогрев места резки до температуры воспламенения (более точное определение — до момента начала окисливания металла в кислороде). Предварительный подогрев дает пламя ацетилена или пламя газов-заменителей. После того, как место резки будет разогрето до температуры 300—1300°C (для каждого металла — свое конкретное значение), осуществляется пуск режущего кислорода. Кислород режет подогретый металл и одновременно удаляет образующиеся оксиды. Для того, чтобы процесс был непрерывным, надо чтобы подогревающий пламя находилось всегда впереди струи кислорода.

Различные металлы в различной степени доступны для кислородной резки. Лучше всего режутся *низкоуглеродистые* стали с содержанием углерода не выше 0,3%. *Среднеуглеродистые* стали (углерод до 0,7%) режутся хуже. Резка *высокоуглеродистых* сталей вообще проблематична, а при наличии в составе углерода свыше 1% резка вообще невозможна без добавки специальных флюсов.

Высоколегированные стали не поддаются кислородной резке. Возможна только кислородно-флюсовая (специальные флюсы) резка или плазменно-дуговая, о которой речь пойдет в следующих главах. Плазменно-дуговая резка применяется и для резки *алюминия и его сплавов*, для которых кислородная резка исключена. *Медь, латунь и бронза* могут быть разрезаны только кислородно-флюсовым составом (как и высоколегированные стали).

Для характеристики разрезаемости конструкционных сталей воспользуемся таблицей.

Конструкционные стали

Марка стали	Разрезаемость кислородом
30Г, 40Г, 30Г2, 15Х, 20Х, 15ХФ, 10ХФ, 15ХГ, 20М, 12ХН3А, 20ХН3А и др.	В летнее время — хорошо без подогрева. В зимнее время осложняется необходимостью подогрева до 150°C
15Г, 20Г, 10Г2, 15М, 15НМ и др.	Возможна резка в любых условиях без ограничений и без подогрева до или после резки
25ХГС—50ХГС, 33ХС—40ХС, 20ХЗ, 35ХЮА, 37ХН3А, 35Х2МА, 25НВА, 38ХМФА, 40ХГМ, 45ХНМФА, 50ХГА, 50ХФА, 50ХГФА, 5ХНМ, 12Х2Н3МА, ПХ15, ПХ15СГ и др.	Резка затруднена в связи с возможностью образования трещин после резки. Необходим предварительный подогрев до 300—400°C и замедленное охлаждение после резки
50Г—70Г, 35Г2—50Г2, 30Х—50Х и др. 12ХМ—35ХМ, 20ХГ—40ХГ, 40ХН—50ХН, 12Х2Н4А—20Х2Н4А, 40ХФА, 5ХНМ, ПХ10, 25ХМФА и др.	Резка затруднена в связи с возможностью образования закалочных трещин. Необходимо предварительный подогрев до 300°C

Итак, после краткой характеристики разрезаемости перейдем к освещению темы технологии резки различных металлов в зависимости от их толщины, химического состава, деформируемости в результате термического воздействия, вида разрезаемого профиля.

Первое, что надо запомнить, определяя режим резки для металла, толщина которых более 400 мм: подогрев плазмы должен содержать в своем составе изобутилен ацетилена (науглераживающее пламя). Это даст увеличение длины факела и позволит прогреть металл на глубину. Если толщина металла не превышает 300 мм, то достаточно нормального пламени.

Важное значение имеет выбор *скорости резки*. Она должна быть равной скорости окислирования металла по всей толщине металла. Наиболее простой способ определить скорость резания можно по характеру выброса искр и шлака. На рис. 34 показаны три момента, характеризующие правильность выбора скорости резания.

Правильность *наложения резака* влияет на продолжительность резки. В самом начале резки подогревающее пламя надо устанавливать на край разрезаемого металла для нагрева кромок до температуры оплавления. Положение резака различно в начале резки. На рис. 35 это представлено в наглядной форме. При резке листового стали толщиной до 50 мм резак в начале процесса устанавливается вертикально, а при большой толщине листа — под углом 5° к поверхности торца листа, а затем его наклоняют на $20-30^\circ$ в сторону, обратную движению резака. Такое расположение резака способствует лучшему прогреву металла по толщине и повышению производительности резки. Оно может быть использовано при ручной и машинной прямойлинейной резке, но при вырезке фигурных деталей положение резака должно быть строго перпендикулярным к поверхности разрезаемого металла.

Если режется заготовка круглого сечения, то начало резки осуществляется с увеличенным углом пламени, который затем постепенно уменьшается вплоть до перпендикулярного положения резака, как это показано на рис. 36.

Если стоит задача *прожечь отверстие*, то надо знать ряд особенностей этого вида резки. Если толщина металла не более 20 мм, то порядок следующий: подогреть пламя горелки, выполнив свою задачу по получению нужной температуры подогрева, должно быть обязательно выключено перед пуском режущего кислорода. Сам пуск режущего кислорода должен осуществляться плавным открытием вентиля на резаке. Кислородное пламя зажигается от раскаленного металла самого. Такой порядок позволит избежать обратные удары пламени (хлопки).

Если толщина металла достигает 50 мм, то для облегчения процесса прожигания отверстия деталь (лист) на-

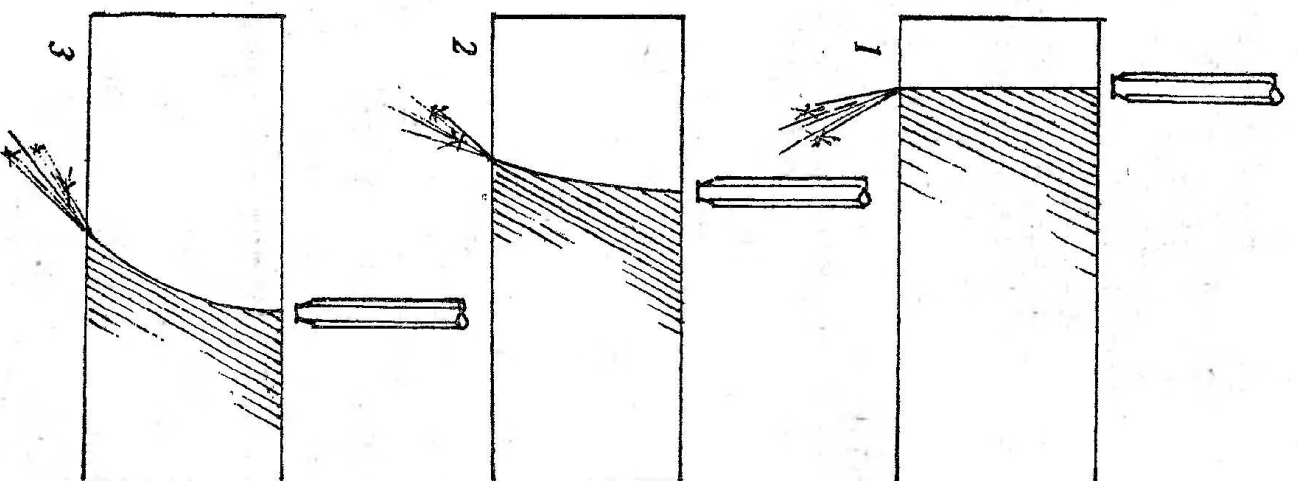


Рис. 34. Определение скорости резки по выбросу искр (шлака).
1 — недостаточная скорость резания; 2 — нормальная скорость резания; 3 — избыточная скорость резания

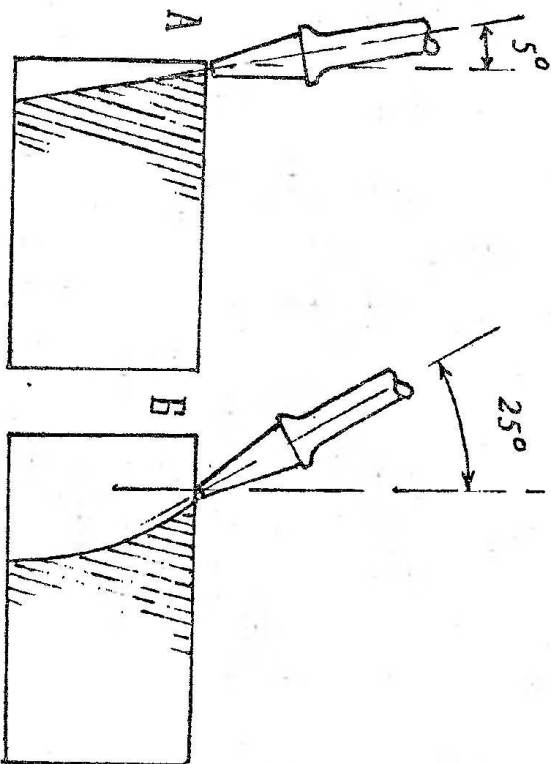


Рис. 35. Положение резака при работе с листовой сталью. А — начало резки; Б — процесс резки

До установить в наклонное положение, а то и вертикально, для обеспечения беспрепятственного стока шлаковых образований. При этом первоначальное отверстие готовится путем сверления на небольшую глубину. Порядок пуска режущего кислорода такой же, как и в предыдущем случае.

Мундштук при резке надо фиксировать на определенном расстоянии от обрабатываемого металла. Для этих целей могут быть изготовлены (или приобретены) специальные приспособления. Чаще всего это тележки, прикрепляемые к головке резака.

В случае резки листов толщиной до 100 мм расстояние от торца мундштука до поверхности разрезаемого металла должно быть на 2 мм больше длины ядра пламени. При резке стали толщиной более 100 мм и работе на газокислородных ацетиленовых указанный расстояние между торцом мундштука и разрезаемым металлом увеличивается на 30—40% во избежание перегрева мундштука.

Номера мундштуков выбираются в зависимости от толщины металла. Для освещения этого вопроса обратимся к таблице.

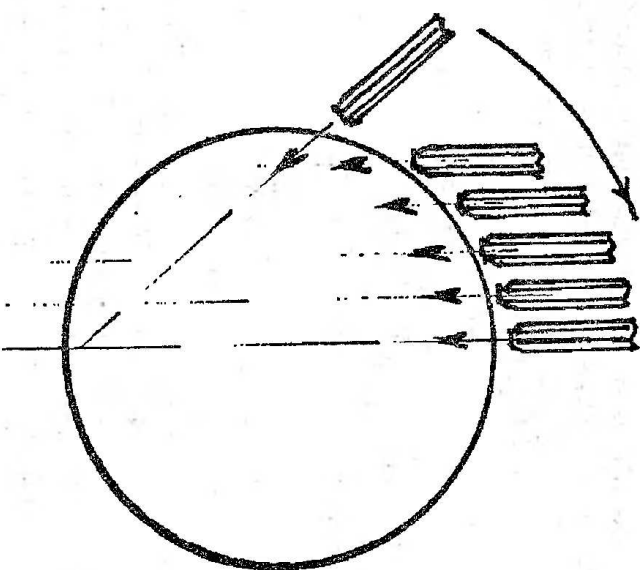


Рис. 36. Положение резака при работе с круглыми заготовками

Мундштуки для ручной резки

Толщина металла	Скорость резания, мм/мин	Давление кислорода (МПа)	Номер мундштука	
			внутренний	наружный
8—10	400—550	0,3	1	1
10—20	300—400	0,4	2	1
25—50	250—300	0,6	3	1
50—100	200—250	0,8	4	1
100—200	130—200	1,0	5	2
200—300	80—130	1,2	5	2

Ручная резка может быть производительной только в том случае, если резчик правильно держит резак в процессе обработки детали, правильно определяет точку начала резки, соблюдает требуемый угол наклона пламени, правильно выбрал горючий газ, номер мундштука.

Если осуществляется резка нескольких листов металла, то шов будет лучше, если листы закрепить в пакет, а их кромки в месте начала резки будут уложены так, как это показано на рис. 37.

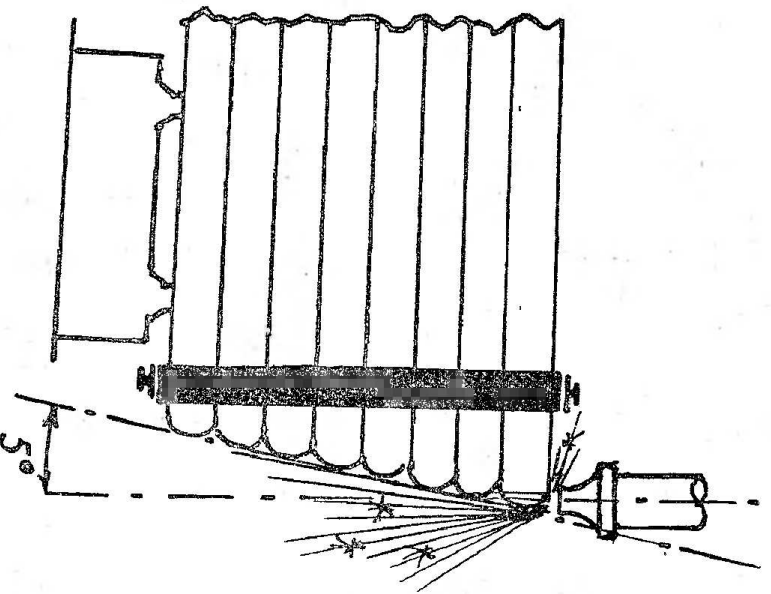


Рис. 37. Пакетирование листов для облегчения начала резки

Резка поковок и отливок производится ручным резак-ком типа РЗР-2, работающим на пропан-бутане в смеси с кислородом. Этот резак режет поковки и отливки толщиной от 300 до 800 мм. Для обеспечения качественной резки заготовок такой толщины важное значение имеет положение резака и скорость его перемещения. В начале резки резак необходимо расположить под прямым углом к разрезаемой поверхности или под углом 5° в сторону, обратную движению. После предварительного подогрева места начала резки и пуска режущего кислорода необходимо убедиться в полном прорезании металла по всей толщине и затем начать перемещение резака. К концу реза необходимо немного снизить скорость резки и увеличить угол наклона резака в сторону, обратную движению, до $10-15^\circ$ для обеспечения полного прорезания конечного участка и уменьшения отставания линий реза.

Резка труб. Трубы режутся с использованием ацети-лена или его заменителей. Поворачивать трубу в процессе резки можно при помощи роликов, как это показано на рис. 38. На этом же рисунке показано и правильное положение резака. При таком положении резака увеличивается зона взаимодействия кислорода с металлом и образующийся в процессе резки шлак нагревает впереди лежащий участок труб, благодаря чему улучшаются условия оксидирования металла. Однако время предварительного подогрева поверхности трубы до температуры воспламенения удлиняется до $60-70$ с. Для уменьшения времени нагрева и начала процесса практически сразу необходимо ввести в зону реакции стальной пруток (или железный порошок). Средняя скорость резки труб диаметром $300-1020$ мм с толщиной стенки до 12 мм составляет $1,5-2,3$ м/мин, т.е. повышается в $2-3$ раза по сравнению со схемой резки с перпендикулярным расположением резака.

Правильная последовательность резки профильных прокатов показана на рис. 39.

