

По стенам и колоннам трубопровод прокладывают на высоте не менее 2,5 м от пола. Для стока конденсата трубопроводу придают уклон 0,002 в сторону влагосборника. Отводы от главной трубы к постовым затворам делают из труб с внутренним диаметром 13 мм ($1/2$ дюйма).

Трубопроводы для кислорода под давлением 1,5 МПа (15 кгс/см²) изготавливают из стальных газовых шовных (усиленных), бесшовных или электросварных труб. При давлении от 1,5 до 6,4 МПа (15–64 кгс/см²) применяют только стальные бесшовные трубы. При давлении более 6,4 МПа (64 кгс/см²) применяют медные или латунные цельнотянутые трубы, так как при высоком давлении может произойти загорание стальной трубы в кислороде от искры при трении частиц окалины о стенки трубы, случайного попадания и самовоспламенения масла, загорания прокладок и других явлений, связанных с местным выделением тепла.

Кислородопроводы окрашивают в голубой цвет. При прокладке кислородопровода в земле применяют стальные бесшовные трубы независимо от давления газа.

При совместной прокладке кислородопровод располагают ниже ацетиленопровода, с расстоянием между ними не менее 250 мм и высотой от уровня пола не менее 2,5 м.

3.7. Горелки для газовой сварки

Горелка — устройство, предназначенное для получения устойчиво горящего пламени необходимой тепловой мощности, размеров и формы. Конструкция горелок обеспечивает смешение горючих газов и кислорода в требуемых соотношениях и плавное регулирование мощности пламени и состава горючей смеси. Все существующие конструкции газопламенных горелок можно классифицировать следующим образом:

- по способу подачи горючего газа в смесительную камеру — инжекторные и безинжекторные;
- мощности пламени — микромощные (10–60 л/ч ацетилена), малой мощности (25–400 л/ч ацетилена), средней мощности (50–2800 л/ч ацетилена) и большой мощности (2800–7000 л/ч ацетилена);
- назначению — универсальные (сварка, резка, пайка, наплавка, подогрев) и специализированные (только сварка или только подогрев);

- числу рабочего пламени — одно- и многопламенные;
- способу применения — для ручных способов газопламенной обработки и для механизированных процессов.

Для сварки чаще всего применяют однопламенные инжекторные горелки, работающие на смеси ацетилена с кислородом. Кислород в инжекторной горелке через ниппель 2 (рис. 3.18) проходит под давлением 0,1—0,4 МПа (1—4 кгс/см²) и с большой скоростью выходит из центрального канала инжектора 13. При этом струя кислорода создает разрежение на выходе ацетиленовых каналов, за счет которого ацетилен инжектируется (подсасывается) в смесительную камеру 16, откуда образовавшаяся горючая смесь направляется в мундштук 1 и на выходе сгорает. Инжекторные горелки (например, типа Г-4) нормально работают при давлении поступающего ацетилена 0,001 МПа (0,01 кгс/см²) и выше.

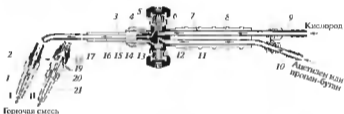


Рис. 3.18. Схема инжекторной горелки

1 — мундштук ацетиленокислородной горелки, 2 — ниппель наконечника; 3 — сменный наконечник для ацетиленокислородной горелки; 4 — зазор между стенками смесительной камеры и корпусом; 5 — регулирующий кислородный вентиль; 6 — корпус; 7 — кислородная трубка; 8 — рукоятка; 9, 10, 19 — штуцеры; 11 — трубка горячего газа; 12 — регулирующий вентиль горючего газа; 13 — инжектор; 14 — канал малого сечения; 15 — канал смесительной камеры; 16 — смесительная камера; 17 — трубка подогревателя; 18 — подогреватель; 20, 21 — боковые отверстия в штуцере; I — сменный наконечник для ацетиленокислородной горелки, II — то же для пропан-бутан-кислородной горелки

Повышение давления горючего газа перед горелкой облегчает работу инжектора и улучшает регулировку пламени, хотя при этих условиях приходится прикрывать вентиль горючего газа на горелке, что может привести к возникновению хлопков и обратных ударов пламени. Поэтому при использовании инжекторных горелок рекомендуется поддерживать перед ними давление ацетилена (при работе от баллона) в пределах 0,02—0,05 МПа (0,2—0,5 кгс/см²). Преимущество инжек-

торных горелок — возможность устойчивой работы даже при малом давлении горючего газа.

Горелки снабжают набором сменных наконечников различных номеров, различающихся расходом газов и предназначенных для сварки металла различной толщины. Номер наконечника выбирают в соответствии с толщиной свариваемого металла и требуемым расходом ацетилена в дециметрах кубических в час на 1 мм толщины.

Менее универсальны безынжекторные горелки (рис. 3.19), в которых горючий газ и кислород подаются под одинаковым давлением $0,05-0,10$ МПа ($0,5-1$ кгс/см²), что обеспечивает постоянный состав смеси в течение всего времени работы горелки (например, типа ГАР). Для точного регулирования давления газов вентили этих горелок снабжены игольчатыми шпинделями. Безынжекторные горелки не могут работать на горючем газе низкого давления. Однако они обеспечивают постоянный состав горючей смеси во время работы и просты по конструкции.



Рис. 3.19. Схема безынжекторной горелки:

1 — мундштук; 2 — трубка наконечника; 3 — вентиль кислорода;
4 — вентиль ацетилена; 5 — игла ацетилена; 6 — игла кислорода

Горелки для горючих — заменителей ацетилена можно подразделить на следующие группы:

- горелки с подогревом горючей смеси до ее выхода из мундштука;
- обычные горелки для ацетиленокислородной сварки, укомплектованные инжекторами, смешительными камерами и мундштуками с расширенными проходными сечениями;
- камерно-вихревые горелки;
- горелки, работающие на жидком горючем.

Камерно-вихревые горелки используются для газопламенной обработки — нагрева, пайки, сварки пластмасс, т.е. где не требуется высокой температуры ацетиленокислородного пламени.

Горелки, работающие на жидком горючем, рекомендуются для подогрева, сварки, правки, наплавки и пайки черных и цветных металлов. Поэтому подробно в данном учебнике их конструкцию рассматривать не будем.

Горелки для пропанобутановой смеси и для других газов — заменителей ацетилена — отличаются от ацетиленовых горелок тем, что они снабжены устройством для подогрева смеси горячего газа с кислородом до выхода ее из канала мундштука (рис. 3.20) (например, типа ГЗУ-3-02). Подогреватель 3 ввинчивается между трубкой 5 горючей смеси и мундштуком 1 горелки, через его отверстие 4 (сопла) часть горючей смеси выходит наружу еще до мундштука. При работе горелки пламя 6 от сгорания этой части смеси обволакивает мундштук 1 и подогревает до температуры 300—350 °С проходящую через него основную часть смеси. В результате скорость сгорания газа и температура сварочного пламени повышаются. Это увеличивает эффективную мощность пламени и производительность процесса обработки металла. Каждая горелка укомплектована набором наконечников, позволяющих задавать необходимый расход газа и регулировать мощность пламени.

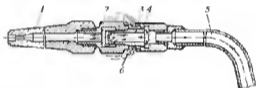


Рис. 3.20. Наконечник с подогревателем для сварки на пропан-бутане:

1 — мундштук; 2 — подогревающая камера; 3 — подогреватель; 4 — сопла подогревателя; 5 — трубка горючей смеси, 6 — подогревающее пламя

Исправная, правильно собранная и отрегулированная горелка должна давать нормальное устойчивое сварочное пламя. Если горение неровное, пламя отрывается от мундштука, гаснет или дает обратные удары и хлопки, следует тщательно отрегулировать вентилями подачу кислорода и ацетилена. Если после регулировки неполадки не устраняются, то причиной их являются неисправности в самой горелке: неплотности в соединениях, повреждение выходного канала мундштука или инжектора, неправильная установка деталей горелки при сборке, засорение каналов, износ деталей и т.д.

Перед началом работы проверяют исправность горелки. Для проверки инжектора на кислородный ниппель надевают шланг, а в корпус горелки вставляют наконечник, накидную гайку которого плавно затягивают ключом.

Установив давление кислорода в соответствии с номером наконечника, пускают в горелку кислород, открывая кислородный вентиль. В ацетиленовом ниппеле горелки должно образоваться разрежение, которое легко обнаружить, приложив к отверстию ниппеля палец, который должен присасываться. Если подсос есть, горелка исправна.

При отсутствии подсоса следует проверить:

- достаточно ли плотно прижимается инжектор к седлу корпуса горелки. При обнаружении неплотности следует сместить инжектор до упора его в седло при вставленном в ствол наконечнике;
- не засорены ли каналы мундштука, смесительной камеры и ацетиленовой трубки. При засорении необходимо прочистить каналы тонкой медной проволокой и продуть.

После проверки горелки следует присоединить оба шланга, закрепить их на ниппелях хомутиками и зажечь горючую смесь.

Если при зажигании смеси горелка дает хлопок или при полном открытии ацетиленового вентиля в пламени не появляется избытка ацетилена (черная копоть), необходимо проверить, хорошо ли затянута накидная гайка наконечника, достаточно ли давление кислорода и нет ли препятствий поступлению ацетилена в горелку (вода в шланге, перегиб шланга, придавливание шланга деталями, перекручивание шланга и т.д.).

При прекращении работы горелки, а также при частых хлопках или обратных ударах необходимо закрыть сначала ацетиленовый вентиль, затем — кислородный.

Иногда частые хлопки и обратные удары вызываются перегревом мундштука после продолжительной работы. В этом случае необходимо погасить пламя горелки в упомянутом порядке и охладить мундштук горелки в подручном сосуде с водой.

Инжекторная горелка нормально и безотказно работает, если соотношение диаметров каналов инжектора, смесительной камеры и мундштука выбраны правильно.

Если мундштук обгорел, с забойками и отверстие его сильно разработано, следует конец мундштука аккуратно опилить мелким напильником, слегка зачеканить или осадить ударами молотка, а затем прокалить сверлом соответствующего диаметра. Поверхность мундштука необходимо заполировать.

Пропуск газа через сальники вентиля горелки устраняется заменой набивки сальников или подтягиванием гаек сальников.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются ацетиленовые генераторы?
2. Какие системы регулирования процесса получения ацетилена применяются в генераторах?
3. Из каких основных частей состоит ацетиленовый генератор АСП-10?
4. Как осуществляется регулирование процесса получения ацетилена в генераторе АСП-10?
5. Как работает предохранительный затвор ЗСГ-1,25-4?
6. Какие затворы применяются для газов — заменителей ацетилена?
7. Как готовится ацетиленовый генератор к работе?
8. Каков порядок работы с генератором АСП-10?
9. Как работает сухой предохранительный затвор ЗСН-1,25?
10. На какие емкости и давления изготавливаются баллоны для хранения и перевозки сжатых газов?
11. В какие цвета окрашиваются баллоны?
12. Что необходимо знать о подготовке баллонов к работе?
13. Почему замерзают вентили и что необходимо применять для их разморозки?
14. Особенности конструкции и принцип работы кислородных вентиля.
15. Чем отличаются кислородные вентили от ацетиленовых?
16. В чем заключаются правила хранения баллонов на сварочном посту?
17. За счет чего сохраняется ацетилен в баллонах?
18. Чем отличается баллон для пропан-бутана от ацетиленового?
19. Каково назначение редукторов и принципы работы постового однокамерного редуктора?
20. Чем отличается двухкамерный редуктор от однокамерного?
21. Как расшифровываются марки редукторов?
22. Какие требования предъявляются к редукторам по климатическим условиям?
23. В какие цвета окрашивают редукторы и почему?
24. В чем состоят основные правила обращения с редукторами?
25. Что представляет собой рампа кислородных баллонов?
26. Чем отличаются рамы ацетиленовых баллонов от кислородных?

27. Из каких материалов изготавливаются рукава и шланги для горючих газов и кислорода?
28. Что вы знаете о кислородных и ацетиленовых трубопроводах?
29. Каково назначение сварочной горелки?
30. Чем различаются инжекторные и безынжекторные горелки?
31. Каково назначение инжектора?
32. Что происходит с пламенем горелки при чрезмерном увеличении скорости истечения горючей смеси?
33. Почему происходят хлопки и обратные удары?
34. Какие существуют типы горелок?
35. В чем состоят основные принципы наладки горелок в случае их неисправности?

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

4.1. Области применения газовой сварки

Газовая сварка относится к группе способов сварки плавлением. Существенное технологическое отличие газовой сварки от дуговой сварки — более плавный и медленный нагрев металла. Это основное отличие сварочного газового пламени от сварочной дуги является в одних случаях недостатком, в других — преимуществом газового пламени и определяет следующие основные области его применения для сварки: сталей малых толщин (0,2—5,0 мм); цветных металлов; чугуна; специальных сталей, инструментальных сталей и для выполнения наплавочных работ.