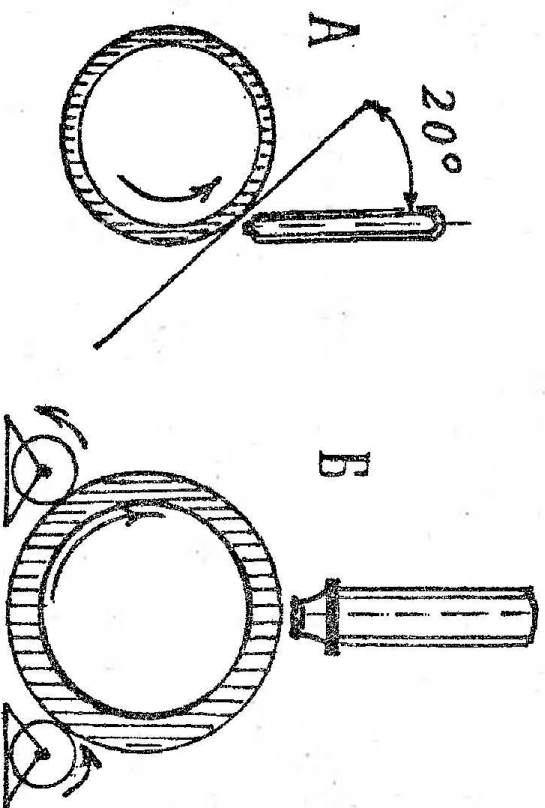


Рис. 38. Резка труб. А — скоростная резка; Б — резка на роликовом стенде

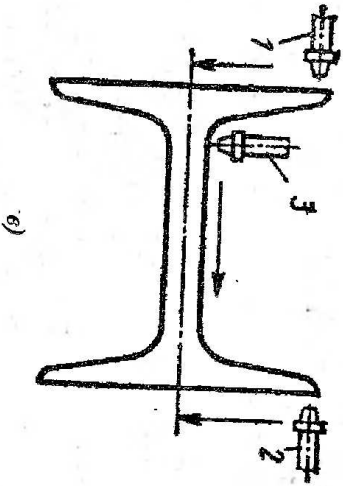
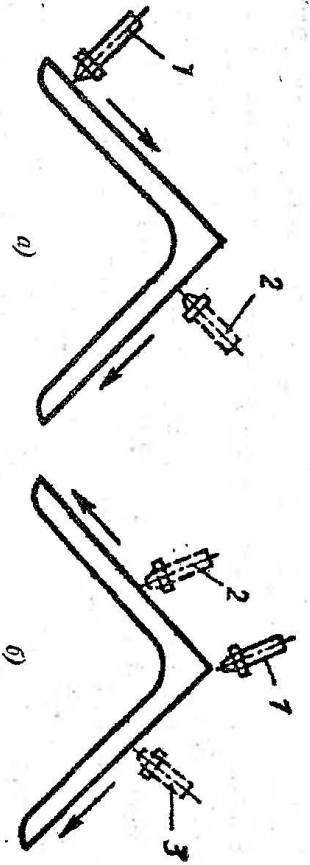


Рис. 39. Последовательность резки.

а — резка уголка за один проход: 1 — положение резака при резке первой полки, 2 — положение резака при резке второй полки; б — резка уголка с обущка: 1 — положение резака при прорезании с обущка, 2 — положение резака при резке первой полки, 2 — положение резака при резке второй полки; в — резка двутавровой балки: 1, 2 — положение резака при обрезке верхней и нижней полки, 2 — положение резака при обрезке стойки

Явление деформации при резке. Причины термической деформации заключаются в том, что неравномерный нагрев и охлаждение деталей (заготовок) вызывают появление остаточных напряжений в металле. Чтобы избежать этого, существует ряд практических рекомендаций, суть которых сводится к следующему:

- Применять водяное охлаждение металла непосредственно в процессе резки;
- Производить отжиг или отпуск перед началом резки металла;
- Производить вырезку отверстий в металле раньше других работ;

— листы металла перед резкой закреплять для избежания их смещения под воздействием остаточных напряжений;

— резку всегда начинать с кромки, которая имеет наибольшую длину, а заканчивать на короткой кромке; — если надо резать прямые и зигзагообразные линии, то начинать надо с зигзагообразной линии;

— если в процессе резки образуются перемычки и их надо убрать, то это следует делать после окончания всех работ по резке;

— мелкие детали вырезать после крупных;

— скорость резки должна быть максимально допустимой, чтобы не сильно нагрелись кромки разрезаемого металла.

Технология резки металлов большой толщины. Для ручной резки металлов толщиной до 700 мм надо пользоваться резаками РЗР-2, применяя газы-заменители ацетилена, которые дают науглероживающее пламя и трехбумную длину факела. При этом должен неукоснительно соблюдаться режим резки, приведенный в таблице.

Режим резки металла большой толщины

Толщина металла (мм)	Давление струи кислорода (МПа)	Зазор между мундштуком и поверхностью металла (мм)	Диаметр режущего сопла (мм)
300	0,3	30	6,0
400	0,4	30	6,0
500	0,35	40	7,0
600	0,45	40	7,0
700	0,4	50	8,0

Мундштук при резке металла большой толщины должен иметь наклон 2—3° вправо (по направлению резки), а к концу резки — 2—3° влево, как по казану на рис. 40.

Кислородно-флюсовая резка. Высоколегированные стали, чугуны, цветные металлы, как мы уже упоминали, надо резать плазменно-дуговым методом. Если перечисленные металлы имеют большую толщину, то эффективнее всего будет применение кислородно-флюсовой резки. Почему? Причина в том, что порошкооб-

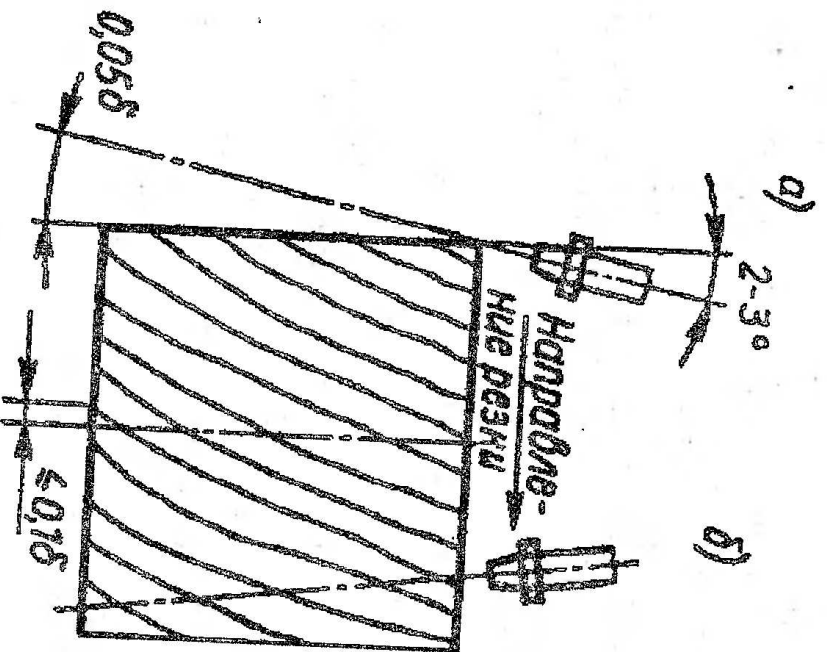


Рис. 40. Положение мундштука при резке стали большой толщины:
 а — перед началом резки; б — перед окончанием резки

разные флюсы, подающиеся вместе с режущим кислородом, позволяют расплавить образующиеся тугоплавкие оксиды, с которыми невозможно справиться, применяя другие виды резки. Флюсы переводят эти тугоплавкие оксиды в жидкотекучие шлаки, которые можно легко удалить. Кислородно-флюсовая резка может успешно заменить плазменно-дуговую резку при работе с высоколегированными сталями и чугуном толщиной до 70 мм. Из чего же состоит порошкообразные флюсы? Основным компонентом порошкообразных флюсов, применяемых при кислородно-флюсовой резке чугуна и стали, является железный порошок марки ПЖ с размерами частиц от 0,07 до 0,16 мм. Для резки нержавеющей стали к порошок добавляют 10—12% алюминиевого по-

роника марки АПВ. Иногда используют флюсовую смесь, состоящую из алюминиево-магниевого порошка (60—80%) и ферросилиция (20—40%).

Чем же отличается кислородно-флюсовая резка от обычной кислородной?

Прежде всего это увеличенная на 20% мощность подгревающего пламени. Затем — скорость резки должна быть строго согласована с количеством подаваемого флюса. И наконец, расстояние между торцом мундштука и поверхностью металла должна быть увеличена, чтобы не происходило засора мундштука.

Практический интерес представляет процесс резки бетона и железобетона. Осуществляется он двумя способами: порошково-копьевой и кислородно-копьевой резками. В чем их различие?

Кислородно-копьевая резка эффективна при прожигании отверстий в бетонах. При этом способе кислород подается через стальную трубу(копье), один конец которой разогревается до температуры оплавления и прикажет к поверхности бетона. Кислород, взаимодействуя с раскаленным торцом трубы (копья) окисляется, образуя жидкотекучие оксиды железа. Эти оксиды реагируют с бетоном и превращаются в шлаки, которые легко выдуваются. Подаяв копье вперед, добиваемся проникновения вглубь массива бетона и, в конечном счете, прожигаем отверстие. Хорошо для этих целей использовать толстостенную цельнотянутую трубу диаметром 20—35 мм; тонкостенную газовую трубу диаметром 10,2—21,3 мм, заполненную на 60—65% стальными прутками, или тонкостенную газовую трубу того же диаметра, обмотанную снаружи стальной проволокой диаметром 3—4 мм. Прутки и проволока играют такую же роль в процессе резки, как железный порошок при кислородно-флюсовой резке.

Нагрев трубы (копья) до резки выполняют, обычно, газовой горелкой или угольным электродом.

На рис. 41 показана простейшая схема прожигания отверстия копьем. Такая технология позволяет получить отверстия глубиной до 4000 мм при диаметрах до 1200 мм. Этот же способ с успехом можно применить и при прожигании отверстий в стальной заготовке.

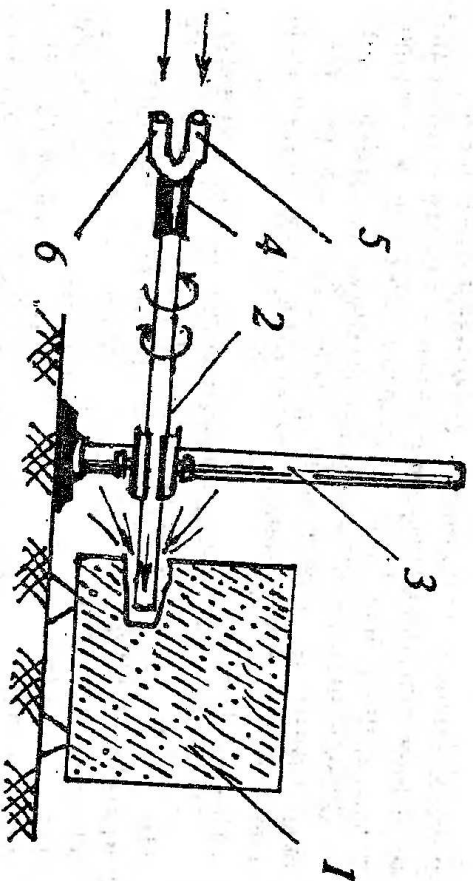


Рис. 41. Прожигание бетона кислородным копьем.
1 — бетон; 2 — копы; 3 — защитный экран; 4 — ручка подачи и вращения копы во время работы; 5 — подача кислорода; 6 — подача воздуха с флюсом

Порошково-копьевая резка отличается тем, что вместо проволоки (прутков) используется железный порошок, в состав которого входит 85% железного и 15% алюминиевого порошков. Этот порошок (как и флюс) попадает в область резания вместе со струей кислорода.

Рекомендуемые режимы работы при этом следующие:
1. Если надо прожечь отверстие диаметром 55 мм и глубиной 500 мм, надо обеспечить давление кислорода в 0,7 МПа, иметь запас порошка из расчета расхода 30 кг в час. При этом скорость резания может быть в пределах 120—160 мм в минуту, а расчетный расход копы (трубы) составит 4 мм на 1 метр длины отверстия.
Если глубина отверстия больше (в пределах 1500 мм), то давление кислорода должно быть 1,0—1,2 МПа, расход флюса не увеличится (30 кг в час), скорость резания упадет до 40—70 мм в минуту, а расход копы увеличится до 6 мм на 1 метр длины отверстия.

Разновидностью кислородной резки является **поверхностная резка**. Это означает, что вместо сквозного разреза вырезается рельеф на поверхности металла в виде канавок. При этом способе резки большую роль играет угол наклона резака и, конечно же, режим резки. При

поверхностной резке источником нагрева металла будет не только пламя резака, но и расплавленный шлак. Расплавляясь, шлак подогревает нижележащие слои металла. В сварочном производстве поверхностная резка — незаменимый процесс для вырезки дефектных участков швов. Лучше всего подходит для этих работ резаки типа РПА и РПК.

Начинается поверхностная резка с прогрева участка до температуры воспламенения. При включении режущего кислорода образуется очаг горения металла и обеспечивается устойчивый процесс зачистки за счет равномерного перемещения резака вдоль линии реза. При напреве резак обычно располагается под углом 70—80° к зачищаемой поверхности. В момент подачи режущего кислорода резак наклоняют до угла 15—45°.

Глубина и ширина канавки зависят от скорости резки и с ее увеличением уменьшаются. Глубина канавки увеличивается с возрастанием угла наклона мундштука резака, при повышении давления режущего кислорода и уменьшении скорости резки. Ширина канавки определяется диаметром канала режущей струи кислорода. Во избежание появления закатов на поверхности заготовки необходимо соблюдать такое условие, чтобы ширина канавки была в 5—7 раз больше глубины.

При необходимости зачистки дефектов на значительной поверхности обычно производят резку «елочкой» за один или несколько проходов с приданием резаку колебательных движений.

Схема поверхностной резки представлена на рис. 42.

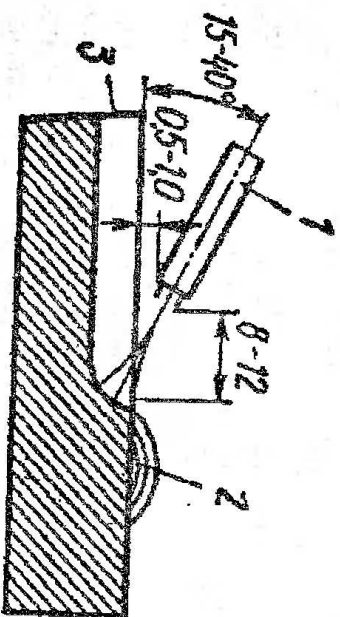


Рис. 42. Схема поверхностной кислородной резки.
1 — мундштук; 2 — шлак; 3 — канавка

В таблице даются режимы поверхностной резки с применением резака РПА.

Режимы резки с использованием резака РПА

Показатели	№№ мушкетеров резака РПА		
	1	2	3
Расход ацетилена (м ³ /час)	1,0	1,0	1,0
Расход кислорода (м ³ /час)	20—40	20—50	30—70
Режущий кислород (давление в МПа)	0,3—0,6	0,3—0,8	0,35—1,0
Скорость резки (м/мин)	1,5—8,0	1,5—10,0	1,5—10,0
Получаемая канавка	15—25 2—12	18—35 2—16	30—45 2—20
глубина (мм)			

Плазменная резка

Плазменная резка использует сжатую электрическую дугу, которую обдувает газ. Обдувая дугу, газ нагревается и распадается на положительный и отрицательно заряженные частицы (ионизируется). Заряженные частицы преобразуются в плотный поток плазмы с температурой до 15000°С. Сразу оговоримся, что на практике широко используется плазменная разделительная резка. Поверхностная плазменная резка используется довольно редко.