Благодаря универсальности, сравнительной простоте и портативности необходимого оборудования газовая сварка весьма целесообразна для многих видов ремонтных работ. Сравнительно медленный нагрев металла газовым пламенем быстро снижает производительность газовой сварки с увеличением толщины металла, и при толщине более 8 мм газовая сварка обычно экономически невыгодна. При замедленном нагреве разогревается большой объем основного металла, прилегающего к сварочной ванне, что, в свою очередь, вызывает коробление свариваемых изделий. Это важное обстоятельство делает газовую сварку технически нецелесообразной для таких объектов, как строительные металлоконструкции, мосты, вагоны, станины крупных машин и т.п. Замедленный нагрев также вызывает длительное пребывание металла в зоне высоких температур, что влечет за собой перегрев, укрупнение зерна и некоторое снижение механических свойств металлов.

4.2. Сварочное пламя, его строение и характеристики

Реакция горения — это реакция соединения горючего вещества с кислородом. Горение горючего газа начинается с воспламенения

газа при определенной температуре, зависящей от условий, в которых протекает процесс горения. После начала горения дальнейший нагрев газа от внешнего источника не нужен, если выделяемой при горении теплоты достаточно для поддержания горения новых порций горючей смеси и компенсации потерь теплоты в окружающую среду.

В зависимости от хода реакции сгорания ацетилена сварочное ацетиленокислородное пламя имеет определенную форму (рис. 4.1). Пламя можно разделить на три зоны: ядро 1, средняя зона 2 и факел 3.

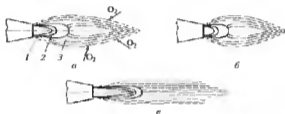


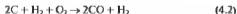
Рис. 4.1. Строение сварочного пламени: *а* — пламя нормальное, *б* — пламя с избытком кислорода, *в* — пламя с избытком ацетилена; 1 — ядро; 2 — средняя зона, 3 — факел

Во внутренней части ядра 1 пламени происходит постепенный подогрев до температуры воспламенения газовой смеси, поступающей из мушкетера. В ядре пламени происходит термическое разложение ацетилена, которое ускоряется за счет присутствия в ядре кислорода, подаваемого в горелку. Ацетилен в ядре пламени разлагается по реакции



Образующийся углерод представляет собой мельчайшие твердые частицы, окружающие тонким раскаленным слоем ядро пламени, вызывая его свечение. Оболочка ядра является самой яркой частью сварочного пламени с температурой около 1500 °С. По внешнему виду ядра визуально определяют состав газовой смеси и исправность сварочной горелки.

В средней зоне 2 пламени протекает неполное окисление углерода кислородом, находящимся в смеси, по реакции



Теплота, выделяющаяся при этой реакции, способствует подогреву смеси и ускорению протекающих в ней окислительных процессов.

Как видно из рис. 4.2, средняя зона 2 характеризуется максимальной температурой. В факеле 3 пламени происходит догорание оксида углерода и водорода при взаимодействии их с кислородом, поступающим из воздуха:

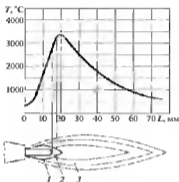
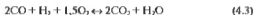


Рис. 4.2. Распределение температуры T по оси ацетиленокислородного пламени: 1 — ядро; 2 — средняя зона; 3 — факел

При этом выделяется большое количество теплоты. Однако из-за большого объема зоны факела 3 температура в ней ниже, чем в средней зоне 2.

Для образования нормального пламени (см. рис. 4.1, а) и полного сгорания ацетилена необходимо на каждый его объем подводить в горелку такой же объем кислорода, т.е. отношение $V_1/V_2 = \beta = 1$.

Нормальное пламя получают при $\beta = 1,1 \dots 1,3$. При увеличении этого отношения ($\beta > 1,3$) пламя имеет окислительный характер (окислительное пламя), так как оно содержит избыточный кислород, окисляющий металл. В этом случае ядро пламени укорачивается, становится заостренным, с менее резкими очертаниями (см. рис. 4.1, б), бледнеет и приобретает синеватую окраску.

При уменьшении количества поступающего кислорода (избыток ацетилена) получается науглероживающее пламя (см. рис. 4.1, в). Объем средней зоны при этом увеличивается, ядро становится расплывчатым, и за ним появляется «ацетиленовое перо» зеленоватого цвета. При значительном избытке ацетилена частицы углерода появляются

и в наружной зоне, пламя становится коптящим, удлиняется и приобретает красноватую окраску.

На рисунке 4.3 представлена зависимость максимальной температуры пламени от состава газовой смеси (содержания в ней кислорода). Навысшая температура пламени и наивысшая производительность сварки наблюдаются при некотором избытке кислорода в смеси по сравнению с нормальным пламенем. Максимальную температуру для достаточно чистого кислорода и ацетилена можно принять равной 3100–3200 °С.

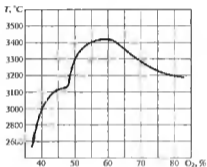


Рис. 4.3. Зависимость максимальной температуры $T_{\text{пламени}}$ от состава газовой смеси

Свободный углерод, образующийся в ацетиленовом пламени, может поглощаться расплавленным металлом, поэтому такое пламя и называется науглероживающим. Оно имеет более низкую температуру по сравнению с температурой нормального или окислительного пламени.

Строение пламени газов — заменителей ацетилена, в состав которых входят углеводороды, существенно не отличается от строения ацетиленокислородного пламени, но имеет менее четко выраженное светящееся ядро, что затрудняет регулирование состава пламени по внешнему виду.

Температура пламени — один из важнейших параметров, определяющих его тепловые свойства. Чем выше температура, тем эффективнее нагрев и плавление металла.

Неоднородность состава пламени вдоль его оси и в поперечном сечении вызывает различие в температуре отдельных его зон. У большинства углеводородных газов наивысшая температура пламени со-

средоточена в непосредственной близости к ядру — в средней зоне пламени. Так как средняя зона, имея в своем составе оксид углерода и водород, обладает к тому же и восстановительными свойствами, то сварку, естественно, осуществляют именно этой зоной, располагая горелку так, чтобы ядро пламени отстояло от поверхности металла на расстоянии 2—3 мм.

Существенное влияние на температуру пламени оказывает соотношение смеси горючего газа с кислородом. С увеличением β_0 максимум температуры возрастает и смещается влево, в сторону мундштука горелки, что объясняется увеличением скорости процесса горения смеси при избыточном содержании в ней кислорода.

Эффективная тепловая мощность пламени есть количество теплоты, вводимой пламенем в металл за единицу времени, и зависит в основном от расхода горючего газа, с увеличением которого она возрастает.

Основным параметром, определяющим производительность процесса проплавления, является расход горючего газа.

4.3. Типы сварных соединений и швов при газовой сварке

При газовой сварке применяют стыковые, нахлесточные, тавровые, угловые и торцовые соединения (рис. 4.4).

Стыковые соединения (см. рис. 4.4, а — г) являются самыми распространенными вследствие наименьших остаточных напряжений и деформаций при сварке, наибольшей прочности при статических и динамических нагрузках, а также доступности для проведения контроля. На формирование стыкового соединения расходуется меньшее количество основного и присадочного металлов. Этот вид соединений может быть выполнен с отбортовкой, без скоса кромок, со скосом одной или двух кромок (V-образный) или двумя скосами двух кромок (X-образный).

Кромки приуплюют для предотвращения протекания металла при сварке с обратной стороны шва. Зазор между кромками облегчает провар корня шва. Для получения соединений высокого качества необходимо обеспечить одинаковую ширину зазора по всей длине шва, т.е. параллельность кромок.

Детали небольшой толщины могут быть сварены встык без разделки кромок, средней толщины — встык с односторонним скосом кромок,

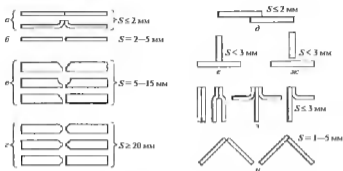


Рис. 4.4. Типы сварных соединений.

а — стыковые без разделки кромок и без зазора, *б* — стыковые без разделки кромок и с зазором, *в* и *г* — стыковые с односторонним и двухсторонним скосом кромок, *д* — нахлесточное, *е* — тавровое без зазора, *ж* — тавровое с зазором, *з* — фланцевые, *и* — угловые, *S* — толщина свариваемого материала

большой толщины — встык с двухсторонним скосом кромок. Двухсторонний скос имеет преимущества перед односторонним, так как в этом случае при одной и той же толщине свариваемого металла объем наплавленного металла почти в 2 раза меньше, чем при одностороннем скосе кромок. При этом сварка с двухсторонним скосом характеризуется меньшими короблениями и остаточными напряжениями.

Нахлесточные соединения (см. рис. 4.4, *д*) применяют при газовой сварке металлов малых толщин (до 3 мм), косынок, накладок, трубопроводных муфт. При сварке металлов больших толщин этот вид соединений не рекомендуется применять, так как он вызывает коробление изделий и может привести к образованию в них трещин.

Нахлесточные соединения не требуют специальной обработки кромок (кроме обрезки). В таких соединениях по возможности рекомендуется сваривать листы с *обеих* сторон. Сборка изделия и подготовка листов при сварке *в*нахлестку упрощаются, однако расход основного и присадочного металлов больше, чем при сварке *в*стык. Соединения *в*нахлестку менее прочны при переменных и ударных нагрузках, чем стыковые.

Тавровые соединения (см. рис. 4.4, *е, ж*) находят ограниченное применение, так как при их выполнении необходим интенсивный нагрев металла. Кроме того, этот вид соединений вызывает коробление изде-

лий. Тавровые соединения применяют при сварке изделий небольшой толщины, выполняют без скоса кромок и сваривают угловыми швами.

Торцовые соединения (см. рис. 4.4, з) применяют для соединения деталей малой толщины, при изготовлении и соединении трубопроводов.

Угловые соединения (см. рис. 4.4, и) используют при сварке емкостей, фланцев, трубопроводов, неответственного назначения. При сварке металлов небольшой толщины можно применять угловые соединения с отбортовкой и не использовать присадочный металл.

В зависимости от типов сварных соединений различают *стыковые* и *угловые* сварные швы. По расположению в пространстве в процессе сварки швы подразделяют на *нижние*, *вертикальные*, *горизонтальные*, *потолочные* (рис. 4.5). Наилучшие условия для формирования сварного шва и образования соединения создаются при сварке в нижнем положении, поэтому сварку в других положениях в пространстве следует применять лишь в исключительных случаях.

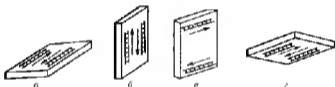


Рис. 4.5. Типы сварных швов в зависимости от положения в пространстве: а — нижний, б — вертикальный, в — горизонтальный, г — потолочный

По расположению относительно действующего усилия швы подразделяются на *фланговые*, расположенные параллельно направлению действия усилия, *лобовые*, расположенные перпендикулярно направлению действия усилия, *комбинированные* и *косые* (рис. 4.6).

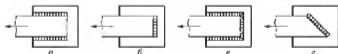


Рис. 4.6. Типы сварных швов в зависимости от действующего усилия: а — фланговой, б — лобовой, в — комбинированный, г — косой

По профилю поперечного сечения и степени выпуклости швы бывают *нормальными*, *выпуклыми* и *вогнутыми* (рис. 4.7). В обычных условиях применяют выпуклые и нормальные швы, вогнутые швы — преимущественно при прихватке.



Рис. 4.7. Форма сварных швов:
а — нормальный, б — выпуклый, в — вогнутый

По количеству наплавленных слоев швы делят на *однослойные* и *многослойные* (рис. 4.8), по протяженности — на *непрерывные* и *прерывистые* (рис. 4.9).

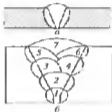


Рис. 4.8. Однослойный (а) и многослойный (б) швы (цифрами показана последовательность наложения слоев)

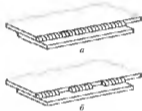


Рис. 4.9. Непрерывный (а) и прерывистый (б) сварные швы

4.4. Подготовка деталей под сварку

Кромки свариваемого изделия и зону шириной 20—30 мм на сторону, прилегающую к ним, необходимо очистить от окалины, ржавчины и других загрязнений. Кромки от окалины, краски и других загрязнений очищают механическим способом или химическим травлением. Последний способ применяют в основном для цветных металлов и сплавов.

Наличие загрязнений на поверхности основного металла может привести к образованию в шве непроваров, газовых и шлаковых включений. Кромки в условиях серийного производства разделяют механически (например, на фрезерном или строгальном станке), для единичных деталей — вручную (пневмозубилом, шарошкой или наждачным кругом).