Сама резка может осуществляться плазменной дугой и плазменной струей. На рис. 43 показано, в чем заключается различие этих двух видов плазменной резки. В первом случае (плазменная дуга прямого действия) разрезаемое изделие (деталь) включено в электрическую цепь и дуга образуется между металлом и вольфрамовым электродом резака. Во втором случае дуга возникает в резке между двумя электродами, а деталь (разрезаемый металл) в электрическую цепь не подключена. Плазменная резка более производительна, чем кислородная. Но когда речь идет о резке металлов большой толщины или

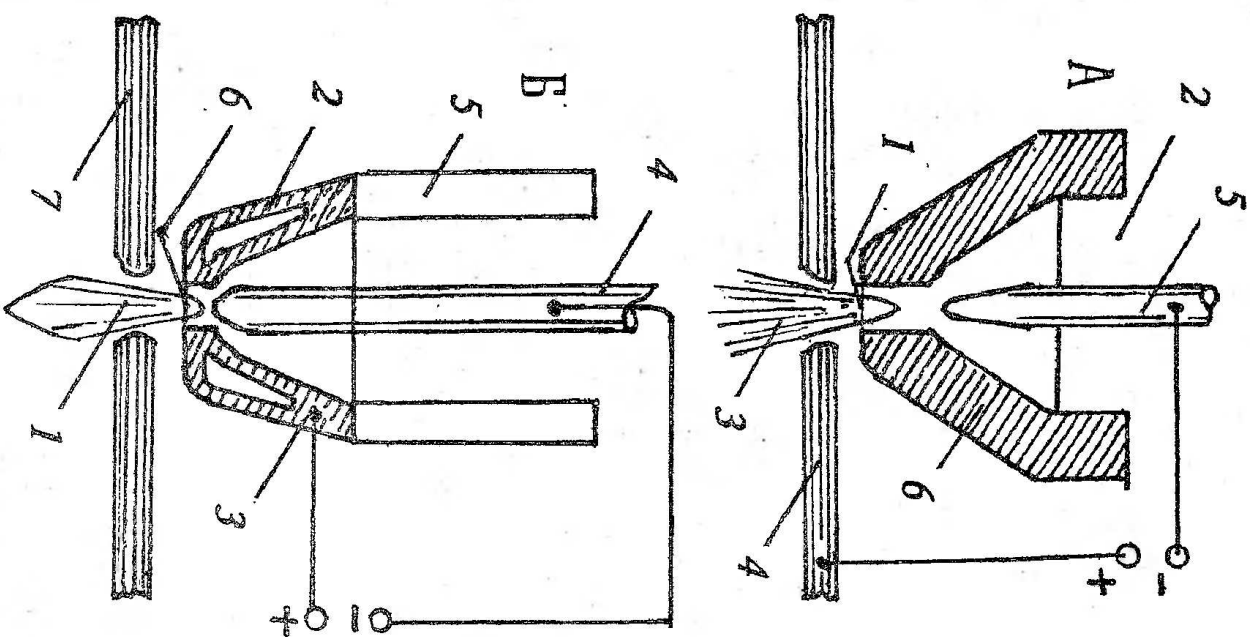


Рис. 43. Плазменная резка.

А — резка плазменной дугой: 1 — дуга, 2 — газ, 3 — струя плазмы, 4 — металл, 5 — электрод из вольфрама; Б — резка плазменной струей: 1 — дуга, 2 — солено, 3 — катод, 4 — электрод из вольфрама, 5 — плазмотрон, 6 — плазменная струя

о резке титана, плазменная резка уступает свои позиции кислородной резке. Когда же надо резать цветные металлы (особенно алюминий), то без плазменной резки не обойтись. Какие же газы применяются для плазменной резки? Их можно разделить на активные и неактивные газы. Активные — это кислород и воздух, а неактивные — азот, аргон, водород. В общем и целом применение активных газов требуется при резке черных металлов, а неактивные газы (и их смеси) используются при резке цветных металлов и сплавов. В приводимой ниже таблице даны области применения рабочих газов.

Использование газов при плазменной резке

Рабочие газы	Мель и ее сплавы	Алюминий и его сплавы	Сталь	Титан
Сжатый воздух	при толщине до 60 мм	при толщине до 70 мм	при толщине до 60 мм	не рекомендуется
Азот с аргоном	не рекомендуется	не рекомендуется	только высоколегированную толщину до 50 мм	не рекомендуется
Азот с кислородом	не рекомендуется	не рекомендуется	при резке любой толщины	не рекомендуется
Чистый азот	мель — до 20 мм платина — до 90 мм	при толщине до 20 мм	высоколегированные — до 75 мм, низколегированные и низкоуглеродистые — до 30 мм	пригоден для любой толщины
Азот с водородом	для резки средних толщин — до 100 мм	для резки средних толщин — до 100 мм	не рекомендуется	не рекомендуется
Аргон с водородом	пригоден для толщин 100 мм и выше	пригоден для толщин 100 мм и выше	только для высоколегированной до 100 мм толщины	не рекомендуется

Для механизации плазменной резки сконструированы полуавтоматы и переносные машины различных модификаций. На рис. 44 схематично представлено типовой полуавтомат ПРП-2. Этот полуавтомат использует как активные, так и неактивные газы. Может работать на водородно-азотной и водородно-аргонной смеси. Водородные смеси позволяют довести толщину резки до 120 мм по алюминию и до 100 мм по высоколегированным сталям (обычная толщина для полуавтоматов — 40—60 мм). На рис. 45 представлена переносная машина «Микрон 2-02», которая используется для резки сжатый воздух.

В таблице представлены технические данные полуавтоматов и переносных машин для плазменной резки.

Полуавтоматы и переносные машины для плазменной резки

Конструктивные данные	Типы полуавтоматов			Переносные машины	
	ПВП-1	ПРП-2	ПВП-В	Орбита ПЛ-НУ2	Микрон 2-02
Количество плазматронов	1	1	1	1	1
Охлаждение плазматрона	вода	вода	воздух	воздух	вода
Толщина разрезаемого металла (мм)	60	120	25 (для низкоуглеродистой стали)	40	40
Расход газа (м ³ /ч): воздух аргон водород азот	2—5 3 1 6	3 3 1 6	2—5 — — —	50 — — —	6 — — —
Скорость перемещения (м/мин)	0,04—4	0,04—4	0,04—4	0,18—1	0,05—4
Рабочее давление газа (МПа)	0,03	0,03	до 0,03	до 0,6	0,4—0,6
Вес (кг)	1785	1818	994	1824	20

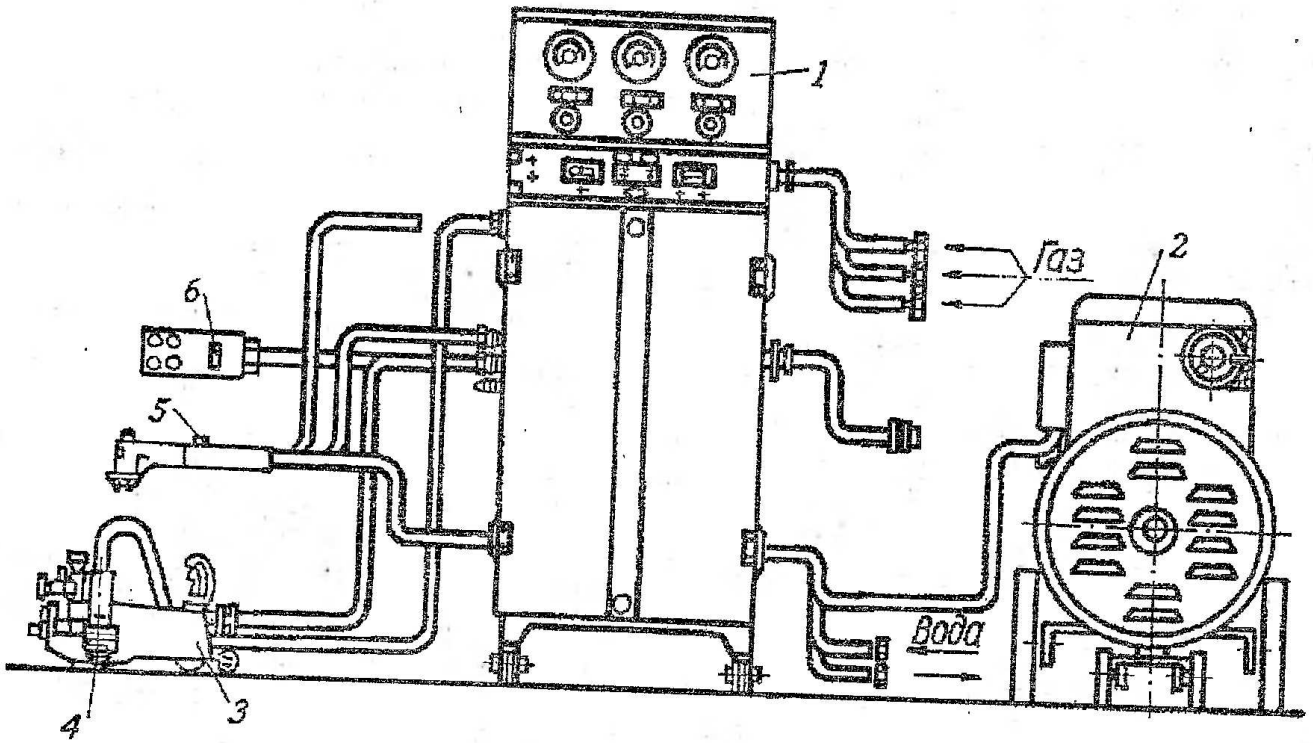


Рис. 44. ПРП-2 — полуавтомат для плазменной резки.
 1 — пульт; 2 — источник электроэнергии; 3 — тележка; 4 — плазмоторн машинный; 5 — пульт; 6 — плазмоторн ручной

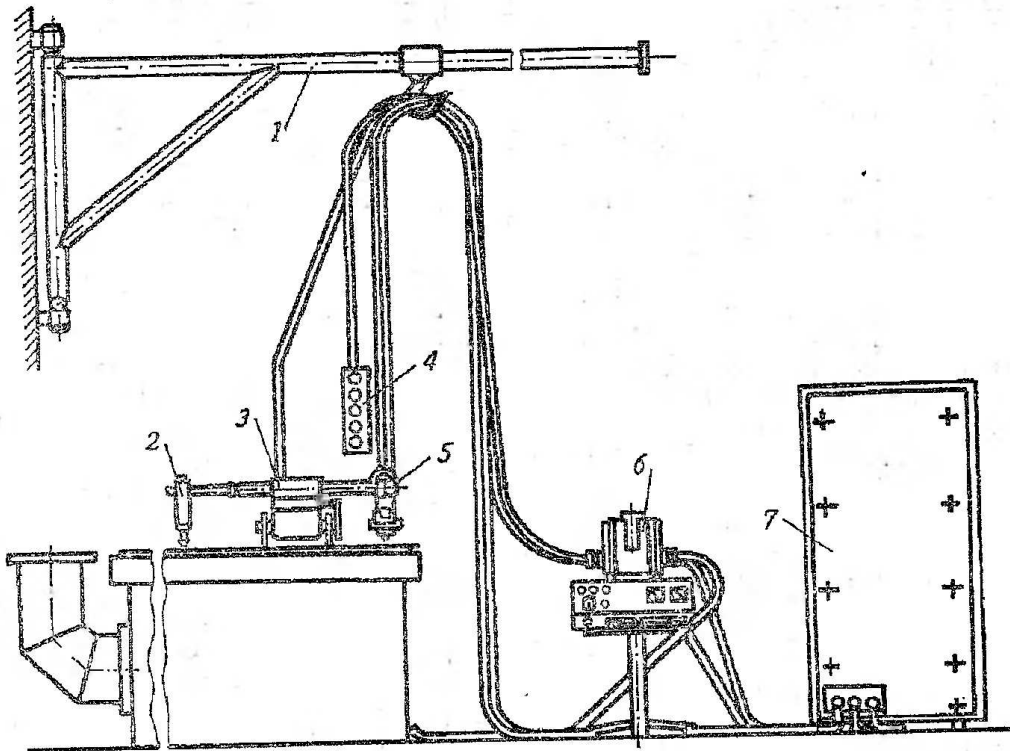


Рис. 45. Машина «Микрон-2-02».
 1 — подвеска шлангов и кабелей; 2 — циркуль; 3 — портативная машина; 4 — пульт; 5 — плазмоторн; 6 — стационарный пульт управления; 7 — энергообеспечение

Разрешается питать полуавтомат ПРП-2 от водородной рамы или отдельного баллона с соответствующим редуктором. Использование вместо указанных средств защиты обратного клапана типа ДЭС, пригодного для других газов-заместителей ацетилена, — запрещается.

При резке на полуавтомате ПРП-2 с использованием неактивных газов (азот, аргон) подача их к машине должна проводиться от баллонов с соответствующими редукторами или по газопроводу. В этом случае источником питания может служить переносная (разрядная) рама или воздухоуразадельная установка, продукты разделения которой централизованно поступают к цехам.

Газопитание других переносных полуавтоматов и машин (ПВ-1, ПВ-В и «Микрон»), использующих воздух как рабочий газ, производится от заводской воздушной магистрали с давлением газа до 6 кгс/см² и с установкой на газопроводе в месте потребления запорного вентиля и маслоуловителя (для машин ПВП-В и «Микрон-2-02», не имеющих встроенного очистительного устройства).

Все полуавтоматы и переносные машины для плазменной резки, кроме машины ПВП-В, оснащены плазмоторонами с водяным охлаждением и поэтому могут эксплуатироваться только при положительной (комнатной) температуре. Полуавтомат ПВП-В предназначен для плазменной резки низкоуглеродистой стали толщиной до 20 мм при отрицательной (до -10°C) и положительной ($+40^{\circ}\text{C}$) температуре, поскольку плазмоторон имеет воздушное охлаждение.

Для ручной плазменной резки выпускаются два комплекта: КДП-1 и КДП-2 с плазмоторонами РДП-1 и РДП-2.

КДП-1 обеспечивает резку алюминия толщиной до 80 мм, коррозионностойкой и высоколегированной стали толщиной до 60 мм и меди толщиной до 30 мм. Наибольший рабочий ток 400 А. Напряжение холостого хода источника питания 180 В. Наибольшая мощность дуги: 50 кВт. Плазмоторон РДП-1 работает с использованием в качестве плазмообразующих газов азота, аргона или их

смеси с водородом. Поскольку плазмоторон водоохлаждаемый комплект аппаратуры, он должен работать при температуре окружающей среды выше 0°C .

КДП-2 уступает КДП-1 по мощности дуги (мощность всего 30 кВт), но может работать на открытом воздухе в любое время года.

Плазмоторон РДП-2 работает в среде аргона, азота или их смесей с водородом. Масса комплектов аппаратуры КДП-1 и КДП-2 7,5 кг. Эти аппараты — беспультурные (плазмоторона) не более чем на 40—50 %. Комплекты КДП-1 и КДП-2 следует укомплектовывать на время выполнения работ по резке приемлемыми сварочными выпрямителями и преобразователями. При этом необходимо иметь в виду, что действующими правилами техники безопасности для ручной плазменной резки разрешена максимальная величина напряжения холостого хода источника питания 180 В.

Технология резки плазменной дугой

Начало процесса резания определяется моментом возбуждения плазменной дуги. Начав резку, надо поддерживать постоянным расстояние между соплом плазмоторона и поверхностью металла. Расстояние это, как правило, должно быть 3—15 мм.

При выборе режима резки необходимо учитывать, что с увеличением силы тока и расхода воздуха снижается ресурс работы электрода и сопла плазмоторона. Необходимо всегда стремиться к работе на минимальном токе, обеспечивающем заданную производительность.

Пробивка отверстий — наиболее сложная операция плазменно-дуговой резки из-за возможности двойного дугообразования и выхода из строя плазмоторона. Поэтому в момент пробивки плазмоторон должен быть поднят

над листом на 20—25 мм, т.е. значительно выше, чем при резке, и опущен в рабочее положение после того, как металл будет пробит струей плазмы насквозь. С увеличением толщины металла пробивка его усложняется и рекомендуется использование защитных экранов металлу излучаем и плазмостроном с отверстием диаметром 10—12 мм по оси дуги.