При сварке деталей различной толщины встык деталь большей толщины обрабатывают до получения толщины S более тонкой детали (рис. 4.10). Этим обеспечивается их одновременное расплавление

при сварке. Постепенное утонение детали большей толщины может быть выполнено на ее длине L [$L \geq 5(S_1 - S)$]. Допускается применение стыковых швов без предварительного утонения детали большей толщины, если разность толщин соединяемых элементов не превышает 30% толщины тонкой детали (не более 5 мм).

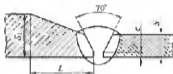


Рис. 4.10. Стыковое соединение с V-образным двусторонним скосом кромок при различной толщине деталей.

S_1 и S_2 — толщины деталей. L — протяженность скоса кромок детали большей толщины, α — величина притупления кромок.

Детали под сварку желательно собирать в специальных приспособлениях и прикладывать короткими швами для обеспечения правильного их взаимного расположения в процессе сварки. Прихватку выполняют при тех же режимах, что и основную сварку. Длина прихваток и расстояние между ними зависят от свойств и толщины свариваемого металла, а также от длины шва. При сварке небольших узлов из тонкого металла длина прихваток составляет не более 5 мм, а расстояние между ними 50—100 мм. При сварке металла значительной толщины и большой протяженности шва длина отдельных прихваток может достигать 20—30 мм, а расстояние между ними 300—500 мм. Высота (толщина) шва в месте прихватки должна составлять 0,5—0,7 толщины основного металла. Необходимо следить за полным проваром металла в местах наложения прихваток, так как при сварке они могут не расплавиться на всю толщину. Порядок наложения прихваток зависит от толщины основного металла и длины шва. Чтобы избежать коробления, соединения большой длины обычно прихватывают по определенной схеме (рис. 4.11).

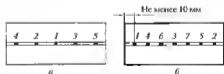


Рис. 4.11. Порядок наложения прихваток в продольном шве: а — от центра, б — от кромки. 1—7 — последовательность наложения

4.5. Режимы сварки

Режим сварки зависит от вида свариваемого металла, размеров и формы изделия.

Способ сварки определяется толщиной металла, положением шва в пространстве. В зависимости от направления движения горелки существует два способа газовой сварки — левый и правый. При *левом способе* (рис. 4.12, а), применяемом наиболее часто, пламя горелки направляют на еще не сваренные кромки металла, а присадочную проволоку перемещают впереди пламени. Для равномерного прогрева и перемещения сварочной ванны горелке и проволоке сообщают колебательные движения поперек шва исходя из того, чтобы при движении горелки в одну сторону проволока двигалась бы в противоположную сторону. Левый способ целесообразно применять при сварке металлов малых толщин (до 5 мм), а также металлов со сравнительно низкой температурой плавления. При левом способе обеспечивается лучшее формирование металла шва.

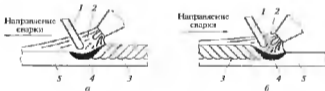


Рис. 4.12. Способы сварки:

а — левый, б — правый, 1 — присадочный пруток, 2 — газовое пламя; 3 — шов, 4 — сварочная ванна, 5 — свариваемый металл

При *правом способе* (рис. 4.12, б) сварки пламя направляют на уже сваренную часть шва, а проволоку перемещают вслед за пламенем по спирали, при этом конец ее не вынимают из ванны расплавленного металла. Горелку перемещают прямолинейно. Поперечные колебания сообщают горелке только при правом способе сварки деталей большой толщины. Применение правого способа сварки повышает производительность процесса при одновременном снижении удельного расхода газов за счет более полного использования теплоты пламени, а также уменьшает коробление металла из-за большей концентрации нагрева.

Присадочная проволока должна соответствовать основному металлу по механическим свойствам и химическому составу. Диаметр присадочной проволоки d зависит от выбранного способа сварки и толщины

основного металла S . Для правого способа сварки $d = S/2$; для левого способа сварки $d = S/2 + 1$.

Определяющим параметром газовой сварки является номер наконечника горелки, который обеспечивает необходимую мощность пламени. Мощность пламени в зависимости от толщины свариваемого металла и его теплофизических свойств определяется по формуле

$$M = CS, \quad (4.4)$$

где M — мощность пламени, Дж; C — удельный тепловой коэффициент расхода газа на 1 мм толщины металла, Дж/мм; S — толщина свариваемого металла, мм.

Удельный тепловой коэффициент расхода ацетилена на 1 мм толщины свариваемого металла определяется по табл. 4.1. Непосредственный номер наконечника выбирают из табл. 4.2, в которой представлены технические характеристики инжекторных горелок (ГОСТ 1077—79Е).

Дополнительными параметрами газовой сварки, влияющими на качество и геометрические параметры сварного шва, являются скорость сварки, вид пламени, угол наклона наконечника, расстояние от ядра пламени до дна сварочной ванны.

Скорость сварки следует по мере необходимости изменять, так как при неизменной скорости сварки можно перегреть или, что еще хуже, пережечь металл и получить прожог.

Вид пламени также влияет на режим сварки. При сварке нормальное пламя с течением времени стремится к окислительному из-за конструктивных особенностей горелок. Лишний кислород в пламени в конкретном случае может быть нежелателен, поэтому газосварщик по мере необходимости увеличивает подачу горючего газа, держа палец на ацетиленовом вентиле.

Угол наклона наконечника меняется в зависимости от нагрева металла. Он как бы является дополнительным фактором к мощности пламени, и по форме и размерам ванны (вогнутости или выпуклости) сварщик мгновенно принимает решение об изменении угла. Иногда для этого сварщик на мгновение отводит пламя от сварочной ванны.

Наклон мундштука горелки может меняться в процессе сварки. В начальный момент сварки для лучшего прогрева металла и быстрого образования сварочной ванны угол наклона устанавливают наибольшим (80—90°); во время сварки угол соответствует толщине и роду свариваемого металла (рис. 4.13).

Расстояние от кончика ядра пламени до дна сварочной ванны должно быть постоянным. Нельзя касаться концом ядра ванны расплавленного металла, так как при этом расплав будет насыщаться углеродом.

Таблица 4.1
Удельный коэффициент расхода ацетилен на 1 мм толщины свариваемого металла

Параметр	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Чугун	Медь	Латунь	Алюминий и его сплавы	Цинк	Бронза
Удельный расход на 1 мм толщины металла, л/ч	Ацетилен	75	100—120	150—200	100—130	75	15—20	70—150
	Кислород	110—140	90—110	165—220	135—175	80—85	20—25	80—165
Соотношение ацетилена и кислорода	1:1,1	1:1,1	1:0,9	1:1,1	1:1,3	1:1,1	1:1,1	1:1,1

Таблица 4.2

Технические характеристики инжекторных горелок

Параметр	Номер изделия									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина свариваемой стали, мм	0,2—0,5	0,5—1,0	1—2	2—4	4—7	7—11	11—17	17—30	30—50	Более 50
Расход ацетилена, л/ч	40—50	65—90	130—180	250—350	420—600	700—950	1130—1500	1800—2500	2500—4500	4500—7000
Расход кислорода, л/ч	44—55	70—100	140—200	270—380	450—650	750—1000	1200—1650	2000—2800	3000—5600	4700—9300
Давление ацетилена на входе в горелку, МПа	0,001—0,10									
Давление кислорода на входе в горелку, МПа	0,15—0,30									
				0,20—0,35			0,01—0,10			0,25—0,50

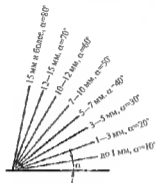


Рис. 4.13. Угол наклона мунштукса горелки в зависимости от толщины стали

Расстояние от кончика ядра пламени до дна сварочной ванны должно быть равно приблизительно длине ядра или быть немного меньше. Старочная проволока должна находиться в рабочей (восстановительной) зоне или в сварочной ванне на ее краю.

Во время сварки газосварщик совершает наконечником горелки одновременно два движения: поперечное и поступательное. Поперечное движение необходимо для равномерного прогрева кромок основного металла и присадочной проволоки. Поступательное движение необходимо для постепенного заполнения стыка и получения протяженного шва.

При сварке в нижнем положении правым способом без разделки кромок при толщине стали более 3 мм или при сварке стали относительно большей толщины левым способом (с разделкой кромок или без нее) наиболее распространенные движения горелки и конца присадочной проволоки показаны на рис. 4.14. В этом случае концом присадочной проволоки совершают движения, обратные движению сварочной горелки. При выполнении угловых швов для получения швов нормальной формы горелкой и присадочной проволокой производят движения, показанные на рис. 4.15. В этом случае сварщик быстро перемещает пламя и конец проволоки по середине шва и задерживает их по краям.

При сварке правым способом металла толщиной 5 мм гильма горелки углубляют в разделку шва (рис. 4.16) и перемещают вдоль шва без колебательных движений.

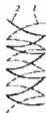


Рис. 4.14. Движение горелки и проволоки при сварке стали толщиной более 3 мм в нижнем положении: 1 — движение проволоки; 2 — движение горелки



Рис. 4.15. Движение горелки и проволоки при сварке угловых швов: 1 — движение проволоки; 2 — движение горелки; 3 — места задержки движения



Рис. 4.16. Движение горелки и проволоки при сварке правым способом с разделкой кромок

1 — движение проволоки, 2 — движение горелки



При сварке стали малой толщины без отбортовки кромок, когда сварка ведется с присадочной проволокой, получил распространение способ последовательного образования сварочных ванночек, сутью которого заключается в том, что сварщик, образовав сварочную ванночку (при малой толщине стали диаметр сварочной ванночки составляет 4—5 мм), вводит в нее конец присадочной проволоки и, расплавив небольшое количество присадочного металла, выводит конец из ванны в среднюю зону пламени, а горелкой (несколько приблизив ее к поверхности металла) делает резкое круговое движение, переходя ее в следующую позицию. При этом каждая последующая ванночка перекрывает предыдущую на $\frac{1}{3}$ ее диаметра (рис. 4.17). Сварка в этом

случае, естественно, ведется левым способом. Качественное выполнение сварки этим способом, обеспечивающим исключительно гладкую и ровную поверхность шва, требует соблюдения двух основных условий: 1) конец присадочной проволоки во избежание окисления не следует выводить за пределы средней зоны пламени; 2) ядро пламени при приближении его к сварочной ванне во избежание науглероживания металла шва не должно касаться ее поверхности. Способ последовательного образования сварочных ванночек, или, как его иногда называют, «старка каплями», позволяет получать весьма высокое качество сварного шва.



Рис. 4.17. Схема процесса сварки последовательным образованием ванночек.

Для уменьшения коробления и предупреждения трещинообразования листы при сварке укладывают с расширением зазора между кромками таким образом, чтобы в конце шва он составлял 2–4% его длины (не более 4–6 мм). По мере образования сварного шва зажимное приспособление (рис. 4.18, а) постепенно ослабляют, и зазор уменьшается до требуемой величины вследствие усадки металла уже выполненного участка шва. Величину зазора устанавливают либо прихватками, либо с помощью клина, вставляемого встык и передвигаемого вдоль кромок по мере выполнения шва. Если прихватки приводят к короблению изделий, то сварку выполняют в специальных зажимных приспособлениях с точной взаимной установкой кромок (рис. 4.18, б).

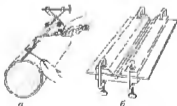


Рис. 4.18. Зажимные приспособления для сварки с переменным (а) и постоянным (б) зазором



Рис. 4.19. Обратноступенчатая сварка.

a — от кромки; *b* — от середины, 1—5 — последовательность сварки участка шва

Для снижения сварочных напряжений и уменьшения коробления можно использовать метод ступенчатой или обратноступенчатой сварки. При этом шов по длине разбивают на участки, свариваемые в определенном порядке (рис. 4.19). Каждый последующий участок перекрывает предыдущий на 10—20 мм в зависимости от толщины свариваемого металла. Деформацией каждого последующего свариваемого участка полностью или частично снимается деформация, полученная предыдущим участком. При обратноступенчатой сварке коробление уменьшается еще и потому, что уменьшается объем металла, сосредоточенного в одном месте и одновременно нагреваемого до пластичного состояния.

4.6. Особенности сварки швов в различных положениях

Формирование шва при газовой сварке в значительной степени зависит от давления газового пламени, движения конца присадочной проволоки, сил тяжести капли и поверхностного натяжения металла. При сварке вертикальных и потолочных швов давление газового потока пламени и движение присадочной проволоки способствуют удержанию жидкого металла в ванне. В этом случае на формирование шва влияют и два других фактора: сила тяжести капли, способствующая отрыву и стеканию капли из жидкой ванны, и сила поверхностного натяжения, направленная в обратную сторону и стремящаяся удержать каплю в ванне.

Выбор способа сварки (правого и левого) зависит от положения шва в пространстве. При сварке *вертикальных швов* снизу вверх целесообразнее использовать левый способ (рис. 4.20).

В отдельных случаях эти швы можно сваривать снизу вверх и правым способом, так называемым двойным валиком (рис. 4.21). При этом сварщик прожигает в металле сквозное отверстие и снизу заполняет его наплавкой на нижнюю кромку. В этом случае скоса кромок не делают.

Детали собирают с зазором, равным половине толщины свариваемого металла и устанавливают в вертикальное положение. Шов формируется сразу на всю толщину металла, причем с обеих сторон стыка одновременно образуется усиление шва. Металл шва в этом случае по плотности не уступает шву, сваренному в нижнем положении.

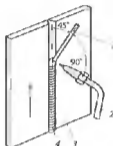


Рис. 4.20. Сварка вертикального шва снизу вверх (левый способ):
1 — присадочный пруток, 2 — горелка, 3 — детали; 4 — шов

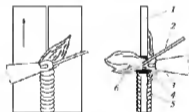


Рис. 4.21. Схема сварки сквозным втягом:
1 — стык, 2 — присадочный пруток, 3 — горелка;
4 — сварочная ванна, 5 — шов, 6 — газовое пламя

Горизонтальные швы легче выполнять правым способом, при котором газовый поток пламени направлен непосредственно на них и тем самым препятствует стеканию металла сварочной ванны. Сварочную ванну располагают под некоторым углом, облегчающим формирование шва (рис. 4.22).

Потолочные швы легче выполнять правым способом, так как при этом конец присадочного стержня и давление газового потока препятствуют стеканию металла. Получение таких швов левым спо-

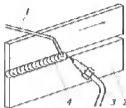


Рис. 4.22. Сварка горизонтального шва.
1 — присадочный пруток, 2 — детали, 3 — горелка, 4 — шов

собом, как правило, приводит к натекам металла и некачественному формированию валика. При потолочной сварке следует применять более «мягкое» пламя, не раздувающее металл.

4.7. Дефекты сварных швов

Причиной непровара может быть загрязненность поверхности кромок основного металла, малый зазор между свариваемыми листами, нерабочая разделка кромок, недостаточная мощность пламени или слишком большая скорость сварки. При соединении встык непровар обнаруживается в вершине угла разделки кромок как результат малого угла скоса, слишком большого притупления угла разделки или недостаточного зазора между свариваемыми листами.

Подрезы обнаруживаются по наличию канавок по краям шва. Причинами подрезов являются чрезмерно большие мощности пламени и скорость истечения горючей смеси; неравномерное расплавление присадочного металла; недостаточная задержка конца присадочного стержня по краям шва при поперечных колебаниях и т.п. Подрезы ослабляют сечение шва и поэтому опасны.

Пережог — дефект, связанный с высокотемпературным нагревом металла в присутствии кислорода. Пережог металла возникает в результате длительного воздействия пламени на ванну расплавленного металла при наличии в ванне или в присадочной проволоке повышенного содержания оксидов, при избытке кислорода в пламени или при нагреве металла окислительной зоной пламени.

Пережог металла (в особенности стали) легко обнаруживается по внешнему виду шва. При пережоге наблюдаются интенсивное кипение металла в сварочной ванне и вспучивание его при застывании,

в результате чего бороздки на поверхности сварного шва отличаются большой неровностью и приобретают весьма характерный вид губчатой массы. Пережог металла легко определяется путем металлографического исследования.

Пористость шва образуется в результате выделения газов при химических реакциях, протекающих в сварочной ванне, а также вследствие растворения в жидком металле некоторых содержащихся в пламени газов, в частности водорода. Однако при газовой сварке благодаря медленному застыванию металла сварочной ванны образующиеся газы в значительной мере успевают выйти на поверхность ванны. Поэтому для процесса газовой сварки пористость металла шва не является характерным дефектом.

Шлаковые включения могут возникать при загрязненной поверхности свариваемых кромок и присадочной проволоки, применении для сварки окислительного пламени, вихором перемешивании жидкого металла во время сварки, быстром застывании ванны вследствие недостаточного прогрета металла. Шлаковые включения ослабляют металл шва и являются серьезным дефектом сварки. Их определяют физическими методами неразрушающего контроля.

Трещины представляют собой наиболее опасный дефект сварного соединения. Они могут возникать как в самом шве, так и в основном металле, в зоне термического влияния (ЗТВ). Мерой борьбы с образованием трещин является равномерный нагрев свариваемого узла или детали и медленное охлаждение, а также выполнение сварки в свободном состоянии, без жестких закреплений свариваемых элементов или соответствующий подбор присадочного материала и флюсов.

4.8. Особенности газовой сварки углеродистых и низколегированных углеродистых сталей

Низкоуглеродистые стали можно сваривать любым способом газовой сварки. Пламя горелки при сварке стали должно быть нормальным, мощностью 100—130 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины металла при левой сварке и 120—150 дм³/ч — при прямой сварке.

При газовой сварке стали толщиной до 6 мм в качестве горючих газов применяют: ацетилен, пропанобутановую смесь или природный газ (ограниченное применение). Сварочная проволока выбирается в зависимости от марки стали (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Выбор марки присадочной проволоки и флюса для газовой сварки углеродистых и низколегированных углеродистых сталей

Марка свариваемой стали	Марка присадочной проволоки	Расход ацетилена на 1 мм толщины свариваемого металла, $дм^3/м$	Номер флюса
08, 10, 05кп, 08кп, 10кп	Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08Г2С	120—150 для правой сварки	Без флюса
С70 — С73кп, Вст2 — Вст4	Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-10ГА, Св-12ГС, Св-14ГС	100—130 для левой сварки	
25, 30, 35, 40	Св-08А, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-12ГС, Св-08Г2С	75—100 для левой сварки	1, 2, 3
20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА	Св-08, Св-08А, Св-18ГСА, Св-18ХМА	70—75 для левой сварки	Без флюса

Флюсы для газовой сварки сталей маркируются номерами. По номерам определяют компоненты флюсов, которые приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Составы флюсов, применяемые при газовой сварке сталей, в процентах по массе

Наименование компонента флюса	Номер флюса				
	1	2	3	4	5
Бура	100	—	—	—	—
Кальций углекислый	—	50	—	—	—
Натрий двууглекислый	—	50	—	—	—
Кислота борная	—	—	70	55	—
Натрий углекислый	—	—	30	—	—
Диоксид кремния	—	—	—	10	—
Ферромарганец	—	—	—	10	10
Феррохром	—	—	—	10	—
Ферротитан	—	—	—	5	10
Концентрат рутиловой	—	—	—	5	—
Шлак плавленый	—	—	—	5	—
Мрамор	—	—	—	—	28
Ферросилиций	—	—	—	—	6
Диоксид титана	—	—	—	—	20
Фосфор красный технический	—	—	—	—	26

При сварке пламенем большой мощности во избежание перегрева металла уменьшают угол наклона мундштука к основному металлу, а пламя преимущественно направляют на концы присадочной проволоки.

При сварке следует стремиться к одновременному расплавлению кромок свариваемых деталей и присадочной проволоки, чтобы капли расплавленного присадочного металла не попадали на недостаточно нагретую кромку основного металла. В целях уплотнения и повышения пластичности металла шва можно применять проковку. При сварке листов большой толщины, а также при сварке ответственных изделий применяют термическую обработку сварного шва или изделия в целом.

Прихватку деталей под газовую сварку необходимо производить той же присадочной проволокой и тем же наконечником горелки, каким выполняется основная сварка. Прихватки необходимо производить в местах наименьших концентраций напряжений. Не рекомендуется производить прихватку в острых углах, в местах резких переходов, на окружностях с малым радиусом.

4.9. Газовая сварка чугуна

Газовую сварку чугуна выполняют с общим и местным нагревами до температуры 300—400 °С. После сварки деталь должна медленно остывать для получения однородной равномерной структуры серого чугуна и предупреждения возникновения трещин.

Общий равномерный нагрев необходим для предупреждения значительных короблений и для уменьшения скорости охлаждения, а следовательно, устранения образования структур отбела, закалки и трещин при расположении дефекта в жестком замкнутом контуре, а также для предупреждения возникновения значительных напряжений растяжения.

Местный нагрев рекомендуется при допущении некоторого коробления изделия и при расположении дефекта в нежестком контуре. Местный подогрев проводят горелками. При местном подогреве важно обеспечить одновременный и постепенный нагрев и охлаждение нагреваемых элементов конструкции.

Сварку с подогревом называют *горячей* сваркой чугуна, а сварку без подогрева — *холодной* сваркой чугуна.

При сварке чугуна обязательно применение *флюсов*, которые, попадая в зону действия пламени, должны предотвращать окисление кромок твердого металла, извлекать из жидкого металла окислы и неметаллические включения и образовывать пленку, предохраняющую расплавленный металл от воздействия газов пламени и воздуха.

При сварке чугуна применяют, как правило, кислые флюсы, состоящие в основном из боросодержащих веществ. Отшлакование окиси кремния возможно и с помощью углекислых солей натрия или калия.

Составы наиболее распространенных флюсов при сварке чугуна приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Составы флюсов, применяемых при сварке чугуна, в процентах по массе

Наименование компонента флюса	Номер флюса				
	1	2	3	4	5
Бура прокаливая ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	100	56	50	—	23
Углекислый натрий (Na_2CO_3)	—	22	—	50	27
Углекислый калий (K_2CO_3)	—	22	—	—	—
Сода двууглекислая (NaHCO_3)	—	—	47	50	—
Кремнезем (SiO_2)	—	—	3	—	—
Азотнокислый натрий (NaNO_3)	—	—	—	—	50

При сварке чугуна используют *присадочный материал* в виде чугунных прутков с невысоким содержанием углерода.

Отливки сложной конфигурации, а также детали, прошедшие частично механическую обработку, в которых выявлены дефекты в жестком контуре, необходимо подвергать общему предварительному нагреву в печах или горнах до температуры 500—600 °С, до коричнево-красного цвета. Общему нагреву подвергают отливки (толщиной более 50 мм) с дефектами в местах интенсивного теплоотвода.

Местный подогрев выполняют с учетом конфигурации нагреваемого изделия с тем, чтобы создать в нагреваемом участке равномерную тепловую деформацию, которая примерно равна деформации в момент сварки в дефектной части.

Местному или общему нагреву в печах или переносными газовыми горелками подвергают мало- и среднегабаритные отливки с дефектами в жестком контуре и со значительными припусками на обработку, компенсирующими их коробление.

Для предотвращения охлаждения во время сварки детали (отливки) больших масс накрывают листовым асбестом или помещают в специальную камеру-кессон. Отливки небольших масс и несложных конфигураций не предохраняют от охлаждения во время сварки. Продолжительность перерыва между окончанием подогрева и началом сварки не превышает 5 мин, с тем чтобы температура детали перед сваркой была не меньше 400 °С.

Пламя должно быть нормальным, плавление происходит за счет его восстановительной части. С расплавленной и офлюсованной поверхности дефекта присадочным прутом удаляют неметаллические включения. Затем дефект заполняют расплавленным присадочным материалом, добавляя периодически флюс на кончике прутка. Сваривать следует ванным способом: металл сварочной ванны поддерживают в жидком состоянии до полного заполнения дефекта присадочным металлом. Этот способ обеспечивает наиболее полное удаление газов и неметаллических включений из металла шва и равномерную структуру в зоне термического влияния.

Для уменьшения внутренних напряжений и предупреждения образования трещин детали большой толщины и сложной конфигурации после устранения дефектов рекомендуется подвергать вторичному нагреву (отжигу) в горне или печи при температуре 650—750 °С. Отливки охлаждаются вместе с горном (печью).

Сварку без предварительного нагрева (холодную сварку) применяют в тех случаях, когда детали (кронштейны, рычаги и т.д.) при нагревании и охлаждении способны свободно расширяться и сжиматься, не вызывая значительных остаточных напряжений. При этом мощность пламени горелки должна быть максимально возможной, обеспечивающей замедленное охлаждение в интервале перлитных превращений.

При холодной газовой сварке происходит местный разогрев пламенем горелки основного металла в области дефекта и прилегающих к нему зон. Технологический процесс сварки без предварительного нагрева почти аналогичен технологическому процессу горелочной сварки. Перед заполнением сварочной ванны необходимо подогреть пламенем горелки участки, прилегающие к дефекту. После окончания заполнения дефекта горелку в течение 2—3 мин медленно от него отводят, направляя пламя на участки, прилегающие к дефекту. Деталь или часть детали, на которой находится заваренный участок, для замедленного охлаждения засыпают песком или накрывают листовым асбестом.

4.10. Газовая сварка цветных металлов и сплавов

Технология сварки меди. Для обеспечения высококачественной сварки меди необходимо раскислять сварочную ванну. При этом оксиды из сварочной ванны удаляют путем связывания их флюсами или восстановления оксидов меди активными элементами, оксиды которых всплывают на поверхность этой ванны. Активные элементы могут быть введены в состав присадочного металла.