Высоколегированные стали. Плазменная резка эффективна только до толщины металла 100 мм. Если толщина больше, надо применять кислородно-флюсовую резку. Наиболее широкое применение при резке высоколегированных сталей получила воздушно-плазменная резка.

Сжатый воздух используется для резки толщин до 50—60 мм. Для ручной резки этих же толщин может быть использован чистый азот, а для машинной резки толщин более 50—60 мм — смеси азота с водородом или кислородом. При содержании 20—25% азота в азотно-кислородной смеси можно проводить скоростную безтраговую резку коррозионностойких сталей. Если же работа происходит при высоких температурах да еще в агрессивной среде, рекомендуется применять смеси водорода с аргоном.

Ориентировочные режимы резки коррозионностойких сталей без применения азота и аргоноводородных смесей и с применением последних даны в приводимых ниже таблицах.

Резка без применения азота и аргоноводородных смесей

Толщина металла (мм)	Сила тока (А)	Напряжение (В)	Диаметр сопла (мм)	Скорость (м/мин)
5—15	250—300	140—160	2	5,5—2,6
16—30	250—300	160—180	3	2,2—1,0
31—50	250—300	170—190	3	1,0—0,3

Примечание: За основу взяты цифры для машинной резки.

Резка с применением азота и аргоноводородных смесей

Толщина металла (мм)	Сила тока (А)	Напряжение (В)	Диаметр сопла (мм)	Скорость (м/мин)		
				аргон	водород	азот
10	500	150	3	—	—	1
20	500	75	5	—	—	1
30	100	165	1,4	0,7	0,5	—
40	350	120	5	—	—	1,6
50	490	80	4,5	0,9	—	0,9

Примечание: За основу взяты цифры для машинной резки.

Низкоуглеродистые стали. Для резки этих сталей лучше всего подходит воздушно-плазменный способ резания. Наилучшие показатели этот способ дает при ручной резке толщин до 40 мм. В азоте и азотно-водородных смесях можно резать низкоуглеродистую сталь толщинами более 20 мм. В таблице приведены ориентировочные режимы резки низкоуглеродистых сталей воздушно-плазменным методом.

Сила тока дуги, А	Скорость резки стали, м/мин, при толщине листа, мм					
	10	20	30	40	50	60
200	1,9	0,9	—	—	—	—
300	3,1	1,6	0,9	0,5	—	—
400	3,7	2,4	1,5	0,7	0,5	0,4

Металлы медной группы (медь, латунь, бронза). Сравзу оговоримся, что резку медной группы лучше всего осуществлять с применением водородосодержащих смесей. Это объясняется высокой теплопроводностью и теплоемкостью меди. А вот резку такого сплава, как латунь, лучше вести в азоте и азотоводородных смесях. При этом резка латуни происходит быстрее, чем резка

Меди (на 20%). В общем и целом для толщин порядка 40—100 мм лучше применять воздушно-плазменную резку, а при толщинах 5—15 мм рекомендуется задействовать азот.

После резки медь надо защищать на глубину 1—1,5 мм, а для латуни это требование обязательно. В прилагаемой таблице даются ориентировочные режимы резки медной группы.

Режимы плазменной резки меди и ее сплавов

Толщина металла, мм	Диаметр сопла, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Расход газа, м ³ /ч		
				аргон	азот	водород
<i>Медь</i>						
5	3	300	75	—	2,2	—
15	4	300	90	—	1,9	—
25	4	350	90	1,0	—	1,5
40	7	700	120	0,4	—	4,0
100	7	700	145	0,4	—	4,0
<i>Латунь</i>						
6	3	260	70	—	4,2	—
30	4	350	85	—	3,6	—
90	5	500	140	—	2,0	1

Алюминий и его сплавы. Плазменная резка позволяет успешно справляться с алюминиевыми сплавами толщиной до 200 мм.

Резку алюминиевых сплавов толщиной от 20 до 100 мм целесообразно выполнять в азотно-водородных смесях с содержанием 65—68% азота и 32—35% водорода. В этом случае большее содержание водорода приводит к насыщению поверхности реза водородом.

Для резки алюминиевых сплавов толщиной более 100 мм целесообразно использовать аргоноводородные

смеси с повышенным содержанием водорода (35—50%) и плазмотроны с дополнительной стабилизацией дуги сжатым воздухом.

При необходимости получения резов высшего качества следует применить аргоноводородные смеси и прецизионную режущую аппаратуру с диаметром сопла 1,4 мм.

Для ручной резки содержание водорода в аргоноводородных смесях не должно превышать 20% для повышения стабильности горения дуги.

В приведенных ниже таблицах даются режимы резания алюминиевых сплавов воздушно-плазменным методом без азота и с применением азота, включая азотно-аргоноводородные смеси.

Воздушно-плазменная резка без азота и его смесей

Ток дуги, А	Скорость резки алюминия, м/мин, при толщине листа, мм				
	10	20	30	40	50
200	3,0	1,6	0,8	—	—
300	6,3	2,9	1,8	1,3	0,8
400	11,1	4,0	2,5	1,6	0,9

Воздушно-плазменная резка с применением азотных и аргоноводородных смесей

Толщина металла, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Диаметр сопла, мм	расход газа, м ³ /ч		
				аргон	азот	водород
10	200	170—180	2	—	5	—
15	250	140—160	3	0,7	—	0,5
30	250	180—200	5	—	1,5	1,0
50	450	160—180	5	—	1,5	1,0
80	450	160—180	5	—	1,7	1,5

Воздушно-дуговая резка

Этот вид резки применяется в основном для выплавки дефектных участков швов, обработки отливок, удаления литников и, наконец, для зачистки поверхностей. Воздушно-дуговой резкой можно выполнить и разделение заготовки (детали) толщиной до 12 мм, но только в том случае, если не требуется высокого качества, т.к. ширина реза будет в 2—3 раза шире, чем при кислородной резке.

Особенность воздушно-дуговой резки заключается в устройстве резака. Последний имеет специальное устройство (солловая система) для подачи сжатого воздуха в зону резания. Комбинированный кабель-шланг подводит к резаку ток и сжатый воздух. Помимо этого резак снабжен и клапанным воздушно-пусковым устройством. Общий вид резака дан на рис. 46.

В настоящее время выпускается два вида резаков: РВДл-1200 и РВДм-315. Из них РВДл-1200 предназначен для работы по исправлению литейных заготовок, а РВДм-315 имеет более широкую область применения. Различаются эти резаки и по мощности потребляемого тока. Если РВДл-1200 рассчитан на ток 1200 А, то РВДм-315 требует всего 315 А. Расход воздуха у РВДл-1200 — $35 \text{ м}^3/\text{ч}$, а у РВДм-315 — $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Резак

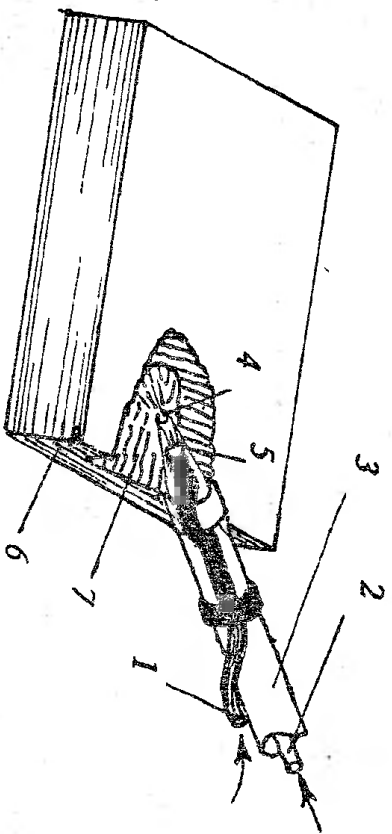


Рис. 46. Резак для воздушно-дуговой резки. 1 — трубка подачи воздуха; 2 — подача электродной проволоки; 3 — корпус резака; 4 — дуга; 5 — солено подача сжатого воздуха в зону торения; 6 — заготовка; 7 — выплавленный участок заготовки

у РВДл-1200 в два раза тяжелее (1,6 кг против 0,8 кг). Диаметр электрода у РВДл-1200 не менее 15—25 мм, а у РВДм-315 — в пределах 6—10 мм. Очень часто в обозначениях резака РВДл-1200 указывается термин «Раздан», а может быть и более полное наименование — РВДл-1200 «Раздан». Это один и тот же резак.

Электроды для воздушно-дуговой резки могут быть самыми различными. Это и графитовые, и угольные, и графитированные цилиндрические стержни, и пластинчатые электроды. Длина их обычно колеблется от 250 до 350 мм. Практика показала эффективность применения смесленных электродов, которые меньше подвержены окислению, чем обычные графитовые.

Ток для данного вида резки может быть как постоянным, так и переменным.

Источниками постоянного тока служат сварочные преобразователи или выпрямители однопостовые и многопостовые. При работе на переменном токе используют трансформаторы с низким напряжением холостого хода и жесткой вольт-амперной характеристикой или мощные источники переменного тока. Резка производится при силе переменного тока 1000 А и применяется для обработки чугунных отливок.

Воздух подается под давлением 0,4—0,6 МПа от воздушной магистральной или от компрессора производительностью 20—30 $\text{м}^3/\text{ч}$ и более. Воздух должен быть чистым, поэтому обязательно использование масловыгодельителей.

Все технологические процессы воздушно-дуговой сварки такие же, как и у кислородной резки.

Техника безопасности при проведении газосварочных и газорезочных работ

Приобретая оборудование для производства газосварочных (резочных) работ (аппаратура, емкости, приборы, редукторы, шланги, горелки) внимательно ознакомьтесь с прилагаемыми техническими характеристиками и инструкциями по правилам пользования. Особенно это важно тогда, когда вообще отсутствует опыт производства данных работ. Лучше всего, если имеется

возможность получить практические рекомендации от специалиста в данном вопросе (практика, имеющего опыт), рабочего-газосварщика наконец. Это значительно облегчит процесс освоения газосварочного и газорезочного оборудования.

Новая аппаратура имеет определенный срок, в течение которого гарантируется ее безопасное использование. В прилагаемом техническом описании указывается дата (период), в течение которого должны быть произведены повторные испытания, регулировка, наладка.

Всегда следует помнить, что газосварочные работы при неумелом их проведении, могут привести к травмам, нанесению значительного материального ущерба (возгорания, пожары), а то и к более тяжелым последствиям.

В данной книге дается ряд обязательных рекомендаций, которые помогут избежать негативных последствий полностью или же свести к минимуму их возникновение.

Первое, что следует помнить — ремонт и испытания аппаратуры могут проводить только специалисты. Никогда не пытайтесь сделать это сами. Для этого Вы не обладаете необходимыми знаниями и соответствующими приборами.

Категорически запрещается:

Использовать резак или горелку, не имеющих обратного клапана, защищающего рукав (шланг) от проникновения в него пламени.

Снижать давление кислорода на входе в резак ниже давления горючего в бачке.

К одному затвору подключать более одного резака (горелки).

Оставлять резак (горелку) с зажженным пламенем. Перемещаться с зажженной горелкой, тем более подниматься или спускаться по лестницам.

Перемещать заряженный генератор.

Хранить карбид кальция на рабочем месте в открытой таре.

Хранить смазочные материалы и замасленную ветошь рядом с кислородными баллонами.

Курить во время работы с азетиленовым генератором, карбидом кальция, жидкими горючими материалами.

Применять кислород для обдувания одежды при ее чистке.

Начинать работы при отсутствии средств пожаротушения.

Использовать аппаратуру и приспособления собственного изготовления.

Когда работы закончены, необходимо завернуть вентили на баллонах, вывернуть регулировочный винт редуктора и полностью открыть вентиль на горелке (резаке).

В процессе работы возможен обратный удар пламени.

В каждом таком случае надо сразу закрыть вентили на горелке, прекратить работу и осмотреть затвор. В жидкостных затворах в каждом случае следует проверить уровень жидкости.

При выполнении работ на высоте свыше 5 м над уровнем земли, пола или перекрытия газосварщик (газорезчик) должен быть обеспечен предохранительным поясом с фалом из огнестойкого материала, обувью с нескользящей подошвой и защитной каской. Для переноса и хранения инструментов работающим на монтаже необходимо иметь сумки. Во избежание падения выреваемой части конструкции ее следует предварительно закрепить.

При работе в колодцах, других тесных и замкнутых пространствах необходимо обеспечить принудительную вентиляцию и местное освещение аккумуляторными или переносными лампами во взрывобезопасном исполнении напряжением 12 В.

Газопламенные работы (сварка, резка, строжка, выплавка пороков металла, нагрев изделий и др.) должны производиться на расстоянии не менее 10 м от передвижных генераторов, 5 м — от баллонов и бачков с жидкими горючими, 1,5 м — от газопроводов и газоразборных узлов. В случае направления пламени и искр в сторону источников питания должны быть приняты меры по защите их от искр или воздействия теплоты пламени путем установки металлических щитов.

При возникновении обратного удара пламени следует прекратить газопламенные работы, перекрыв вентили на горелке (резаке), газосварщику (газорезчику) немедленно но покинуть резервуар или сосуд, осмотреть затвор и проверить целостность рукавов и редукторов. При работе от жидкостных затворов следует проверить наличие и уровень жидкости в затворе.

Газопламенные работы в сосудах разрешается проводить в брезентовой или асбестовой одежде. Работавший внутри закрытого сосуда должен иметь предохранительный пояс и страховочный канат, а также средства индивидуальной защиты с притоком чистого воздуха.

При установке водяных затворов на улиме или в неоткаливаемых помещениях при температуре ниже 0°C они должны быть залиты низкозамерзающими жидкостями (например, 60%-ным раствором этиленгликоля в воде или 30%-ным раствором хлористого кальция в воде).

После окончания работы растворы должны быть слиты, а затворы промыты водой.

Каждый водяной затвор не реже одного раза в неделю необходимо проверять на герметичность, не реже одного раза в 3 месяца затвор должен быть разобран, очищен или промыт и после сборки испытан на надежность уплотнения обратного клапана.

Уровень жидкости в водяном затворе должен постоянно поддерживаться на высоте контрольного крана, а проверка уровня воды производится не реже трех раз в смену при выключенной подаче газа в затвор.

ПАЙКА, НАПЛАВКА, НАПЫЛЕНИЕ

Газопламенная пайка

Если сравним пайку со сваркой, то различие заключается в том, что при сварке плавятся соединяемые крошки металла, а при пайке расплавляется только припой, температура плавления которого намного ниже, чем у свариваемых частей металла. Сразу надо отметить, что пайка предусматривает применение повышенного расхода металла и применение довольно дорогих припоев. Поэтому пайка не находит такого широкого распространения, как сварка.

Существуют два вида пайки: низкотемпературная и высокотемпературная. Низкотемпературная пайка предусматривает применение припоев с температурой плавления ниже 550°C , а высокотемпературная — выше 550°C . Для низкотемпературной пайки используются электропаяльники и тазовоздушные горелки, а для высокотемпературной — горелки, работающие на смеси ацетилена, бутана или пропана с кислородом. Если производится работа с крупногабаритным изделием, могут использоваться многопламенные горелки.

Остановимся на вопросе выбора припоев для пайки различных металлов. Для низкотемпературной пайки лучше всего применять оловянисто-свинцовые припои, а для высокотемпературной — медно-фосфористые, медно-цинковые и серебряные припои. Медно-фосфористые припои довольно хрупки и их нельзя применять в конструкциях, испытывающих нагрузки. А так припой широко используется при пайке металлов медной группы (меди, латуни, бронзы). Этот припой при пайке металлов вообще не требует флюса. Медно-цинковые припои

используются для пайки стали, никеля, чугуна. Могут использоваться и для пайки металлов медной группы. Самый широкий спектр применения имеют серебряные припои. Они обеспечивают высокое качество соединенной практически всех черных и цветных металлов (исключение — алюминий, цинк).

Более подробно области применения припоев приведены в таблицах.

Таблица припоев низкотемпературной пайки

Марка	Область применения
<i>Оловянисто-цинковые</i>	
Олово 45%	Пайка алюминия
Цинк 50%	
Алюминий 5%	
<i>Оловянисто-свинцовые</i>	
ПОС-10	Пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле
ПОСС-4-6	Пайка белой жести, железа, латуни, меди, свинца
ПОС-90	Пайка внутренних швов пищевой и медицинской аппаратуры
ПОС-61	Пайка электро- и радиоаппаратуры, печатных схем точных приборов
ПОС-40	Пайка деталей из оловянисто-цинкового железа, латуни и медных проводов

Практически любая пайка предполагает применение флюсов. Флюсы предохраняют металл и припой от окисления, растворяют оксиды, которые образуются при пайке, флюсы способствуют смачиванию металла припоем.

При низкотемпературной пайке наиболее распространены флюсом является канифоль. Используются также флюсы, содержащие хлориды металлов, чаще других хлористый цинк и хлористый аммоний.

Таблица припоев высокотемпературной пайки

Марка	Область применения
<i>Медно-фосфористые</i>	
МФФПРб-4-0,03	Пайка меди и сплавов на основе меди
<i>Медно-цинковые</i>	
МЦН 48-10	Пайка серого чугуна
ЛОК 59-1-03	
ЛК 62-50	
ПМц-36	Пайка латуней марки Л 58-1 и Л 59
Л 63	Пайка меди и углеродистых сталей
Л 68	
ПМц-48	Пайка латуни марки Л 62
ЛОК 62-06-04	Пайка чугуна и стали
ПМц-54, Л 62	Пайка стали, меди и бронзы
<i>Серебряные</i>	
ПСр-45	Пайка меди и бронзы
ПСр-65	Пайка поковальной арматуры
ПСр-70	
ПСр-10	Пайка участков, где рабочая температура достигает 800°С
ПСр-12	Пайка деталей медной группы (содержание меди до 58%)

При высокотемпературной пайке черных и цветных металлов обычно применяют флюсы на основе буры. Иногда добавляют борную кислоту, когда необходимо повысить рабочую температуру пайки (при использовании более тугоплавких припоев). В случае применения легкотлавких припоев в флюс вводят хлористый цинк, фтористый калий и другие щелочные металлы. Для пайки алюминиевых и магниевых сплавов применяют системы солей, состоящие из хлоридов щелочных и щелочно-земельных металлов.

Если ведется газопламенная пайка, то лучше всего применять порошкообразные флюсы или флюсы в виде паст.

Предлагаются две таблицы по применению флюсов при низкотемпературной и высокотемпературной пайке.

Флюсы при низкотемпературной пайке

Состав	Применение
Хлористый цинк 85%	Пайка алюминия
Хлористый аммоний 10%	
Фтористый натрий 5%	Пайка меди и ее сплавов
Канифоль	
Насыщенный раствор хлористого цинка в соляной кислоте	Пайка нержавеющей стали
Хлористый цинк 25—30%	Пайка стали, меди, медных сплавов
Хлористый аммоний 5—20%	
Вола 50—70%	

Флюсы при высокотемпературной пайке

Состав	Применение
Борная кислота 40%	Латунь, медь
Бура 40%	
Сода 20%	Чугун
Углекислый литий 20%, Борная кислота 50—60%	
Борная кислота 50%	Нержавеющая сталь
Плавленая бура 50%	
Фтористый литий 1,5%	Пайка нержавеющей стали с медью
Фтор-борат калия 2—8%	
Фтористый калий 4—10%	Пайка высокоуглеродистой инструментальной стали и сверхтвердых сплавов
Борная кислота 60—80%	
Борная кислота 55—45%, Калий фтористо-водородный 45—55%	Алюминий
Флюс марки № 34	
Бура 100 (кристаллическая или плавленая)	Пайка меди, латуни, бронзы, стали, чугуна
Марка № 7	То же
Марка № 209	Пайка конструкционных нержавеющей и жаропрочных сталей
Марка № 284	Пайка стали, никелевых и медных сплавов

Особенности паяных швов. Уже упоминалось, что при пайке применяются главным образом нахлесточные швы. Прочность соединения при этом напрямую зависит от величины нахлеста. Для улучшения механических свойств стыкового соединения практикуется увеличение рабочего сечения за счет применения косоугольного стыка. Последний вид стыка часто используют при пайке полугенераторных ленточных пил. Однако такая конструкция паяного шва требует механической обработки и усложняет сборку соединяемых деталей. Типы паяных соединений показаны на рис. 47.

Тавровые соединения при пайке применяют очень редко. Пайка широко применяется при получении трубчатых соединений (рис. 48). Соединения типов 1 и 2 используют, когда допускается увеличение наружного диаметра трубы, а соединения 3 и 4 — при необходимости

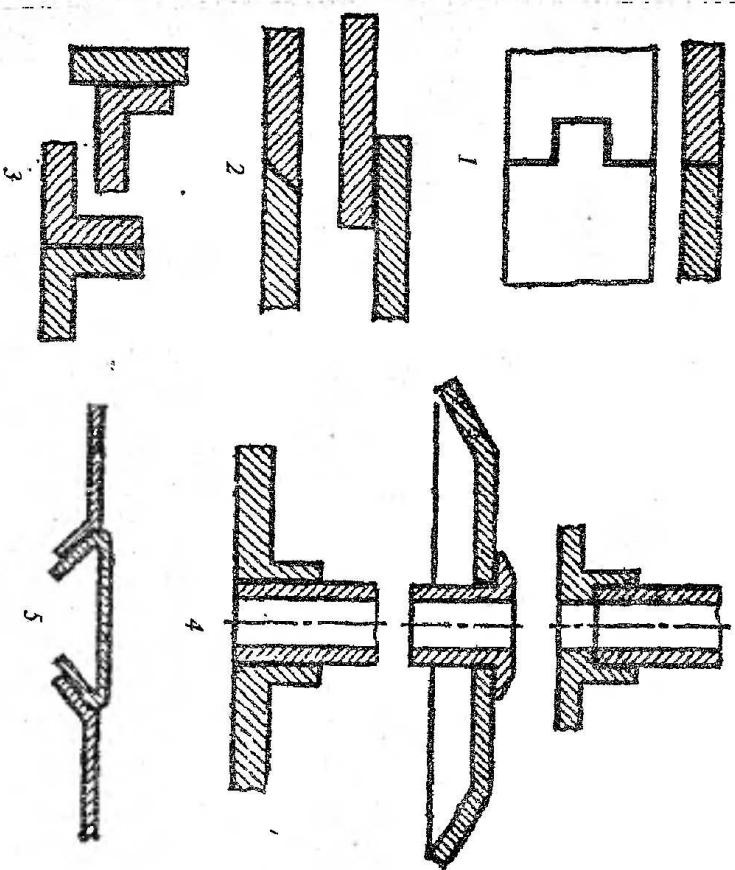


Рис. 47. Типы паяных соединений.
1 — стыковые; 2 — нахлесточные; 3 — с отбортовкой; 4 — втулочные; 5 — специальные.

его сохранения. Величина зазора между соединяемыми деталями при пайке должна быть минимальной для улучшения заполнения его расплавленными припоем под действием капиллярных сил.

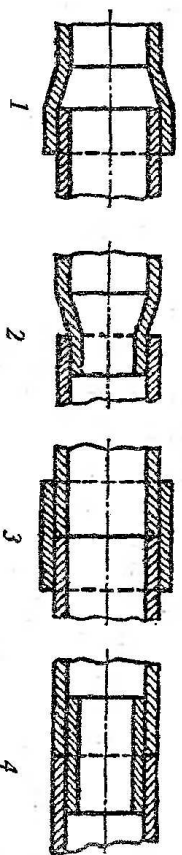


Рис. 48. Грубая пайка соединения

Технология процесса пайки. Начнем с того, в какой последовательности осуществляются операции при низкотемпературной пайке. Сначала соединяемые детали надо хорошо очистить. Затем эти детали надо подвергнуть процессу лужения. После этого детали соединяются вместе, но с тем расчетом, чтобы между ними оставался небольшой зазор — 1—2 мм. На поверхность в месте будущего соединения наносится флюс. Затем горелкой расплавляется припой, который должен затекать в зазор и заполнить поверхность деталей вокруг зазора.

Последовательность операций при высокотемпературной пайке имеет свои особенности. Очистка деталей и их лужение происходит по той же схеме. Затем детали обязательно закрепляются с соблюдением требуемого зазора и нахлеста. Затем детали нагреваются факелом пламени. Нагревание происходит в зоне 25—30 мм от центра спайки. Больше нагревать всегда надо детали, имеющие большую толщину и теплопроводность. Когда место спая нагрето факелом горелки до температуры расплавления припоя, нанести флюс. Припой после этого разогреть и тоже окунуть во флюс. Когда флюс на припое расплавился, ввести припой в место спая и расплавлять его путем касания разогретых ранее деталей, но ни в коем случае не плавить припой в пламени горелки.

Высокотемпературная пайка производится газовым пламенем нормального состава. Возможен небольшой избыток горючего. Удельная мощность пламени (по аде-

шлену) принимается [л/(ч·мм)]: для углеродистой стали — 100—200, нержавеющей стали не более 70, меди — 50—200, латуни — 100—120.

Заключив пайку, пламя надо отвести в сторону и дать соединенным деталям остыть естественным путем, не пытаясь ускорить процесс охлаждения. Затем надо очистить шов от флюса ветошью с использованием теплой воды.

Газопорошковая наплавка

Этот вид наплавки — наиболее простой и эффективный способ, который предполагает подачу наплавочного материала в виде порошкового сплава непосредственно через газокислородное пламя в место наплавки. Таким образом можно получить слой наплавки до 2 мм. Такой слой обладает достаточной твердостью и сохраняет при этом химический состав применяемого материала. Наплавка дает повышение износоустойчивости обрабатываемых деталей в 3—5 раз, позволяет восстанавливать первоначальные размеры деталей. Газопорошковая наплавка хорошо зарекомендовала себя при исправлении дефектов чугуна при литье. Для осуществления этого способа наплавки применяются только специальные горелки (тип ГН с дозатором порошка и бункером). В процессе нанесения наплавки такой горелкой порошок подается через пламя путем нажатия рычага на горелке.

Для газопорошковой наплавки применяются самодиффундирующиеся порошки на хромбороникелевой основе с добавками кремния, порошок должен иметь форму шариков размерами 40—100 мкм. Хорошо зарекомендовали себя для наплавки на чугун порошки НГЧ, содержащие 5—7% меди.

Сам процесс наплавки осуществляется следующим образом: деталь тщательно очищается от грязи и жирных отложений. Затем деталь прогревается до температур 350—400°С. Напыляется тонкий слой порошка и участок прогревается до момента «схватывания» порошка с деталью. После этого горелка отводится на расстояние, равное 1,5 длины ядра пламени горелки. В пламя начинают плавно подавать порошок и напыляется слой толщиной

Таблица применения наплавочных материалов

Марка	Состав	Твердость наплавочного слоя	Применение
НПЧ-3	Твердые сплавы на основе никеля с добавкой меди, бора и кремния	НВ180-210	Наплавки на чулун, еще не подвергавшийся по-верхностной закалке. Температура плавления сплава 960°С
НПЧ-2	То же	НВ360	Наплавка на изношенные рабочие поверхности чулунных изделий, которые имеют высококачественную закалку. Температура плавления сплава 1170°С
НПЧ-1	То же	НВ220	Наплавка на более обширные дефектные площади чулунных деталей — до 20 см ² (при НПЧ-2 — до 10 см ²), имеющих поверхностную закалку. Плавление при 1280°С
НПЧ-4	То же	НВ450—500	Наплавление на чулунные детали, подвергнутые по-верхностной закалке
СНПН-50	Самодиссолюционный порошок, содержащий хром, бор, никель и кремний	НРС 53—57 НРС 58—60 НРС 50—52	Для упрочнения и восстановления деталей, работающих в условиях абразивного износа
ВСНПН-88	То же, с добавлением вольфрама (30—37%)	НРС 60—62	

ной не более 1 мм. Если требуется получить большую толщину наплавляемого слоя, то уже нанесенный слой расплавляется (но не перегревается) и на него наплавляется новый слой. Такой способ многослойной наплавки (с оплавлением предыдущего слоя) может дать качественный наплавляемый слой толщиной до 5 мм. Если же

предыдущие слои не оплавлены, то возможны шлаковые включения между слоями. Описанный нами процесс по своей производительности не уступает наплавке прутком. Но преимущество газопорошковой наплавки в том, что она позволяет осуществить наплавку в труднодоступных местах и не зависит от пространственного положения детали.

В таблице даны более подробно области применения существующих наплавочных порошков.

Газопламенная наплавка

Этот вид наплавки применяется наряду с электродуговой методами наплавки. Но по сравнению с последними газопламенная наплавка имеет более низкую производительность. Положительным качеством этой наплавки является то, что она позволяет гибко и независимо регулировать нагрев основного и присадочного металла. Применяется газопламенная наплавка в основном для наплавки латуни, черных металлов и твердых сплавов на сталь и чулун.

Начнем с описания процесса наплавки латуни. Данный способ позволяет применять наряду с ацетиленом также такие газы-заменители, как бутан, пропан, природный газ. Мощность применяемого пламени горелки (номер наконечника) определяют по следующей схеме:

Толщина наплавляемого слоя (в мм)	Диаметр прутка (в мм)	Номер наконечника
3—4	4—6	4
5—6	8—10	5
6—7	10—12	6

Самые лучшие результаты можно получить при применении специальных наплавочных латуней, в которых уменьшено содержание кремния. Конкретно это марка ДК 62-02, или же латунь легированная никелем — ДНК 56-03-6.

При наплавке латуни на сталь и чугуна обязательно применение флюса. Лучше всего зарекомендовал себя газобразный флюс БМ-1, который подается непосредственно в пламя. Этот процесс получил наименование **газофлюсовой наплавки**. При наплавке простых латуней могут использоваться те же флюсы, которые применяются и при сварке латуней. Чтобы получить эффект дополнительного флюсования, используется флюс паста № 3. Этот флюс вводится вручную.

Сама наплавка ведется левым способом непрерывно или участками с обязательным перекрытием предыдущего участка на 15—20 мм.

При наплавке прямолинейных швов допускается наклон наплаваемой поверхности под углом 8—15° к горизонту для увеличения высоты наплаваемого слоя. При наплавке кольцевых швов угол наклона поверхности не должен превышать 40° к горизонту.

Поверхность детали, подвергаемой наплавке, должна быть предварительно механически обработана. Наплавлять латунь непосредственно на литейную или прокатную корку запрещается.

Наплавка может быть однослойной или многослойной.

Техника наплавки при использовании порошкообразного или газообразного флюса имеет свои отличительные особенности.

Если применяется порошкообразный флюс, то деталь нагревается до 950°С. Если наплавка будет производиться на крупногабаритную деталь, то последняя должна быть предварительно протрета не менее чем до 500°С. Наносится вручную флюс и первый слой наплавки в виде полуды наносится толщиной не более 0,5 мм. Таким же образом наносится последующий слой. Образуется валлик необходимой высоты. Горелка при работе держится наклоненной вправо, а наплавочный пруток — влево, образуя таким образом угол с горелкой 90°. Нежелательно применение порошкообразных флюсов при наплавке на чугун из-за того, что существует опасность отбела, т.к. температура предварительного подогрева составляет 900°С.