Эффективно применение присадочного металла, содержащего в качестве раскислителей кремний, марганец и др. Рекомендуются также присадочные металлы на медной основе, легированные серебром, оловом, т.е. элементами, снижающими температуру плавления меди. Для сварки ответственных медных деталей рекомендуется применение присадочного металла МСр1, содержащего 0,8—1,2% Ag.

При газовой сварке меди применяют флюс. Однако при сварке тонкого металла (до 3 мм) его можно не применять. Для сварки меди используют флюсы в пареобразном и порошкообразном виде и в виде пасты. Они должны не только защищать металл от прямого воздействия газов, но и связывать и удалять из сварочной ванны растворенную в ней закись меди. Обычно в этих случаях применяют кислые флюсы, состоящие в основном из соединений бора (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Составы флюсов, применяемых при газовой сварке меди, в процентах по массе

Наименование компонента флюса	Обозначение стандарта	Номер флюса								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бура	ГОСТ 8429—77	100	25	50	30	50	50	70	56	78
Кислота борная	ГОСТ 18704—78	—	75	50	50	35	—	10	—	4
Натрий хлористый	ГОСТ 4233—77	—	—	—	10	—	—	20	22	13
Натрий фосфорнокислый	ГОСТ 4172—76	—	—	—	10	15	15	—	—	—
Песок кварцевый	ГОСТ 4417—75	—	—	—	—	—	15	—	—	—
Кальций углекислый	ГОСТ 10690—73	—	—	—	—	—	—	—	22	—
Уголь древесный	ГОСТ 7657—74	—	—	—	—	—	20	—	—	—
Натрий двууглекислый	ГОСТ 4201—79	—	—	—	—	—	—	—	—	5

Флюс вводят непосредственно в зону сварки (насыпают совком или ложкой) и периодически добавляют его присадочной проволокой.

либо предварительно наносят флюс в виде пасты на кромки основного металла и присадочный пруток.

При газовой сварке меди, как правило, применяют стыковые и угловые соединения с внешним угловым валиком. Сварка внахлестку и втавр не дает хороших результатов.

При сварке меди используют ацетиленокислородное пламя и пламя газов — заменителей ацетилена (пропан-бутан, природный и т.д.). Характер пламени устанавливают из соотношения $\beta = 1,1 \dots 1,2$, т.е. строго нормальный.

Пламя должно быть мягким и направлено под углом больше такого же угла при сварке стали. При сварке присадка должна быть над сварочной ванной, чтобы последняя не охлаждалась, причем расплавляемая проволока должна находиться близко от поверхности сварочной ванны, что уменьшает ее окисление. Листовую медь толщиной до 5 мм сваривают левым способом, а большей толщины — правым способом.

Медь сваривают в один слой, так как уже первый слой создает жесткое закрепление, а при изложении второго слоя (при температурах горячеломкости меди 250—500 °С) возможно трещинообразование.

Технология сварки латуни. При выборе присадочной проволоки исходят из состава основного металла и требований, предъявляемых к сварному соединению.

Для сварки простых латуней можно применять латунную проволоку той же марки, что и основной металл, с использованием флюса БМ-1, предотвращающего испарение цинка из сварочной ванны. Лучшие результаты получены при применении присадочной проволоки ЛК62-0,5, содержащей в среднем 0,5% Si.

Флюсы при сварке латуни применяют почти всегда. Исключение составляют случаи использования самофлюсующегося присадочного металла ЛКБ062-0,2—0,04—0,5. При сварке латуни, как правило, образуются основные окислы, например CuO , ZnO , MnO и т.д. Поэтому в состав применяемых флюсов входят соединения, имеющие кислую основу. В качестве кислых флюсов в основном применяют соединения с борным ангидридом B_2O_3 . Оксиды металлов, реагируя с борным ангидридом, образуют бораты, например $\text{ZnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{CuO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{MnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ и т.д.

Флюсы для сварки латуни образуются на основе бористых соединений с различными добавками. Их применяют в виде порошка, пасты и легко испаряющейся жидкости. В первых двух случаях дозированная подача флюса затруднительна.

В случае применения флюса БМ-1 пары его с помощью флюсопитателя в дозированном количестве подаются с потоком горючего газа (ацетилена) непосредственно в пламя горелки.

Флюс БМ-1 можно применять для сварки всех латуней присадочными металлами, содержащими и не содержащими кремний. При этом пары окиси цинка не выделяются. Возможность точной дозировки флюса обеспечивает стабильные результаты сварки. Образующиеся на сварном соединении шлаки легко смываются водой.

На качество получаемых сварных соединений влияет скорость сварки, с увеличением которой уменьшается испарение цинка. В среднем скорость ручной одноэлектродной сварки латуни с порошковым флюсом составляет 4—6 м/ч.

Для увеличения скорости сварки, уменьшения газонасыщенности шва и увеличения степени провара изделия толщиной более 6 мм сваривают с подогревом, применяя вторую горелку.

Исходя из условий обеспечения минимального утара цинка, состав пламени принимают окислительным. Оптимальным соотношением кислорода к ацетилену является 1,3—1,4.

Латунь сваривают, как правило, левым способом в один слой с проваром кромок на всю толщину металла. Однако при сварке латуни относительно больших толщин трудно получить полный провар за один проход. При сварке латуни толщиной более 3 мм полный провар получают наложением с обратной стороны металла шва подварочного шва, для латуни толщиной от 5 мм и более применяют технологическую подкладку. Подкладка может быть изготовлена из латуни и меди (остающаяся) или стали (съёмная).

Латунь в вертикальном положении следует сваривать снизу вверх левым методом, направляя пламя под углом 45° к свариваемым кромкам, как бы поддерживая пламенем каплю расплавленного металла. Присадочный пруток при этом наклонен к свариваемым кромкам под углом 45° и с направлением пламени образует угол 90°. Сваривать следует при пониженной мощности пламени (расход ацетилена 35—40 л/ч на 1 мм толщины свариваемого металла). Диаметр проволоки при сварке в вертикальном положении должен быть на 1 мм меньше, чем диаметр проволоки при сварке в нижнем положении.

Технология сварки деформируемых и литейных алюминиевых сплавов. В качестве горючего газа для газовой сварки алюминиевых сплавов чаще всего используют ацетилен. Однако из-за низкой температуры плавления допускается применение водорода и заменителей ацетилена — более дешевых горючих газов, работа с которыми экономичнее и безопаснее, например пропанбутановой смеси.

При выборе присадочного металла для газовой сварки алюминия желательно, чтобы его состав отличался от состава основного металла. Исключение составляют лишь чистый алюминий и сплавы типа АМц. Применение присадки, состав которой аналогичен составу основного металла, при сварке алюминиевых сплавов повышенной прочности приводит к получению соединений, не обладающих достаточно высокой прочностью, которые могут иметь трещины и пористость.

При отсутствии присадочной проволоки требуемой марки допускают использование полос, нарезанных из листов или бракованных деталей того же состава. Ширина полос обычно должна быть в 2 раза больше их толщины.

Для газовой сварки алюминиевых сплавов применяют присадочную проволоку, указанную в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Выбор марки присадочной проволоки для газовой сварки алюминиевых сплавов

Марка сплава	Марка присадочной проволоки по ГОСТ 7871—75
АД, АД1, АД0	СвАК5, СвА97
АМц	СвАМц
АМг2, АМг3, АМг4	СвАМг3, СвАМг6
АМг5	СвАМг5, СвАМг6
АМг6	СвАМг6, СвАМг61
МВ, АД31, АД33	СвАК5, Св1557
АЛ2, АЛ4, АЛ6	СвАК5

Как правило, газовую сварку алюминиевых сплавов выполняют с применением флюсов. Составы флюсов, употребляемых для газовой сварки алюминиевых сплавов, приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Составы флюсов, применяемые при газовой сварке алюминиевых сплавов, в процентах по массе

Наименование компонента флюса	Номер флюса				Марка флюса		
	1	2	3	4	ВАМИ	КН-1	АФ-4А
Натрий хлористый	30	19	41	16	30	20	28
Кальций хлористый	45	29	51	44	50	45	50
Литий хлористый	15	—	—	—	—	—	14
Барий хлористый	—	48	—	20	—	20	—
Натрий фтористый	—	—	8	20	—	15	8

Отшлифованно

Наименование компонента флюса	Номер флюса				Марка флюса		
	1	2	3	4	ВАМИ	КН-1	АФ-4А
Калий фтористый	7	—	—	—	—	—	—
Кальций фтористый	—	4	—	—	—	—	—
Натрий сернокислый	3	—	—	—	—	—	—
Криолит	—	—	—	—	20	—	—

Для газовой сварки алюминия используют флюсы в виде порошка или паст, которые получают разведением порошкообразных смесей в мягкой (лучше дистиллированной) воде или в спирте до кашицеобразной консистенции непосредственно перед сваркой.

Остатки флюсов могут вызвать коррозию сварных соединений. Поэтому после сварки соответствующие участки на сварных изделиях зачищают металлической щеткой.

Детали, поступающие на сварку, тщательно очищают от грязи, краски, жиров и масел с помощью напильников, шаберов и проволочных металлических щеток, изготовленных из стальной проволоки диаметром не более 0,15 мм, с тем чтобы не получить грубых рисок на поверхностях деталей. Можно применять ручные щетки, а также щетки, насаженные на электрическую или пневматическую дрель. Инструмент, используемый для очистки алюминиевых деталей, не следует применять для очистки деталей из других металлов. Не разрешается механическая очистка деталей, изготовленных из плакированных алюминиевых сплавов.

Пламя горелки при сварке алюминиевых сплавов должно быть нормальным. В отдельных случаях допускается небольшой избыток ацетилена. Большой избыток ацетилена может вызвать пористость в швах. Нельзя допускать избытка кислорода, который благоприятствует образованию оксида алюминия. Пламя горелки во время сварки должно быть расположено так, чтобы конец его ядра находился на расстоянии 3—5 мм от поверхности расплавленного металла. Сварка ядром пламени не допускается. Присадочный металл должен плавиться только в пределах сварочной ванны расплавленного металла шва.

Угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемых деталей в начале сварки должен составлять почти 90°. Затем по мере нагрева деталей в зависимости от их толщины угол наклона может изменяться при сварке деформируемых сплавов от 30 до 45° при толщине деталей до 5 мм и от 45 до 60° при толщине более 5 мм.

Способ газовой сварки выбирают в зависимости от толщины деталей, чаще применяют (для толщины менее 5 мм) левый способ. При большей толщине (более 5 мм) можно применять правый способ сварки.

При сварке встык деталей толщиной до 3 мм в нижнем положении горелка и присадка должны совершать только прямолинейное поступательное движение без поперечных колебаний. При большей толщине деталей горелке и присадке сообщают спирале- или маятниковобразные перемещения относительно оси сварного шва, причем движения мундштука горелки и конца присадки должны быть направлены в противоположные стороны.

Сваривать следует с большой скоростью, чтобы не перегреть металл, и по возможности непрерывно, без отрыва пламени. Шов следует заканчивать за одну операцию. Не рекомендуется выполнять многослойные швы, так как в них часто возникает пористость.

Остатки флюса и шлаков удаляют для предотвращения развития коррозии: флюсы — непосредственно после окончания сварки (не позднее чем через 1 ч) промыванием поверхностей швов и прилегающего к ним основного металла с обеих сторон проточной горячей водой (60–80 °С) с помощью волосяных щеток. После этого детали промывают 2%-ным водным раствором хромового ангидрида той же температуры (60–80 °С) и вновь проточной горячей водой. Промытые детали сушат в сушильном шкафу при температуре 110–180 °С или горячим воздухом при 60–110 °С до полного удаления следов влаги.

Контрольные вопросы

1. Какими горючими газами можно пользоваться при сварке углеродистых сталей?
2. Как осуществляется выбор номера флюса?
3. Каким критерием пользуются при выборе присадочной проволоки?
4. В чем особенности газовой сварки легированных сталей?
5. Какие трудности существуют при газовой сварке чугуна?
6. Какова роль флюса при газовой сварке чугуна?
7. Какие существуют основные способы газовой сварки чугуна?
8. Какие присадочные материалы применяются при газовой сварке чугуна?

9. Каковы особенности газовой сварки меди?
10. Каковы особенности газовой сварки латуни?
11. За счет чего можно пополнять выгорающие элементы при газовой сварке?
12. Какие трудности существуют при газовой сварке алюминия и его сплавов?
13. В чем сложность при выборе мощности газового пламени при сварке алюминия?
14. Какова роль флюса при газовой сварке алюминия?

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

5.1. Резаки для ручной кислородной резки

Резаки для резки с использованием газообразного горючего. В газокислородном резаке конструктивно объединены подогревательная и собственно режущая части. Подогревательная часть газокислородного резака по принципу устройства, конструкции и методам расчета аналогична сварочным горелкам. В зависимости от давления горючего газа подогревательная часть может быть инжекторной или безынжекторной. Инжектор необходим при пользовании ацетиленом низкого давления. При ацетилене среднего давления или горючих газах, подаваемых под достаточным давлением, можно пользоваться резаками с безынжекторным подогревательным устройством. В промышленности обычно пользуются резаками с инжекторным подогревательным устройством независимо от давления применяемого горючего газа.