Наплавка с газобразным флюсом: подогревают деталь пламенем с флюсом до температуры смачивания (примерно 700°С), наплавляют первый слой с погружением конца прутка в жидкую ванну. Второй и последующие слои наплавляются аналогичным образом. Газофлюсовую наплавку можно производить как на сталь, так и на чугун.

Чтобы увеличить срок службы деталей осуществляется наплавка твердыми сплавами. В данном случае в качестве основы надо применять низкоуглеродистые стали с наплавкой износостойких сплавов непосредственно на рабочие поверхности.

Особое внимание надо уделить процессу наплавки на марганцовистые, высокоуглеродистые и хромомolibденовые стали (включая и серые чугуны). Дело в том, что все перечисленные сплавы требуют обязательного предварительного подогрева и медленного охлаждения после наплавки. Если этого не соблюдать после производства наплавки могут появиться трещины.

Какие же наплавочные материалы лучше всего применять? Хорошую репутацию имеют трубчатые наплавочные стержни ТЗ, прутки из белого чугуна В4 или Х4. Широко распространена практика наплавки литыми твердыми сплавами, принайми металлокерамических пластин к стальным державкам.

Флюсы при данном способе наплавки используются для защиты наплавленного слоя при газопламенной наплавке литыми твердыми сплавами. К примеру, наплавка сормайтa производится с флюсом, в состав которого входят: 50% буры, 3% кремнезема, 47% двууглекислой соды.

При наплавке стеллита применяется флюс, состоящий из 20% прокаленной буры, 12% плавикового шпата и 68% борной кислоты.

Наплавочные материалы, применяемые при газопламенной наплавке, даны в таблице.

Газопламенная плавка предусматривает применение ацетиленa, мощность пламени которого должна быть 100—120 л/ч на 1 мм толщины металла. Глубина проплавления не должна быть больше 0,3—0,5 мм. В этом

**Наплавочные материалы, применяемые
при газопламенной наплавке**

Наплавочный материал	Марка	Характеристика состава	Область применения
Металлокерамические сплавы в виде стержней в виде пластин	Побелит	Карбиды вольфрама и титана, связанные кобальтом и железом	Оснащение металлорежущего инструмента
Литые твердые сплавы в виде прутков	Стеллит ВЗК Сормайт 2 Сормайт С27	Сплав вольфрама и хрома, связанных кобальтом и железом Сплав карбида хрома с железом и никелем (до 5%)	Наплавка на детали, работающие при нормальных и несколько повышенных температурах
Твердый сплав в виде трубчатого стержня	Релит ТЗ	Трубка ($\varnothing 6 \times 0,5$ мм) из низкоуглеродистой стали, заточенная крупной карбидов вольфрама (ослигом)	Для наплавки бурового инструмента в нефтяной промышленности и других деталей, работающих в условиях абразивного износа

случае не произойдет перемешивания основного металла с наплавленным.

Как регулировать толщину наплавленного слоя? Это делается за счет разных углов наклона детали. Если угол наклона детали будет 7%, получится тонкий слой наплавки. Если увеличивать угол наклона до 15% (ведя наплавку снизу вверх), то слой будет увеличиваться.

При производстве наплавочных работ горелку надо держать под углом 70° (можно 60—80°) вправо, а присадку — под углом 30—40° влево. Пруток всегда должен находиться в зоне пламени. Нельзя допускать касания дном пламени расплавленного металла. Это грозит появлением пористости в наплавленном металле. Срез

мундштука горелки должен быть на расстоянии 50 мм от наплаваемого валика.

При наплавке обязателен предварительный нагрев детали. Если деталь закалена, производится отжиг при температуре 800—900°С. Если деталь массивная, то температура подогрева составит 600—700°С. Мелкие детали достаточно подогреть всего до 300—500°С, чтобы не появились микротрещины. Обычно толщина наплавленного слоя не должна быть больше 2—3 мм (если деталь подвергается ударным нагрузкам), толщина слоя в случае работы детали на истирание — 4—8 мм.

Газотермическое напыление

Этот вид напыления характеризуется своей простотой, технологической доступностью и компактностью. Газотермическое напыление дает стойкие антикоррозионные, жаростойкие, электроизоляционные, износостойкие покрытия.

Существуют дуговые и газопламенные способы напыления покрытий. Дуговые способы покрытия энергетически выгодны, однако пригодны лишь для расплавления металлургических стержней. Для порошковых материалов приемлем только газопламенный способ.

Перед началом напыления поверхность деталей необходимо очистить механическим, а если потребуется, то и химическим путем.

Ввиду того, что в данном разделе речь идет только о газопламенном напылении, скажем, что в данной области используются установки порошковой и проволоочной типов. Остановимся на их характеристиках:

1. Установка УГПД предназначена для ручного напыления термостойких, цинковых и других материалов с температурой плавления 800°С. Используют в качестве напыляемого материала порошок. При работе используются ацетилен и воздух.

2. Установка УГПТ — для ручного напыления тугоплавких покрытий из хромборникелевых сплавов. Напыляемый материал — порошок. Рабочие газы — ацетилен или кислород.

3. Установка МГИ-4П — ручное напыление деталей из алюминия, стали, цинка. Напыляемый материал — проволока. Используются газы — кислород, воздух, бутан, пропан.

4. Установка МГИ-4 имеет те же характеристики, что, и МГИ-4П, но использует только ацетилен, кислород и воздух. Пропан и бутан не используются.

На рис. 49 дан металлизатор МГИ-4, на рис. 50 — установка УППЛ.

Газопитание аппарата МГИ-4 горючим газом, как правило, осуществляется от баллона для разрядной лампы. В обоих случаях давление горючего газа должно поддерживаться не менее 0,06 МПа (0,6 кгс/см²) с установкой в месте отбора газа и газоразборного поста типа ПГУ-5. При использовании пропан-бутана (аппарат

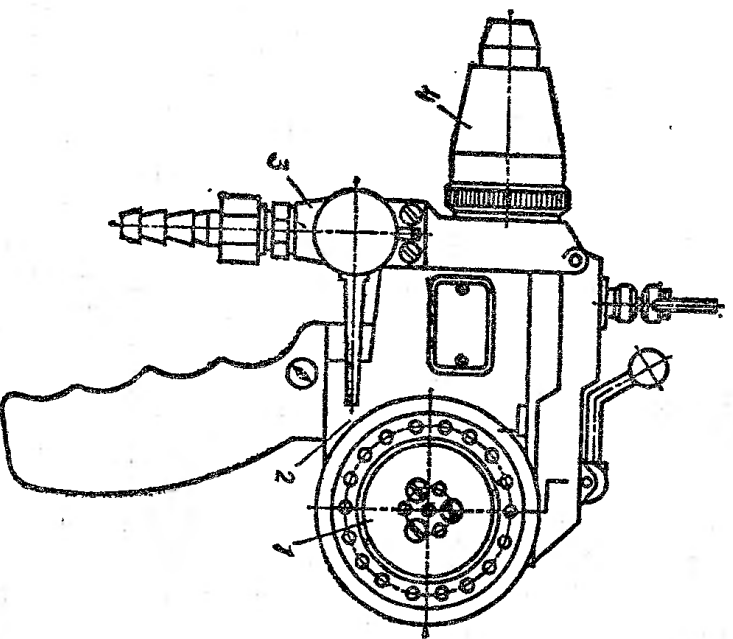


Рис. 49. Газовый металлизатор МГИ-4.
1 — воздушная турбина; 2 — червячный редуктор; 3 — пробковый кран; 4 — расширяющая головка

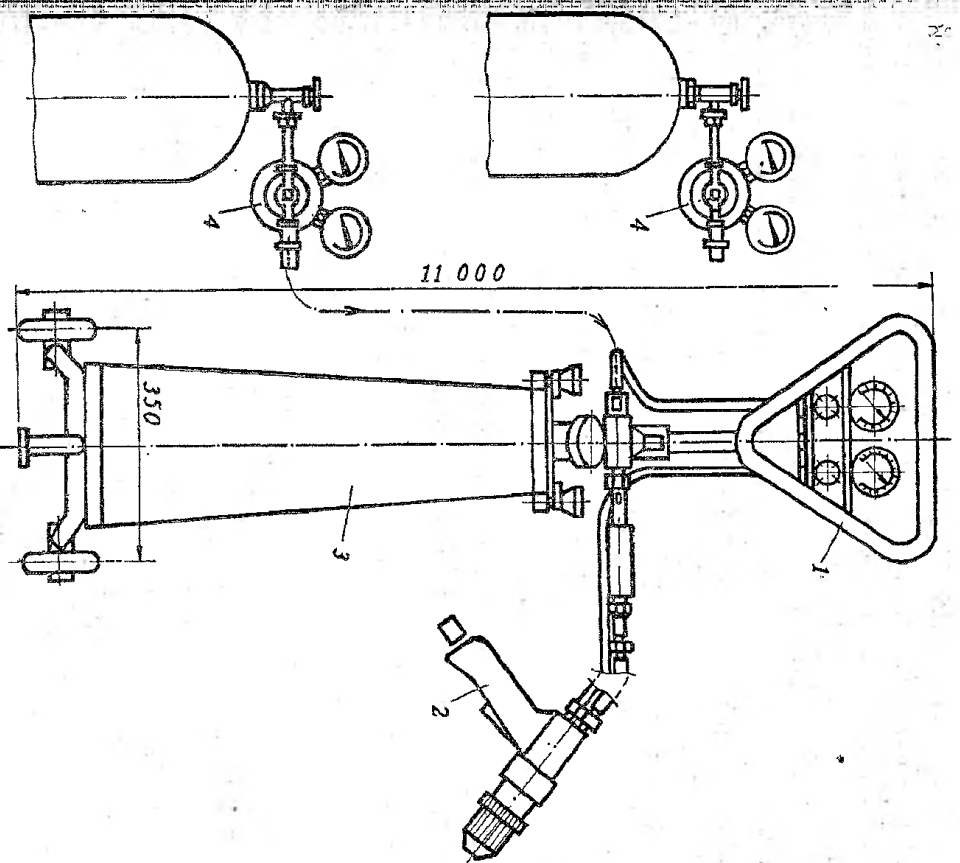


Рис. 50. Установка УППЛ.
1 — пульт управления; 2 — газоплазменный напылитель; 3 — порошок МГИ-4П; 4 — редукторы

МГИ-4П) допускается взаимен газоразборного поста ПГУ-5 устанавливать в месте отбора газа пропановый вентиль и обратный клапан ЛЭС. Подача кислорода и воздуха для распыления расплавляемой проволоки может производиться от газовых магистралей.

Наряду с газовыми проволочными аппаратами широко применяют установки для напыления покрытий из порошковых материалов. Все установки этого типа состоят из питательного бачка для подачи порошка и распылительной горелки (пистолета).

Серийно выпускаются установки двух основных типов: УГПШ и УГПТ.

В отличие от установки УГПШ, которая изображена на рисунке, установка УГПТ предназначена для ручного и механизированного напыления покрытий из тугоплавких порошков. На установках этого типа можно получать покрытия из саморасплавляющихся твердосплавных материалов и керамики с температурой плавления не более 2050°C. Возможно также напылять оксид алюминия и порошки сплава меди и алюминия. Установка УГПТ применяется преимущественно для восстановления изношенных поверхностей коленчатых и распределительных валов, шатунов, толкателей, головок и блоков цилиндров автомобильных или тракторных двигателей.

Наплавка самозащитными проволоками. Этот способ нанесения защитного покрытия открытой дугой в атмосфере находит все более широкое применение. Здесь применяются электроды, сердечник которых содержит наряду с порошками легирующими компонентами и другие (газо- и шлакообразующие) вещества, цель которых — защитить расплавляемый металл от воздействия воздуха. При этом сварщика не должно беспокоить повышенное разбрызгивание металла и газовыделение.

Если процесс наплавки можно механизировать, лучше всего делать наплавку под флюсом. Этот способ привлекателен своей экономичностью, отсутствием открытого излучения дуги, высокой производительностью.

В случае, если наплавка под флюсом невозможна, можно обратиться к наплавке в защитных газах. Здесь защитной средой выступают углекислый газ или аргон. При осуществлении наплавки высоколегированных хромоникелевых сталей, сплавов на основе меди применяются именно аргон.

Вибродуговая наплавка. Принцип ее нанесения — чередование периодов кратковременного существования дуги и кратковременных коротких замыканий.

Данный процесс предусматривает определенную степень механизации. Подаваемая в зону сварки проволока должна совершать частые возвратно-поступательные движения (до 100 движений в секунду). Вибродуговая наплавка осуществляется под флюсом в газовой среде. Наплавку можно производить и в водных растворах. Таким

раствором может быть 25% раствор технического глицирина в воде или раствор кальцинированной соды. Жидкость дает высокую скорость охлаждения, а это уменьшает вероятность деформации детали.

К недостаткам этого способа следует отнести часто возникающие дефекты в наплавленном металле в виде мелких газовых пор, трещин, а также неравномерную его твердость.

Плазменная наплавка. Преимущества этого процесса — в гарантировании малой глубины проплавления основного металла, очень тонкий наплавляемый слой, высокое качество соединения слоев. При работе пламенная струя как бы окружена потоком защитного газа, что дает защиту наплавленному слою.

Плазменно-порошковую наплавку осуществляют также с подачей порошка в хвостовую часть ванны. В этом случае обеспечивается более надежная подача присадочного порошка, а при наплавке порошков карбида отсутствует их разложение, так как они, попадая в ванну, минуя разрушающее действие электрической дуги. Для наплавки применяют порошки шаровидной формы с размером частиц, 40—400 мкм, а для подачи порошка в хвостовую часть ванны — более крупные частицы.

Плазменная наплавка с токоведущей присадочной проволокой обеспечивает минимальное проплавление основного металла при достаточно высокой производительности процесса.

Каждый вид наплавки имеет свои основные элементы режима, влияющие на производительность и качество процесса.

Для дуговой наплавки основными элементами режима являются сила тока, напряжение и скорость перемещения дуги, вылет и число электродов, шаг наплавки, а также смещение электрода с зенита при наплавке тел вращения.

Наплавку обычно ведут на постоянном токе, обеспечивающем высокую стабильность процесса. Ток дуги при наплавке зависит от скорости подачи электродной проволоки. С увеличением скорости подачи возрастает сила тока, а следовательно, и прожвигательность наплавки. Однако с возрастанием тока дуги увеличивается глубина проплавления и доля основного металла в наплавленном.

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Радиационная дефектоскопия

Природа рентгеновского и гамма-излучения. Как и видимый свет, рентгеновское и гамма-излучения представляют собой электромагнитные излучения. Они отличаются длиной волны: длина волны видимого света $(4-7) \cdot 10^{-7}$ м, рентгеновского излучения $6 \cdot 10^{-13} - 10^{-9}$ м, гамма-излучения $10^{-13} - 4 \cdot 10^{-12}$ м.

Рентгеновское и гамма-излучения обладают гораздо большей энергией, чем видимый свет, по-разному по-глощаются различными материалами. Кроме того, они действуют на фотопленку и фотобумагу, вызывая люминесценцию некоторых химических соединений, ионизируют газы, не подвергаясь воздействию электрических и магнитных полей, нагреваются облучаемое вещество, а также воздействуют на живые организмы. Эти свойства рентгеновского и гамма-излучений используются для дефектоскопии сварных соединений.

Рентгеновское излучение получают в результате торможения на аноде рентгеновской трубки свободных электронов, обладающих большой скоростью.

Электроны, летящие с большой скоростью и попадающие на анод, тормозятся в нем, теряют свою кинетическую энергию, часть которой превращается в лучистую энергию и выделяется в виде фотонов тормозного излучения. Это излучение используется при дефектоскопии сварных швов.

Гамма-излучение образуется в результате распада ядер радиоактивных элементов (изотопов). Процесс распада объясняется следующим образом. Внутриядерные силы притяжения между протонами и нейтронами, входящими

ми в состав ядра радиоактивных элементов, не обеспечивают достаточной устойчивости ядра. В результате наблюдается самопроизвольная перестройка менее устойчивых ядер в более устойчивые. Этот процесс, называемый естественным радиоактивным распадом, сопровождается испусканием положительно заряженных альфа-частиц, отрицательно заряженных бета-частиц и электромагнитного гамма-излучения. При этом образуется новое ядро, которое может оказаться в возбужденном состоянии. Ядро, переходя в нормальное состояние, испускает избыток энергии в виде гамма-излучения. Такое излучение используют при дефектоскопии материалов.

Дефекторы для радиографического контроля. К ним относятся рентгеновская пленка и фотографическая бумага.

Рентгеновская пленка состоит из нескольких слоев: подложки, светочувствительного и защитного слоев. Подложка представляет собой тонкую пленку прозрачной и гибкой пластмассы — ацетатцеллюлозы. На подложку с обеих сторон наносят тонкие слои специального клея, называемого подслоем. После высыхания подслоя наносит светочувствительные эмульсионные слои. Подслоем улучшает сцепление эмульсионных слоев с подложкой подложкой; толщина эмульсионных слоев колеблется у различных сортов пленки от 0,01 до 0,03 мм. Светочувствительный эмульсионный слой состоит из бромистого и йодистого серебра, равномерно распределенного в желатине. Слоем желатина толщиной до 0,001 мм служит для предохранения от механических повреждений.

Фотохимическая реакция, в результате которой возникает изображение, происходит следующим путем. При просвечивании фотоны ионизирующего излучения, проходя сквозь эмульсию, частично поглощаются, ионизируя зерна бромистого серебра и вызывая появление так называемого скрытого изображения. Молекула бромистого серебра состоит из положительно заряженного иона серебра и отрицательно заряженного иона брома. Под действием фотона отрицательный ион бромистого серебра теряет свой электрон и становится нейтральным.

атомом брома. Электрон, взаимодействуя с положительным ионом серебра, нейтрализует его заряд, превращая его в нейтральный атом серебра.

Восстановление серебра при проявлении происходит гораздо интенсивнее, чем при возникновении скрытого изображения. Проявление представляет собой усиление скрытого радиационного изображения.

Для защиты пленки от рассеянного излучения и сокращения экспозиции (в 2—3 раза) при просвечивании применяют *металлические усиливающие экраны*, поглощающие вторичное длинноволновое излучение сильнее, чем первичное. Усиливающее действие экрана обусловлено фотоэлектронами и электронами отдачи, возникшими под действием ионизирующего излучения.

Металлические усиливающие экраны изготовляют, например, из листовой свинцовой фольги с наклеенной на нее синтетической пленкой, которая предохраняет фольгу от механических повреждений и позволяет многократно ее использовать.

Источники ионизирующего излучения. К ним относятся рентгеновские аппараты, гамма-дефектоскопы и ускорители электронов. Рентгеновские аппараты применяются в цеховых и реже в полевых условиях, а также в случаях, когда к качеству сварных соединений предъявляются высокие требования. Гамма-дефектоскопы используются при контроле сварных соединений больших толщин, а также стыков, расположенных в труднодоступных местах, в полевых условиях. Ускорители электронов эффективны при дефектоскопии соединений большой толщины, в основном в цеховых условиях.

Рентгеновский аппарат служит для получения рентгеновского излучения с заданными параметрами. Он состоит из рентгеновской трубки, генератора высокого напряжения и аппаратуры управления.

В зависимости от анодного напряжения рентгеновские аппараты разделяются на два вида: непрерывного действия и импульсные. В импульсных аппаратах под воздействием импульса высокого напряжения образуется мощный импульс излучения. Эти аппараты благодаря малым размерам обладают повышенной технологической маневренностью, что позволяет использовать их в условиях монтажа.

По конструктивному исполнению рентгеновские аппараты делят на моноблочные и кабельные. В *моноблочных аппаратах* рентгеновская трубка и высоковольтный трансформатор помещены в одном блоке. Аппараты такого типа предназначены преимущественно для работы в полевых условиях. Существуют также стационарные моноблочные аппараты.

В аппаратах *кабельного типа* рентгеновская трубка размещена в защитном кожухе, а высоковольтный трансформатор — в отдельном блоке, от которого высокое напряжение передается к рентгеновской трубке.

Аппараты кабельного типа предназначены для работы в цеховых и лабораторных условиях (например, РУП-150/300-10). По анодному напряжению рентгеновские аппараты условно делят на следующие группы; до 160 кВ (РУП-60-20-1, РУП-120-5-1, РУП-100-10, РУП-160-6П), 160—400 кВ (РУП-200-10-2, РАП 150/300-10, РАП-220-5-1Н, РАП-220-5-1П, РУП-400-5-1). Трубки моноблочных и кабельных аппаратов обозначаются следующим образом: первое число показывает максимальное напряжение в киловольтах, второе — ток в миллиамперах, третье — номер модели (буква Н в конце означает нормальное излучение, буква П — панорамное излучение).

В последнее время разработаны малогабаритные и импульсные рентгеновские аппараты типа МИРА, НОРА и др. Для радиографического контроля в труднодоступных местах применяется новый передвижной рентгеновский аппарат РАПС-1, который снабжен выносным портированным излучателем.

Гамма-дефектоскопы служат для получения гамма-излучения. Основными характеристиками источника гамма-излучения являются энергия излучения, период полураспада и начальная активность. Две первые величины являются физическими характеристиками изотопа, в то время как последняя зависит от массы источника.

Гамма-дефектоскоп представляет собой устройство, снабженное приводом для управления перемещением гамма-источника и перекрытием пучка ионизирующего излучения.

Гамма-дефектоскопы классифицируют по следующим признакам: типу используемых источников излучения, условиям эксплуатации — на лабораторные, полевые, полевые, специальные; по мобильности — на переносные, передвижные, стационарные; по степени коллимации пучка излучения — для фронтального или панорамного просвечивания, универсальные (для фронтального и панорамного просвечивания), Пучки ионизирующего излучения в дефектоскопах формируются с помощью сменных коллимирующих головок.

Промышленностью выпускается ряд специализированных и универсальных гамма-аппаратов, позволяющих контролировать разнообразные изделия в цеховых или полевых условиях.

Источниками гамма-излучения служат радиоактивные изотопы: кобальт-60, титий-170, иридий-192 и др. Ампулу с радиоактивным изотопом помещают в свинцовый контейнер. Техника просвечивания сварных соединений гамма-излучением подобна технике рентгеновского просвечивания. Этим способом выявляют аналогичные внутренне дефекты по потемнению участков пленки, помещенной в кассету. Гамма-излучение отличается от рентгеновского большей жесткостью и меньшей длиной волны, поэтому оно может проникать в металлы глубже, чем рентгеновское излучение, и позволяет просвечивать металлы толщиной до 300 мм. Кроме того, просвечивание гамма-излучением — менее дорогостоящий способ.

Недостатками просвечивания гамма-излучением по сравнению с рентгеновским являются: меньшая чувствительность (при просвечивании толщин до 50 мм обнаруживаются относительно крупные дефекты с размерами более 2—4% толщины металла); невозможность регулирования интенсивности излучения, которая в рентгеновских аппаратах регулируется подводящим напряжением; большая опасность гамма-излучения при неосторожном обращении с гамма-аппаратами.

Ультразвуковая дефектоскопия

Получение и свойства ультразвуковых колебаний. *Акустическими волнами* называются механические колеба-

ния, распространяющиеся в упругих средах. Если частота акустических колебаний превышает 20 кГц (т.е. выше порога слышимости для человеческого уха), то такие колебания называют *ультразвуковыми*. В дефектоскопии используется диапазон частот 0,5—10 МГц.

При распространении упругих волн частицы среды не переносятся, а лишь колеблются относительно точек равновесия. Минимальное расстояние между двумя типами, колеблющимися в одинаковой фазе, называется *длиной акустической волны*.

Поскольку скорость распространения акустической волны определяется физическими свойствами среды, то изменение длины волны в данной среде достигается изменением частоты колебаний. Скорость распространения акустических колебаний зависит также от типа волны. Если направление колебаний частиц совпадает с направлением распространения волны, то акустическая волна называется *продольной*. В случае, если направление колебания частиц перпендикулярно направлению распространения волны, то акустическая волна называется *сдвиговой (поперечной)*.

Сущность ультразвуковой дефектоскопии. Акустические методы неразрушающего контроля основаны на способности упругих волн распространяться в твердом теле и отражаться от границ тела или нарушенных плоскости, обладающих другими акустическими свойствами. При ультразвуковом контроле сварных соединений используют в основном эхо-импульсный метод контроля, реже теневой и др.

Эхо-импульсный метод заключается всылке от излучателя коротких зондирующих импульсов в контролируемое соединение и затем регистрации амплитуды и времени прихода на приемник эхо-сигналов, отраженных от дефекта. Акустический преобразователь в этом случае работает по совмещенной схеме, т.е. один и тот же pieзоэлемент является излучателем и приемником ультразвуковых колебаний.

При контроле сварных соединений необходимо обеспечивать тщательное прозвучивание всего металла шва. Ультразвуковые волны вводятся в шов через основной металл с помощью наклонных акустических преобразователей.

При поиске дефектов производят продольно-поперечное перемещение (сканирование) преобразователя вдоль шва, одновременно осуществляя его вращательное движение.

Чувствительность ультразвукового контроля определяется минимальными размерами выявляемых дефектов или эталонных отражателей (моделей дефектов). В качестве эталонных отражателей обычно используют плоскодонные сверления, ориентированные перпендикулярно направлению прозвучивания, а также боковые сверления или зарубки.

Магнитная дефектоскопия

Физические основы магнитной дефектоскопии. Магнитные методы контроля основаны на обнаружении магнитных потоков рассеяния, возникающих при наличии различных дефектов, в намагниченных изделиях из ферромагнитных материалов (железа, никеля, кобальта и некоторых сплавов).

Намагничивание осуществляется пропусканием тока по детали, созданием магнитного поля вокруг детали магнитом или электромагнитом. Простым способом создания магнитного потока является пропускание тока плотностью 15—20 А/мм по виткам сварочного провода, намагниваемого тремя — шестью витками на изделие. Для намагничивания лучше применять постоянный ток. Магнитный поток, распространяясь по изделию и встречая на своем пути дефект, отбивает его вследствие того, что магнитная проницаемость дефекта значительно ниже магнитной проницаемости основного металла. В результате этого часть магнитно-силовых линий вытесняется дефектом на поверхность, образуя местный магнитный поток рассеяния (рис. 51).

В зависимости от способа регистрации магнитного потока рассеяния магнитные методы контроля подразделяют на *магнитопорошковый* и *магнитографический*. В первом случае потоки рассеяния выявляются с помощью магнитного порошка, во втором — регистрируются на магнитную ленту.

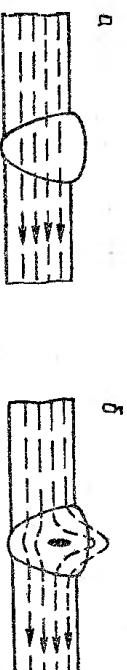


Рис. 51. Распределение магнитного потока по сечению качественного (а) и дефектного (б) шва

Магнитопорошковый метод. Применяют два способа контроля с помощью магнитного порошка: *сухой* и *мокрый*. В первом случае на поверхность намагниченной детали наносят магнитный порошок (железные опилки, окалина и др.) в сухом виде, во втором — в виде суспензии с керосином, маслом, мыльным раствором. Под действием тягивающей силы магнитных полей рассеяния частицы порошка термешаются по поверхности детали и скапливаются в виде валиков над дефектами. Форма этих скопленных соответствует очертаниям выявляемых дефектов.

Методика магнитопорошкового контроля включает следующие операции: подготовку поверхностей перед контролем и очистку их от загрязнений, окалины, следов шлака после сварки; подготовку суспензии, закраски порошка в интенсивном перемешивании магнитного вание контролируемого изделия; нанесение суспензии или порошка на поверхность контролируемого изделия; осмотр поверхности изделия и выявление мест, покрытых отложениями порошка; размагничивание.

Метод отличается высокой чувствительностью к тонким и мелким трещинам, простотой выполнения, оперативностью и надежностью результатов.

Чувствительность магнитопорошкового метода зависит от ряда факторов: размера частиц порошка и способа его нанесения, напряженности приложенного намагничивающего поля, рода приложенного тока (переменный или постоянный), формы, размера и глубины задевания дефектов, а также от их ориентации относительно поверхности изделия и направления намагничивания, состояния и формы поверхностей, способа намагничивания.

При контроле магнитными методами наиболее уверенно выявляются плоскостные дефекты: трещины, непровары и несплавления, наибольший размер которых ориентирован под прямым или близким к нему углом относительно направления магнитного потока. Дефекты округлой формы (поры, шлаковые включения, раковины) не могут создавать достаточного потока рассеяния и, как правило, при контроле обнаруживаются удовлетворительно.

Дефектоскопы для магнитопорошкового метода контроля включают источники тока, устройства для подвода тока к детали, устройства для полюсного намагничивания (соленоиды, электромагниты), устройства для нанесения на контролируемую деталь порошка или суспензии, измерители тока (или напряженности поля).

Стационарные универсальные дефектоскопы (УМДЭ-2500, ХМД-10П, МД-5 и др.) широко распространены на предприятиях с крупносерийным выпуском различных деталей. На таких установках можно контролировать детали различной конфигурации с производительностью от десятков до многих сотен деталей в час.

Из группы *переносных и передвижных дефектоскопов* серийно выпускаются дефектоскопы ПМД-70 и МД-50П. Переносной магнитный дефектоскоп ПМД-70 предназначен для магнитного контроля сварных швов в полевых условиях. Передвижной дефектоскоп МД-50П применяется для контроля крупногабаритных массивных изделий по участкам.

Магнитографический метод. Сущность этого метода (рис. 52) заключается в намагничивании контролируемого участка сварного шва и околошовной зоны с одновременной записью магнитного поля на магнитную ленту и последующем считывании полученной информации с нее специальными устройствами магнитографических дефектоскопов.

Технология магнитографического контроля включает следующие операции: очистку контролируемых соединений от шлака, налипших брызг металла и различных загрязнений;

наложение на шов отрезка размагниченной магнитной ленты и ее прижим эластичной резиновой лентой;

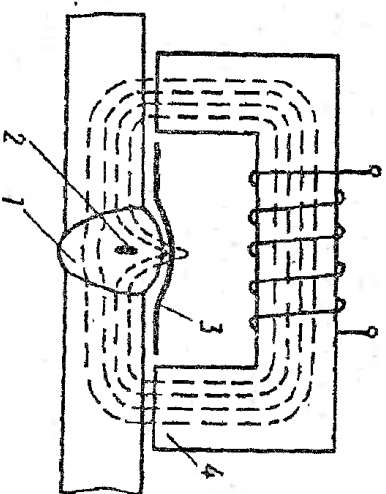


Рис. 52. Схема магнитографического контроля.
1 — сварной шов; 2 — дефект; 3 — магнитная пленка; 4 — намагничивающее устройство

намагничивание контролируемого изделия при оптимальных режимах в зависимости от типа намагничивающего устройства, толщины сварного шва и его магнитных свойств;

расшифровку результатов контроля, для чего магнитную ленту устанавливают в считывающее устройство дефектоскопа и по сигналам на экранах дефектоскопа выявляют дефекты.

Магнитографический метод в основном применяют для контроля стыковых швов, выполненных сваркой плавлением, и в первую очередь при дефектоскопии швов магистральных трубопроводов. Этим методом можно контролировать сварные изделия и конструкции толщиной до 20—25 мм.