Относительное расположение каньлов для режущего кислорода и подогревательного пламени показано на рис. 5.1. Последовательное расположение отверстий для режущего кислорода и подогревательного пламени в настоящее время применяется редко, оно пригодно лишь для резки в одном направлении; впереди должно выходить подогревательное пламя, а за ним следует струя режущего кислорода. При изменении направления резки на противоположное режущий кислород попадает на недостаточно подогретый металл и процесс резки прекращается. Значительно удобнее концентрическое расположение выходных отверстий для смеси подогревательного пламени и для режущей струи кислорода.

В резаках с концентрическим расположением выходных отверстий подогревательное пламя получает форму огненной трубки, по оси которой располагается режущая струя кислорода. Устройство с кольцевой щелью наиболее распространено в кислородных резаках малой и средней мощности, изготавливаемых нашей промышленностью. Для мощных резаков кольцевая щель не дает пламени достаточной мощности,

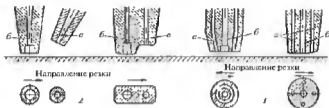


Рис. 5.1. Расширение сопел газокислородного резака
a — подогревательная смесь; *b* — режущий кислород; 1 — концентрическое расширение сопел, 2 — последовательное расширение сопел

увеличение ширины щели делает пламя неустойчивым и приводит к обратным ударам. Поэтому для резаков средней и большой мощности рекомендуется подавать подогревательную смесь через отверстия круглого сечения, расположенные концентрически вокруг отверстия для режущего кислорода в один или два ряда.

Резаки с выходными отверстиями, расположенными концентрически, позволяют вести резку в любом направлении: струя режущего кислорода попадает всегда на достаточно подогретый металл, что весьма удобно, а для фигурной резки, когда направление резки значительно меняется, необходимо. Поэтому в настоящее время применяют почти исключительно резаки с концентрическим расположением отверстий, а резаки с последовательным расположением отверстий почти вышли из употребления.

Мощность подогревательного пламени выбирают в соответствии с толщиной разрезаемого металла. Обычно для расчетов принимают, что 85% необходимой теплоты для резки получается в результате реакции сгорания железа в кислороде, а остальные 15% дает подогревательное пламя. При конструировании резака следует обеспечить необходимую длину подогревательного пламени, для того чтобы оно могло подогреть никележелезные слои металла. В мощных резаках для резки стали большой толщины приходится применять подогревательное пламя длиной более метра. Длина пламени зависит от применяемого горючего газа, а именно от скорости его сгорания. Быстрого сгорающие газы, например ацетилен, дают короткое пламя. Газы, горящие медленнее, дают пламя более длинное; особенно длинное пламя дает водород, который поэтому иногда и применяется в резке металла больших толщин. Достаточно длинное пламя дают также метан, природный газ. Пламя регулируется на максимальную температуру, а поэтому имеет

обычно избыток кислорода по сравнению с пламенем, применяемым для сварки.

Важное значение имеет устройство внутреннего канала режущего мунштука или сопла для режущего кислорода. Обычно в нашей промышленности применяют сопла цилиндрические или ступенчато-цилиндрические. При этих соплах приходится пользоваться кислородом довольно высокого давления, причем необходимое давление быстро возрастает с толщиной разрезаемого металла.

Для резки стали необходима достаточно мощная струя кислорода, обеспечивающая нужную скорость сжигания металла. Струя на всю толщину разрезаемого металла должна быть по возможности цилиндрической, с минимальным уширением для обеспечения постоянной ширины реза по всей толщине металла. Для успешного сдувания расплавленного шлака и доступа к поверхности металла скорость кислорода в струе должна быть высокой, как показывает опыт, порядка 500—700 м/с, т.е. сверхзвуковой.

Цилиндрические сопла обладают низким КПД и для получения необходимой скорости истечения кислорода и нужной длины цилиндрической части струи приходится прибегать к довольно высокому давлению кислорода, поступающего в резак, причем это давление быстро растет с увеличением толщины разрезаемого металла. Сопла с криволинейными образующими дают значительно лучшие результаты. Улучшение работы сопла проявляется в понижении рабочего давления режущего кислорода на входе в резак. Единственным обоснованием применения цилиндрических сопел в настоящее время может являться лишь простота их изготовления. Несовершенство цилиндрических сопел особенно сказывается при резке стали больших толщин.

Для подачи кислорода высокого давления требуются специальные бронированные шланги; кислород выходит из сопла при давлении выше атмосферного и, расширяясь, образует струю, значительное уменьшение давления охлаждает кислород вследствие дросселирующего эффекта и замедляет резку. Поэтому толщина 400—500 мм для цилиндрических сопел может считаться предельной.

В мощных кислородных резаках кислород режущий и кислород для подогревательного пламени подводят по отдельным шлангам, поэтому к резаку подводят три шланга: два кислородных и один ацетиленовый. Малые и средние резаки обычно изготавливают двухшланговыми, кислород подводится одним общим шлангом и уже в самом резаке распределяется на режущее сопло и на питание подогреватель-

ного пламени. Наша промышленность изготавливает несколько типов кислородных резаков для ручной резки различного назначения, а также специальные резаки для установки на газорезущих машинах.

Выпускаются ручные резаки для резки с использованием в качестве горючего ацетилена, газов — его заменителей. На рисунке 5.2 представлена схема ручного универсального резака Р2А-02. На корпусе 9 резака с отверстиями для пропускания кислорода и горючего газа установлены вентили подогревающего и горючего газа, и в него впаиваны две трубки со штуцерами для подвода кислорода 7 и горючего газа 8. На трубки надега рукоятка 6. К корпусу накидной гайкой 11 подсоединена камера 12 с инжектором 10, в которой происходит смешение подогревающего кислорода и горючего газа. Применение инжектора позволяет работать от сетей горючего газа с низким (до 0,98 кПа), средним и высоким давлениями. Подогревающий кислород, проходя через инжектор, обеспечивает в смесительной камере разрежение, благодаря чему происходит подсос горючего газа. Далее горючая смесь по трубке 13 подается в головку 3 резака, а из нее поступает в шлицевые каналы, расположенные на внутреннем мундштуке 2.

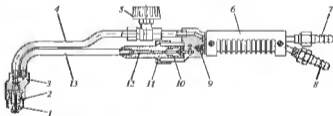


Рис. 5.2. Схема ручного универсального резака Р2А-02:

1 — наружный мундштук; 2 — внутренний мундштук; 3 — головка; 4 — трубка для режущего кислорода; 5 — вентиль; 6 — рукоятка; 7 — штуцер для подвода кислорода; 8 — штуцер для подвода горючего газа; 9 — корпус; 10 — инжектор; 11 — накидная гайка; 12 — смесительная камера; 13 — трубка для горючей смеси

Применение шлицевых выходных каналов для горючей смеси способствует устойчивой работе резаков. Режущий кислород через вентиль 5 и трубку 4 подается в головку и далее в канал внутреннего мундштука 2.

Резак РЗП-02 для резки на газах — заменителях ацетилена имеет аналогичную конструкцию и отличается от Р2А-02 большими размерами инжектора и выходных шлицев. Резаки обеих марок могут быть

оснащены опорной тележкой и циркулем. Технические характеристики универсальных резаков Р2А-02 и Р3П-02 приведены в табл. 5.1

Таблица 5.1
Технические характеристики универсальных резаков Р2А-02 и Р3П-02

Параметр	Толщина разрезаемой стали, мм					
	3—8	8—15	15—30	30—50	50—100	100—200
Номер наружного мундштука	1А; 1П			2А; 2П		
Номер внутреннего мундштука	0А; 0П	1А; 1П	2А; 2П	3А; 3П	4А; 4П	5А; 5П
Давление кислорода на входе в резак, кПа	196—245	294—343	294—392	294—392	294—392	490—735
Расход газов, м ³ /ч						
кислорода	1,6—1,9	2,9—3,2	3,8—4,7	5,6—7,3	9,2—11,5	15,0—21,0
ацетилена	0,4	0,5	0,5—0,6	0,6—0,75	0,65—0,8	1,0—1,2
пропан-бутана	0,3	0,4	0,4—0,45	0,45—0,50	0,5—0,6	0,6—0,8
природного газа	0,6	0,6	0,8—0,9	0,8—0,9	0,95—1,2	1,3—1,8
Скорость резки, м/ч	29—36	27—29	22—27	18—22	14—18	7—14
Ширина реза, мм	2	2,5	3,5	4,5	5,5	8

Примечание. Давление ацетилена на входе в резак 3—98 кПа (0,03—0,98 кгс/см²); пропан-бутана и природного газа 20—147 кПа (0,2—1,47 кгс/см²).

Для разделительной ручной кислородной резки наиболее широко применяют резаки «Маяк», «Факел», «Пламя». Данные марки резаков предназначены для ацетиленокислородной резки. Принцип смешения газов во всех резаках одинаков. Резаки могут быть оснащены тележкой, которая воспринимает вертикальную нагрузку, обеспечивает постоянство расстояния между торцом резака и металлом, а также равномерное перемещение резака, что позволяет повысить качество резки. В комплект тележки входит циркульное устройство, обеспечивающее повышение производительности и качества кромки при вырезке дисков и фланцев. Резаки снабжены набором мундштуков и запасными частями. У резаков «Факел» и «Пламя» инжектирующий узел расположен у вертикального корпуса, а головка крепится к двум трубкам.

По верхней трубке подается режущий кислород, по нижней — смесь горючего газа с кислородом.

При монтажных, ремонтных и других работах часто применяют вставные резаки для разделительной резки (РВ1А-02 и РВ2А-02), срезки заклепок (РАЗ), резки труб (РАТ) и вырезки отверстий (РАО). Вставной резак типа РВ1А (рис. 5.3) предназначен для резки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 3—70 мм. Он закрепляется на сварочной горелке ГО-3 с помощью накидной гайки 5. В корпусе 2 кислород разделяется на режущий, подаваемый через вентиль 3 по трубке 1 в головку 8 резака и далее в режущий канал внутреннего мундштука 9, и подогревающий, который, проходя через инжектор 6, в камере 7 смешивается с горючим газом, поступающим в нее через отверстие 4. Подогревающее пламя выходит из щели, образуемой внутренним 9 и наружным 10 мундштуками.

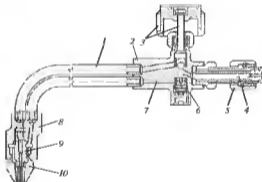


Рис. 5.3. Схема вставного резака РВ1А:

1 — трубка для подачи режущего кислорода, 2 — корпус; 3 — вентиль режущего кислорода; 4 — отверстие для горючего газа; 5 — накидная гайка; 6 — инжектор; 7 — смешительная камера; 8 — головка; 9 — внутренний мундштук; 10 — наружный мундштук.

Выпускают два комплекта для сварки и резки: КГС-1 — на базе горелки малой мощности Г2-05 и вставного резака РВ1А-02, КГС-2 — на базе горелки средней мощности Г3-05 и вставного резака РВ2А-02. Комплект КГС-1 обеспечивает резку металла толщиной 5—100 мм и сварку низкоуглеродистой стали толщиной 0,5—9,0 мм, комплект КГС-2 — 3—200 и 0,5—20 мм соответственно.

Технические характеристики вставных резаков приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Технические характеристики вставных резаков

Параметр	Толщина разрезаемой стали, мм					
	3—8	8—15	15—30	30—50	50—100	100—200
Давление кислорода, кПа	245	343	392	412	490	735
Расход газа, м ³ /с						
кислорода	1,9	3,2	4,7	7,0	9,1	17,1
ацетилена	0,36	0,4	0,5	0,6	0,7	1,1
Время резки 1 м, с	150	180	270	300	480	720
Ширина реза, мм	2	2,5	3,5	4,5	7,0	8,0

Примечание. Давление ацетилена 0,98—93 кПа (0,0098—0,98 кгс/см²).

При эксплуатации ручных резаков перед началом работы необходимо проверить герметичность и прочность всех соединений, а также убедиться в наличии инжекции в резаке.

При регулировании пламени резака необходимо установить рабочее давление кислорода на редукторе согласно режиму резки, затем на $\frac{1}{4}$ оборота открыть вентиль подогревающего кислорода и поджечь горючую смесь, после чего полностью открыть кислородный вентиль резака и регулировать пламя ацетиленовым вентилем.

Запрещается перегибать загоревшийся шланг. При образовании обратного удара (воспламенения горючей смеси внутри резака, при котором взрывная волна распространяется по подводящему трубопроводу в направлении баллона с ацетиленом) предварительно гасят пламя резака и перекрывают вентиль баллона.