Чувствительность магнитографического контроля примерно такая же, как и магнитопорошкового. Она зависит от размеров, формы, глубины и ориентации дефектов, параметров считывающей головки дефектоскопа и типа магнитной ленты. Магнитографией наиболее уверенно выявляются плоскостные дефекты (трещины, непровары, несплавления), а также протяженные дефекты в виде цепочек шлака, преимущественно ориентированные поперек направления магнитного потока. Значительно хуже выявляются округлые дефекты (поры, шлаковые включения). Практикой установлено, что этим методом уверенно обнаруживаются внутренние

ПРИЛОЖЕНИЕ

Табл. 1. Применение покрытых электродов при сварке сталей

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А, при положении сварки			Род тока		
		нижнем	Вертикаль-ном	Полож.-ном			
ОЗС-2	1	2	3	4	5	6	
		<i>Сварка среднеуглеродистых сталей</i>					
		3	80—100	60—80	60—80		Постоянный
		4	130—150	120—140	120—140		
		5	170—200	150—170	—		
		3	80—100	60—80	70—90		
4	130—160	100—130	120—140				
УОНИ-13/55	2	3	80—100	60—80	70—90	Постоянный	
		4	130—160	100—130	120—140		
		5	170—200	140—160	150—170		
		6	210—240	180—210	—		
		<i>Сварка легированных сталей</i>					
		3	80—100	70—80	70—80		Постоянный
4	130—160	90—120	100—140				
ЦЛ-14	3	4	160—180	120—160	120—160	Постоянный, переменный	
		5	200—240	—	—		
		4	130—160	120—140	120—130		
ЦЛ-18-63	4	4	130—160	120—140	120—130	Постоянный, переменный	
		5	180—210	—	—		
		<i>Сварка теплоустойчивых сталей</i>					
ЦЛ-26М-63	5	3	110—130	100—120	100—120	Постоянный	
		4	160—180	140—160	140—160		
<i>Сварка коррозионно-стойких сталей</i>							
ОЗЛ-14	6	3	50—70	40—60	40—60	Постоянный, переменный	
		4	120—140	80—120	90—120		
ЦЛ-11	7	3	70—90	60—80	60—80	Постоянный	
		4	110—130	80—110	80—110		
ЭИО-3	8	8	80—110	70—90	70—90	Постоянный	
		4	110—130	110—120	100—120		

плоскостные дефекты, когда их вертикальный размер составляет 8—10% толщины сварного шва.

На чувствительность магнитографического метода сильно влияют высота и форма усиления шва, а также состояние его поверхности. При снятом усилении шва максимальная чувствительность контроля к указанным дефектам достигает 5%. Округлые внутренние дефекты обнаруживаются, когда их размер по высоте не меньше 20% толщины изделия.

Для записи магнитных полей при магнитографическом контроле применяют *магнитную ленту*. Лента выкладывается на триацетатной или лавсановой основе с нанесением на нее мельчайших ферромагнитных частиц. В настоящее время серийно выпускаются ленты типа МК-1 (на триацетатной основе) и МК-2 (на лавсановой основе) шириной 35 мм. Лента МК-2 обладает более высокими физико-механическими свойствами, чем лента МК-1, и может применяться при температурах окружающего воздуха от +70 до -70°С, лента МК-1 при температурах ниже -30°С теряет эластичность.

Считывание результатов контроля с магнитной ленты производится *магнитографическими дефектоскопами*. Промышленностью выпускаются дефектоскопы, имеющие два вида индикации: импульсную и телевизионную. При импульсной индикации на экране электронно-лучевой трубки возникают импульсы, амплитуда которых характеризует величину дефекта в вертикальном направлении, а при видеоиндикации магнитный потенциальный рельеф полей рассеяния от дефектов переносится на экран ЭЛТ в виде телевизионного изображения магнитограммы отдельных участков шва.

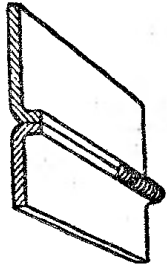
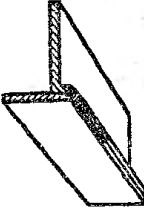
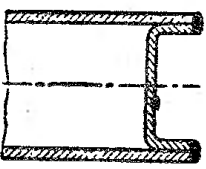
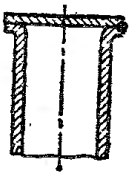
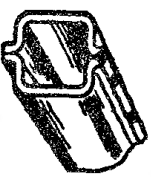
Известны дефектоскопы типа МД-9 с импульсной индикацией и МД-11 с видимым изображением. Наиболее совершенные дефектоскопы МДУ-2У, МД-10ИМ и МК-1 имеют двойную индикацию.

1	2	3	4	5	6
<i>Сварка низкоуглеродистых сталей</i>					
ОММ-5	2	60—70	50—60	60—70	Постоянный
	3	100—130	80—110	90—120	
	4	160—190	130—150	140—160	
	5	200—220	150—170	—	
	6	260—320	—	—	
ОМА-2	2	25—45	20—45	20—45	Постоянный, переменный
	3	50—80	40—80	50—80	
	4	130—160	100—130	120—140	
	5	170—200	140—160	150—170	Постоянный
	4	160—220	140—180	140—180	
	5	200—250	160—200	—	
УОНИ-13/45	2	45—65	30—40	30—45	Постоянный
	3	80—100	60—80	70—90	
	4	130—160	100—130	120—140	
	5	170—200	140—160	150—170	
	4	160—220	140—180	140—180	
СМ-11	4	160—220	140—180	140—180	Постоянный, переменный
	5	200—250	160—200	—	

Табл. 2. Сварка вольфрамовыми электродами стержневых электродов

Материал	Толщина листов, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход аргона, дм³/мин
Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т	1	2	1,2	40—70	10—15	3—4
	2	2	1,6	80—130	11—14	5—6
	3	4	2	120—160	12—15	6—7
Алюминий	2	2	2	80—100	11—13	5—6
	3	3	3	120—140	12—15	7—8
Титан	2	2	2	90—100	11—12	8—10
	3	3	3	120—140	11—13	10—12
Мель	2	2	2	100—120	10—14	10—12
	3	3	3	200—220	11—15	12—14

Табл. 3. Сварка тонколистовых конструкций (без присадочных материалов с обязательным оплавлением кромок)

Вид соединения	Эскизы	Примерные области применения и технологии выполнения
1		3
Сварка листов встык с отбортовкой кромок		Сварка конструкций из металла толщиной до 2 мм применяется при сварке коробов различных сечений прямоугоньных коробов, баков и другого оборудования
Сварка угловых швов с отбортовкой одного листа		Применяется для различных сосудов и бочек со штампованными днищами из металла толщиной до 2 мм
Сварка отбортованного днища с цилиндрической обечайкой		Применяется для различных емкостей, когда отбортовка днища невозможна
Сварка днища к отбортованному корпусу		Применяется для различных конструкций ребристых конструкиий или штамповкой


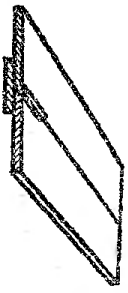


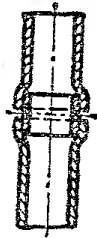
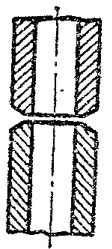
1	2	3
Сварка стыковых труб		Применяется для стыков труб, когда требуется сохранить точный внутренний диаметр трубы и для соединения труб из вязкого металла до 3 мм, позволяющего отбортовывать кромки
Сварка листов встык без отбортовки кромок на подкладке		Применяется в конструкциях, где допускаются ослабленные швы. Листы толщиной до 3 мм собираются встык без зазора на подкладке. После разделки кромок образуется сварное соединение тоньше основного металла

Табл. 4. Сварка трубопроводов

Вид соединения	Эскизы	Области применения и технологии
1	2	3
Стыковое без разделки кромок		Сварка тонкостенных труб с толщиной стенки до 3 мм, стык собирается с зазором от 0 до 1,5 мм; заваривается с применением присадочного металла
Стыковое без скоса кромок и с вставным кольцом		Сварка тонкостенных труб с толщиной стенки до 3 мм, обеспечивается полный гарантiroванный провар всего сечения
Стыковое без скоса кромок с отбортовкой и вставным кольцом		Сварка тонкостенных труб с гарантированным проваром сечения, когда уменьшение внутреннего диаметра недопустимо
Стыковое с нормальной разделкой кромок		Сварка стыков труб с толщиной стенки более 3 мм; наиболее распространенный вид соединения

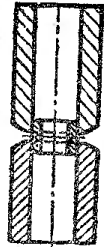
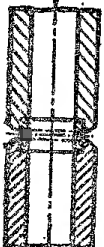

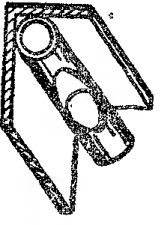
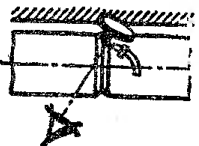
1	2	3
Стыковое с разделкой кромок и вставным кольцом		Применяется в тех случаях, когда требуется особенно типичный провар всего сечения и допускается местное сужение сечения трубопровода
Стыковое с внутренней расточкой для установки опорного кольца		Применяется при необходимости соблюдения точных внутренних размеров
Стыковое с заточкой для точной центровки		Применяется для толстостенных труб, когда требуется точная центровка, а прочность сварного соединения может быть ниже прочности металла трубы
Сварной операционный стык		Применяется в монтажных условиях, когда трубопровод проходит в местах, где сварка его обычными способами невозможна
Сварной монтажный стык, выполненный помощи зеркала		Применяется в монтажных условиях, когда горелкой можно подойти со всех сторон свариваемого стыка, а прямое наблюдение за стыком невозможно

Табл. 5. Горелки для газопоршковой наплавки

Тип	Способ наплавки	Вид наплавляемого порошка	Расход порошка, кг/ч	Расход ацетилена, л/ч
Малой мощности ГН-1	Ручной, с подачей порошка через пламя с последующим оплавлением	Хром-бор-никелевые сплавы	До 0,9	140—300
Средней мощности ГН-2	То же	То же	До 2,0	350—600
Большой мощности ГН-3	Ручной, с подачей порошка через пламя с последующим оплавлением	То же	Не менее 5,0	150—1750
ГН4	Механизированный с внешней подачей порошка без последующего оплавления	Никель-алюминиевые порошки с экзотермическими свойствами	До 3,6	800—1100

Табл. 6. Комплектность (в штуках) универсальных горелок наконечниками при работе с газами-заменителями

Номер наконечника универсальной горелки ГЗ и Г3	Метан или природный газ		Пропан или пропан-бутан		Городской газ			
	инжектор	mundштук и смесительная камера	инжектор	mundштук	смесительная камера	инжектор	mundштук	смесительная камера
1	2	3	3	4	4	3	3	3
2	4	5	4	5	5	4	5	5
3	5	6	5	6	5-6	5	6	6
4	6	7	6	7	7	6	7	7
5	7	7	7	7	7	7	7	7

Табл. 7. Специализированные горелки для нагрева, поверхностью очистки и пайки

Тип	Технические данные		Конструктивные особенности	Области применения
	Рабочие газы	Давление горючего газа, МПа		
ГВП-5	Пропан-бутан Природный газ Воздух	Не менее 0,001 Не менее 0,001 Не более 0,5	Горелка инжекторного типа с принудительной подачей воздуха под давлением до 0,5(5) МПа (кгс/см ²) от компрессора или магисралли. Наконечники с цилиндрическим стабилизатором горения пламени. Температура пламени до 1600°C	Ручная пайка стальных деталей с толщиной стенки до 2 мм высокотемпературными припоями (с температурой плавления до 600°C) Ручная пайка деталей толщиной до 20 мм низко-температурными припоями (с температурой плавления до 400°C) Механизированная очистка одиночных деталей. Нагрев пластмассовых труб и изделий др.
ГВ-1	Пропан-бутан	Не менее 0,1—0,15	Горелка — инжекторного типа с подсосом воздуха из атмосферы Корпус — однорезьбовый для регулировки подачи пропан-бутана Наконечники с цилиндрическим стабилизатором горения пламени	Нагрев до 300°C изделий из черных и цветных металлов, а также металлических материалов Нагрев элементов стальных соединений при сварке
ГАО-2	Ацетилен Кислород	Не менее 0,01 0,4	Горелка — инжекторного типа Своя горелка ГЗ-03 Наконечник с литейным многослойным mundштуксом шириной 100 мм	Нагрев трубопроводов, тобинов и других элементов при покрытии их битумом Нагрев рубероида при приклейке к бетонной поверхности для гидроизоляции строительных элементов Нагрев пластмассовых изделий при гнутье. Нагрев литейных форм при сушке Очистка ржавчины, окислы и старой краски с поверхности металлоконструкций

Табл. 8. Правила обращения с горелками

Этапы выполнения работ	Порядок операций
При подготовке к работе	<p>Проверить герметичность резьбовых соединений и при необходимости подтянуть накидные гайки наконечника и шлангов рукавов</p> <p>Проверить герметичность салыников вентиля и при необходимости подтянуть салыниковую гайку</p> <p>Проверить наличие разрежения (подсоса) во входном ацетиленовом шланге при пуске кислорода.</p> <p>При слабом разрежении следует проверить зазор между конном инжектора и входом в смешительной камере и при необходимости вывернуть инжектор на 1/2—1 оборот из смесигальной камеры. Если разрежение отсутствует (подсоса нет), следует проверить, не засорено ли отверстие инжектора или мундштука</p>
При выполнении работ	<p>Установить необходимое давление на редукторах</p> <p>Открыть кислородный вентиль для создания разрежения в канале горючего газа</p> <p>Открыть вентиль горючего газа и поджечь горючую смесь, истекающую из мундштука</p> <p>Регулировать мощность и состав пламени при помощи вентиля с установкой окислительного, нормального или восстановительного пламени в зависимости от рода свариваемого металла.</p> <p>При хлопках следует перекрыть ацетиленовый, а затем кислородный вентиль. В случае сильного нагрева мундштука пламя необходимо потаскать и охладить горелку в воде</p>
При прекращении работы	<p>Перекрыть вентили; сначала вентиль горючего газа, а затем кислородный вентиль во избежание хлопка и вывернуть нажимные регулировочные винты на редукторах</p> <p>Проверить состояние мундштуков, очистить наружную поверхность от брызг расплавленного металла протиркой о свинец или твердый кусок дерева</p> <p>Проверить внутренний канал мундштука шестигранной иглой из латуни или другого металла мягче меди. Полезно иметь набор игл соответствующего диаметра для проверки и прочистки выходных каналов мундштуков горелки и следить за диаметром канала. При чрезмерной разработке и обгорании мундштука его следует заменить.</p>

Табл. 9. Применение универсальных сварочных горелок

Тип горелки	Назначение	Горючий газ	Давление газа, МПа
Малой мощности Г2-04	Сварка стали, чугуна и цветных металлов Пайка, нагрев металла толщиной до 4 мм	Ацетилен Кислород	0,001—0,1 0,15—0,25
Средней мощности Г3-03	Сварка стали, чугуна и цветных металлов Пайка, нагрев металла толщиной до 30 мм	Ацетилен Кислород	0,001—1 0,15—0,35
ГЗУ-3-02	Сварка деталей из низкоуглеродистой стали толщиной до 6 мм (когда изделия не подлежат сдаче представителю Госгортехнадзора).	Пропан-бутан Природный газ Кислород	Не менее 0,001 0,15 0,2—0,3
ГЗУ-4	Сварка чугуна. Наплавка литых твердых сплавов Нагрев и пайка	Пропан-бутан Природный газ Кислород	0,02 0,15 0,2—0,4