Резаки для резки стали с использованием жидкого горючего. На строительных площадках и в полевых условиях для кислородной резки низкоуглеродистых и низколегированных сталей широко применяют керосинорезы РК-02. В качестве горючего для резки используют пары керосина. Резак (рис. 5.4) состоит из ствола 9, в котором смонтированы вентиль 10, регулирующий подачу подогревающего кислорода, и пусковой вентиль 3 режущего кислорода, инжекторно-смесительной камеры с асбестовой набивкой на наружной поверхности и головки 2 с подогревающим соплом 15. Резак снабжен сменными мундштуками 1.

Керосин подается в резак от бачка с ручным насосом по специальному рукаву под давлением 20—200 кПа (0,2—2 кгс/см²).

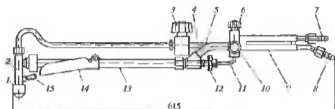


Рис. 5.4. Керосинорез РК-02:

- 1 — сменный мундштук, 2 — головка, 3 — вентиль режущего кислорода,
 4, 5 — кислородные трубки, 6, 12 — керосиновые вентили, 7, 8 — ниппели,
 9 — ствол, 10 — вентиль подогревающего кислорода,
 11 — керосиновая трубка, 13 — трубка с испарителем, 14 — крышка,
 15 — подогревающее сопло

После заливки горючего и герметизации бачка в него с помощью насоса закачивается воздух, благодаря которому керосин по рукаву поступает к ниппелю 8 резака. Кислород через ниппель 7, вентиль 6, трубку 5 и инжектор подается в смешительную камеру, расположенную в головке резака, в которой смешивается с парами горючего, поступающего из испарителя. Керосин от штуцера через трубку 11 подается в заполненный абсорбционной набивкой испаритель, который в процессе работы керосинореза нагревается пламенем подогревающего сопла 15. Расход паров горючего регулируется вентилем 12, жестко связанным с трубкой инжектора.

При работе с керосинорезом необходимо соблюдать ряд особых правил. В частности, для предотвращения обратного удара пламени в кислородный рукав давление в бачке горючего всегда должно быть меньше рабочего давления кислорода, что исключает перетекание керосина в кислородный рукав; при перерывах в работе резак нужно располагать головкой вниз для свободного вытекания горючего в случае негерметичности вентиля. Необходимо следить за исправностью обратного клапана, установленного на линии керосина.

В резаках с распылением горючей жидкости в головке испарение капель жидкости происходит в выходном отверстии мундштука, разогретого до высокой температуры. Резак этого типа обладает повышенной устойчивостью против обратных ударов пламени по сравнению с резаками инжекторного типа, однако он не всегда может работать при низких температурах.

Кроме керосинорезов и бачков, выпускаемых в виде отдельных изделий, изготавливают также комплекты оборудования КЖТ-1 для резки на жидком горючем, включающие в себя тележку, на которую устанавливают бачок БГ-02 для жидкого горючего, баллон для кислорода и керосинорез РК-02 с рукавами и кислородным редуктором ДКП-1-65.

5.2. Общие сведения о кислородной резке

Термическая резка — удаление металла с поверхности тела или разделение металлического предмета на части путем его проплавления по заданной линии или объему.

Различают *разделительную* и *поверхностную* резку. В результате резки в обрабатываемом металлическом теле выполняют полость — рез. Полость разделительного реза 1 (рис. 5.5), имеющего форму узкой сквозной щели, ограничена боковыми поверхностями и не имеет донной поверхности. В передней части незавершенного реза находится его лобовая поверхность. Полость, образуемая при поверхностной резке, — рез 2 — имеет донную поверхность, а также может иметь боковые и лобовую поверхности.

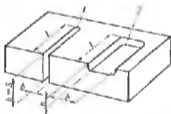


Рис. 5.5. Разделительный (1) и поверхностный (2) резы:
 l , b , h и S — соответственно длина, ширина, глубина и толщина металла

Поверхностную и разделительную термическую резку выполняют местным проплавлением металла. Для этой цели используют источники теплоты, которые быстро нагревают до расплавления участки металла, необходимые для образования реза.

Источник должен обладать большой тепловой мощностью, а также обеспечивать высокую концентрацию тепловой энергии для того, чтобы нагрев и расплавление металла при резке происходили на участке заданной (обычно очень малой) ширины.

Для повышения эффективности резки необходимо, чтобы теплота от источника равномерно (линейно) распределялась по толщине разрезаемого металла. В качестве источников тепловой энергии для резки используют энергию химической реакции сгорания металла в кислороде или электрический дуговой разряд. В первом случае говорят о так называемой кислородной (автогенной, газовой) или кислородно-флюсовой резке, во втором — о способах электрической резки.

По степени механизации процесса резку подразделяют на *ручную* и *механизированную*. Ручную резку применяют на предприятиях, где объем перерабатываемого металла невелик и применение средств механизации процесса не является экономически оправданным.

В ведущих отраслях промышленности уровень механизации работ по раскрою с помощью резки составляет 70–80%. Высокий уровень механизации процесса резки на современных машинах с фотокопировальным или цифровым программным управлением создал предпосылки для разработки и внедрения в производство поточных комплексно-механизированных и гибких автоматизированных линий термической резки листовой стали.

Для обработки заготовок из низкоуглеродистых, конструкционных и низколегированных сталей применяют обычную газовую (кислородную) резку, из высоколегированных сталей, чугуна и цветных сплавов — кислородно-флюсовую резку.

Существуют особые способы кислородной резки:

- подводная, применяемая, как правило, при ремонтных работах под водой;
- кислородно-копьевая;
- электрокислородная.

Кислородная резка является одним из основных технологических процессов в заготовительном производстве и находит применение в металлургии, металлообрабатывающей промышленности и строительстве.

5.3. Сущность процесса кислородной резки

Газовая (кислородная) резка представляет собой процесс интенсивного окисления металла в определенном объеме с последующим удалением жидкого оксида струей кислорода.

Резку начинают с подогрева верхней кромки металла подогревающим пламенем до температуры воспламенения металла в кислороде,

которая в зависимости от химического состава стали составляет 1050–1200 °С. При достижении температуры воспламенения на верхней кромке металла на нее из режущего сопла подается струя кислорода, при этом сталь начинает гореть в струе кислорода с образованием оксидов и выделением значительного количества теплоты, обеспечивающей разогрев стали, у верхней кромки до температуры плавления.

Образовавшийся на верхней части кромки расплав жидких оксидов перемещается по боковой кромке реза струей кислорода и осуществляет нагрев нижних слоев металла, которые последовательно окисляются до тех пор, пока весь металл не будет прорезан на всю глубину. Одновременно с этим начинают перемещать резак с определенной скоростью в направлении резки. На лобовой поверхности реза по всей толщине образуется непрерывный слой горячего металла.

Окисление металла в каждый момент времени начинается сверху и последовательно передается нижним слоям.

Для кислородной резки необходимо обеспечение следующих условий:

- контакт между струей кислорода и жидким металлом;
- подогрев неокисленного металла до температуры воспламенения;
- выделение продуктами горения определенного количества теплоты, достаточного для создания на поверхности реза слоя расплавленного металла;
- достаточная вязкость жидкого расплава для создания возможности перемещения жидкого металла струей кислорода.

Приведенные условия определяют требования к металлу, обрабатываемому кислородной резкой. Прежде всего, температура плавления оксидов должна быть ниже температуры плавления самого металла. В противном случае струя кислорода не сможет окислить расплавленный металл.

Если температура воспламенения металла будет выше температуры плавления, то металл начнет плавиться и выдуваться струей кислорода без последующего его окисления (плавильный процесс). Этот процесс требует значительных энергетических затрат. При низкой теплоте образования оксида лобовая поверхность реза не прогревается до температуры плавления, процесс резки прерывается. По тем же самым причинам отрицательно сказывается на способности металла подвергаться кислородной резке их высокая теплопроводность.

Высокая вязкость расплава не обеспечивает его перемещения в поверхностных слоях, в результате чего снижается выделение теплоты на кромке реза.

Из чистых металлов кислородной резкой хорошо обрабатываются железо и титан. Нельзя разрезать обычным кислородным способом никель, медь, алюминий, магний, хром и цинк.

В технике обычно применяют сплавы металлов, из них наиболее широко используют сплавы железа и углерода — сталь и чугун. Наличие примесей в стали влияет на способность стали обрабатываться кислородной резкой из-за образования в слое жидкого расплава, выдуваемого из реза кислородной струей, тугоплавких оксидов.

5.4. Технология разделительной кислородной резки стали

Резка стали средней толщины. Качество реза и производительность процесса в значительной степени зависят от подготовки металла к резке. Листовой прокат различных марок сталей необходимо подавать на рабочее место резчика очищенным от окалины, ржавчины и других загрязнений.

При резке в зимних условиях листы нужно подавать в цех заблаговременно, чтобы они успели нагреться до температуры окружающего воздуха. Это снизит вероятность образования трещин на кромке реза. Прибыли в зоне резки должны быть тщательно очищены от формовочной смеси, песка и пригара.

Перед ручной кислородной резкой поверхность проката очищается от окалины и ржавчины обычно пламенем резака узкой полосой по линии предполагаемого реза. Для этого необходим незначительный протрав поверхности металла подогревающим пламенем резака, в результате которого окалина отскакивает от поверхности листа.

Перед механизированной резкой листовой прокат подвергается правке прокаткой на специальных листопрямильных машинах и затем сплошной очистке. Существуют химический, механический и газопламенный способы очистки. Химическая очистка проводится травлением стального проката в растворе соляной или серной кислоты. При этом листы укладывают в специальные ванны. Продолжительность очистки листов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей составляет 1—2 ч, из высоколегированных — более 3 ч.

Среди различных способов механической очистки поверхности наибольшее распространение получила дробеметная очистка, при которой лист перемещается с равномерной скоростью, а поверхность листа обрабатывается пучком дроби, вылетающей с большой скоростью

из дробеметной камеры. Этот процесс является экологически чистым и наиболее производительным.

Расстояние l между мундштуком и поверхностью разрезаемого металла определяет качество резки и производительность процесса. Необходимо устанавливать торец мундштука на определенном расстоянии от поверхности разрезаемого металла. Оптимальными приняты следующие расстояния между торцом мундштука и поверхностью разрезаемого металла при ацетиленокислородной резке стали в зависимости от толщины S металла:

S , мм	3—10	10—25	25—50	50—100	100—200	200—300
l , мм	3	4	4—5	4—6	5—8	7—10

При работе на газах — заместителях ацетилена рекомендуемое расстояние увеличивается на 30—50%.

Для поддержания постоянным расстояния между мундштуком и разрезаемым металлом при ручной резке используют специальные опорные тележки, при механизированной — устройства стабилизации положения резака.

Резку начинают с нагрева поверхности металла в начальной точке реза до температуры воспламенения металла в струе кислорода. После пуска кислородной струи и начала непрерывного окисления по толщине резак начинают перемещать по линии реза. Обычно резку начинают с кромки листового проката. При вырезке внутренних элементов заготовок вначале необходимо пробить отверстие по всей толщине металла. Пробивка начального отверстия (рис. 5.6) в стальном листе начинается также с подогрева поверхности металла. При достижении заданной температуры плавно открывают вентиль режущего кислорода и наклоняют резак под углом 5—15° в сторону, обратную направлению резки. Одновременно с этим начинают перемещение резака на пониженной скорости. После прожигания отверстия резак устанавливают перпендикулярно к поверхности листа.

При механизированной кислородной резке резак закреплен в суппорте перпендикулярно к поверхности листа. Во избежание забрызгивания расплавленным металлом выходного отверстия для режущего кислорода и подогревающих каналов мундштука начало резки выполняют по специальному циклу. После прогрева металла в зоне пробивки включают подачу режущего кислорода первой ступени с давлением 98—196 кПа (0,98—1,96 кгс/см²). Одновременно резак механизмом подъема плавно удаляется от металла со скоростью V_1 на расстояние, равное $\frac{3}{4}$ разрезаемой толщины. С началом пуска режущего кисло-

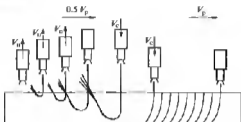


Рис. 5.6. Схема пробивки начального отверстия в листе:
 V_n — скорость подъема мундштука, V_c — скорость
 снижения мундштука, V_p — скорость резки

рода включается подача машины на пониженной скорости, равной половине оптимальной (V_p). При таком начале резки расплавленные частички шлака не засоряют мундштук, процесс пробивки отверстия протекает устойчиво. После прохождения резаком третьей части пути, определенной для пробивки, включается полное давление режущего кислорода с одновременным опусканием резака, которое осуществляется со скоростью V_c . Отверстие прожигается полностью.

При пробивке начального отверстия в листе кромка реза получается невысокого качества, поэтому место начала пробивки при механизированной резке располагают вне контура разрезаемой детали (при вырезке наружного контура — снаружи, при вырезке внутреннего контура — внутри).

Операции пробивки на машинах с числовым программным и фотокопировальным управлением выполняются автоматически. На машинах термической резки удается стабильно пробивать начальные отверстия в листовом прокате толщиной до 100 мм.

После начала резки и выхода резака на контур детали процесс протекает устойчиво при правильно выбранных технологических режимах. Для заданной скорости резки устанавливается определенная величина отставания, которая возрастает с увеличением скорости резки. Термином «отставание» пользуются для определения расстояния в направлении резки между осью сопла и точкой на нижней стороне разрезаемого листа, где выходит струя режущего кислорода (рис. 5.7).

При необходимости вырезки из листа различных по размерам деталей необходимо резку начинать с края листа и перемещаться вдоль его короткой стороны (рис. 5.8). Направление обхода контура выбирают с таким расчетом, чтобы в первую очередь обрабатывались кром-

ки, примыкающие к металлу, идущему в отход. В последнюю очередь следует выполнять рез, отделяющий деталь от основной массы листа. При резке жесткость обреза должна быть меньше жесткости вырезаемой детали, поэтому следует предусматривать разрезку отходов.

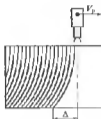


Рис. 5.7. Схема формирования отставания при газовой резке: V_p — скорость резки, Δ — отставание



Рис. 5.8. Последовательность (1—10) вырезки деталей из листа

При вырезке деталей с отношением длины к ширине более трех необходимы перемычки. В зависимости от величины допустимой деформации и толщины детали назначают число и длину перемычек. Как правило, перемычки должны входить в обрабатываемом контуре детали с шагом 1—3 м, их длина в зависимости от толщины металла составляет 15—50 мм. Резку полос из листа необходимо выполнять несколькими резаками, что практически исключает искривление заготовок.

Резка стали малой толщины. Способность кислородной резки листового проката малой толщины (до 5 мм) состоит в том, что подогревающее пламя разогревает весь лист по толщине до высокой температуры (примерно 950 °С) с образованием довольно большого пятна. Вслед-

ствие этого шлаки, выдуваемые струей кислорода из разреза, смачивают нижнюю кромку с образованием трудноотделимого графа, поэтому меры, направленные на достижение хорошего качества при кислородной резке тонкого металла, предусматривают уменьшение высокотемпературного пятна нагрева на нижней поверхности листа.

Для резки тонкого металла применяют мунштуки специальной конструкции с последовательным расположением отверстия для режущего кислорода за отверстием для пламени (рис. 5.9, а). Отверстие для режущего кислорода располагают ближе к поверхности металла. При таком расположении отверстий металл поступает в зону режущей струи разогретым до более низкой температуры, чем при традиционном кольцевом пламени, применяемом для сварки металла средней толщины.

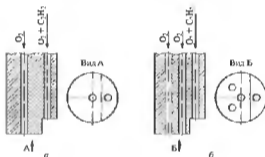


Рис. 5.9. Схемы мунштуков для резки металла малой толщины.
 а — с расположением отверстия для режущего кислорода над отверстием для пламени. б — с трехструйным режущим каналом

Хорошее качество поверхности реза обеспечивают мунштуки с трехструйным режущим каналом (рис. 5.9, б), у которых первая (по ходу резки) струя осуществляет процесс резки металла по толщине, а две боковые выполняют зачистку дефектного слоя на боковых краях реза.

Такие конструкции мунштуков используют для прямолинейной разделительной резки тонкого металла. Для фигурной резки применяют мунштуки с расположением подогревающего пламени вокруг режущего сопла. Отличие состоит в добавлении внешнего кольцевого канала, через который на кромку реза подается охлаждающий воздух или воздушно-водяная смесь. Режимы механизированной кислородной резки тонкого металла приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Режимы кислородной резки стали малой толщины

Толщина разрезаемой стали, мм	Расход газа, м ³ /ч				Скорость резки, м/ч
	кислорода		ацетилен	воздуха	
	режущего	подогревающего			
2	1,0	0,16	0,15	2,0	51,1
3	1,1	0,20	0,18	2,5	46,8
4	1,2	0,24	0,21	3,0	45,0
5	1,3	0,28	0,25	4,0	43,2

Пакетная резка. При необходимости получения из листов тонкого металла большого числа однотипных деталей можно применять пакетную резку. Для этого листы разрезают на карты, которые затем собирают в пакет. Поверхность листового металла должна быть очищена от загрязнений. Для резки используют кислород низкого давления. При обычных давлениях режущего кислорода резка протекает неустойчиво с выхватами контура детали в зонах неплотного прилегания собранных листов в пакете. В случае использования кислорода низкого давления зазоры до 3 мм между картами в пакете не оказывают существенного влияния на качество резки. Собранный пакет стягивают по краям струбцинами (рис. 5.10), после чего листы закрепляют с помощью дуговой сварки.

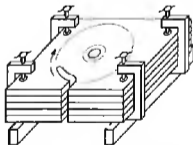


Рис. 5.10. Схема выполнения пакетной резки

При пакетной резке особое внимание необходимо уделять началу процесса. При вырезке наружных контуров деталей процесс начинается с края пакета. Для облегчения прорезания пакета листы укладывают «еленкой» с припуском 0,5–1,0 мм при установке каждой последу-

ющей карты. Пробить начальное отверстие при вырезке внутреннего контура не представляется возможным, поэтому его получают засперловкой. Врезание режущей струи в металл необходимо осуществлять на пониженной скорости.

При пакетной резке тонкого металла верхний лист оплавляется подогревающим пламенем. Для устранения этого дефекта при сборке пакета сверху укладывают любой некачественный металл, идущий затем в отход.

Резка стали большой толщины. Основная особенность резки стали большой толщины (более 300 мм) состоит в необходимости сформировать фронт окисления металла большой протяженности, поэтому при резке металла большой толщины требуются специальная режущая аппаратура и выполнение особых приемов резки.

Для достижения стабильных показателей производительности и качества резки струя режущего кислорода должна сохранять окислительную способность и кинетическую энергию на возможно большей длине по толщине разрезаемого металла. Мощность подогревающего пламени должна быть такой, чтобы обеспечить подогрев шлаков в нижней части реза и защиту режущей струи от подсоса воздуха. Таким образом, расход режущего кислорода и горючего газа назначают намного больше, чем при кислородной резке стали обычной толщины. Резку выполняют, как правило, с использованием кислорода низкого давления до 392 кПа (3,92 кгс/см²), мундштуки резаков имеют обычные цилиндрические сопла большого диаметра. Скорость истечения струи невысока, при этом каждая частица кислорода дольше соприкасается с расплавом в резе, благодаря чему уменьшаются потери кислорода.

Струя большого диаметра обеспечивает окисление соответственно большого количества металла в верхней части реза, чем улучшается прогрев металла в нижней части реза. Образующийся шлак заполняет раковины и пустоты, располагающиеся довольно часто в прибылях, в связи с чем кислородная струя не теряет устойчивости и не меняет направления при резке металла с внутренними дефектами.

При резке стали большой толщины для уменьшения нагрева мундштука отраженной теплотой и во избежание засорения каналов для выхода горючей смеси брызгами шлака рекомендуется поддерживать расстояние от среза мундштука до поверхности разрезаемого металла значительно большим, чем при резке листового проката.

В целях создания условий для свободного вытекания шлака высота свободного пространства под изделием должна быть не менее 60% его толщины. Кроме того, для защиты резчика и машины от теплового

воздействия и брызг шлака необходимо предусматривать ограждение их асбестовыми или железными щитами.

Особое внимание необходимо уделять операциям, предшествующим резке. Место начала резки следует хорошо подогреть. Для этого рекомендуется располагать мунштук на $\frac{1}{3}$ его диаметра над кромкой заготовки. Если в момент врезания струи режущего кислорода в металл установить слишком высокое для данного сопла давление кислорода перед резаком, то цилиндричность струи и плавность ее истечения нарушатся. В результате этого образуется порог, ниже которого реакция горения прекратится.

Высококачественная резка стали большой толщины может быть обеспечена в том случае, если резак начинает перемещаться сразу после пуска струи режущего кислорода. Тогда при параллельном расположении струи режущего кислорода и торцовой поверхности разрезаемого изделия, если заготовки имеют прямоугольную форму, требуется очень точная установка резака в начальное положение над кромкой металла. Начало резки значительно облегчается, если резак наклонить на $2-3^\circ$ в сторону разрезаемой заготовки (рис. 5.11). При этом на торцовой поверхности разрезаемого изделия образуется канавка, способствующая концентрации потока шлака, и соответственно улучшается нагрев металла вдоль линии образуемого разреза.

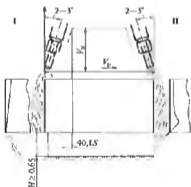


Рис. 5.11. Схема резки металла большой толщины
 S — толщина изделия V_p — скорость резки; V_{p0} — скорость резки на участке с вертикальным расположением мунштука,
 H — свободное пространство под изделием, I и II — соответственно положение начала и завершения процесса резки

В конце резки необходимо снизить ее скорость и наклонить резак в противоположную сторону, что обеспечит прорезание нижней кромки заготовки.

Большое значение при резке стали большой толщины имеет подогревающее пламя. Для обеспечения прогрева шлаков в нижней части реза и защиты струи кислорода от перемешивания с воздухом при резке стали толщиной более 1000 мм в резаках за режущим соплом располагают дополнительно сопло для подачи горючего газа.

При резке стали толщиной более 2000 мм 65% горючего газа подается в рез через дополнительное сопло.

5.5. Специальные виды кислородной резки

Поверхностная кислородная резка. Поверхностная кислородная резка нашла широкое применение в металлургии при удалении поверхностных дефектов литья, в сварочном производстве при удалении некачественных участков швов, при выполнении ремонтных работ.

Преимуществами поверхностной кислородной резки по сравнению с другими способами удаления дефектов являются: высокая производительность процесса, позволяющая удалять до 5 кг стали в 1 мин при ручной резке, возможность визуального обнаружения дефектов, которые четко выявляются на поверхности реза, отсутствие наклепа на обработанных поверхностях.

При поверхностной резке металл в начальной точке нагревается до температуры воспламенения. Благодаря значительному расширению струи кислорода на выходе из мундштука канавка на поверхности заготовки имеет большую ширину, чем выходной диаметр сопла, а ее глубина в большой степени зависит от угла наклона мундштука к поверхности заготовки, скорости перемещения резака и расхода режущего кислорода. При этом чем больше угол наклона мундштука, тем шире канавка и тем меньше ее глубина; чем выше скорость перемещения резака, тем мельче канавка.

Если с поверхности заготовки удаляется какой-либо местный дефект, то мундштук резака устанавливают на расстоянии 20—50 мм от места расположения дефекта. Начинают зачистку так, как было указано выше. Следует иметь в виду, что нельзя задерживать резак в месте начала резки, так как это приводит к образованию глубоких выхватов. Поверхностную резку необходимо выполнять по возможности за один прием без перерывов. Для ускорения начала резки в пламя можно по-

давать стальной пруток. Капли расплавленного металла позволяют быстро начать процесс, не дожидаясь пока металл поверхности нагреется до температуры воспламенения. Это имеет особое значение при использовании в качестве горючего газом — заменителем ацетилена.

Кислородно-флюсовая резка. Сущность процесса кислородно-флюсовой резки заключается в том, что в зону резки вводится порошкообразный флюс, который, поступая в рез, сгорает в струе кислорода и значительно повышает температуру лобовой поверхности в резе. Кроме того, его продукты окисления сплавляются с оксидами поверхностной пленки и образуют шлаки с более низкой температурой плавления, довольно легко удаляемые из реза.

В то же время при кислородно-флюсовой резке в качестве флюсоносущего газа используют кислород. При использовании флюса высокой чистоты порошок может воспламеняться на выходе из флюсоподающих трубок, что приводит к прекращению доступа его в зону реакции.

Последовательность выполнения технологических операций та же, что и при обычной кислородной резке с тем лишь различием, что подача флюса осуществляется через 1—2 с после зажигания подогревающего пламени. Расход флюса устанавливает оператор, заранее регулируя давление флюсоносущего газа в бачке и зазор между седлом и штоком, в соответствии с толщиной разрезаемого металла. Правильность выбора расхода флюса можно установить визуально при осмотре верхней кромки реза: на верхних кромках реза остаются небольшие валики расплавленного железного порошка. Повышенный расход флюса вызывает увеличение размера валиков и замедляет скорость резки. Малый расход флюса также замедляет процесс резки из-за недостаточного количества теплоты, выделяющейся в резе, и увеличенной вязкости шлака.

Резка металла кислородным кошем. Сущность этого процесса заключается в том, что в стальную трубу, разогретую на конце пламенем ацетиленокислородной горелки или каким-либо другим источником нагрева, подается кислород. Жидкие оксиды, получаемые при горении концевой части трубы, разогревают материал до температуры плавления; кроме того, они реагируют со многими тугоплавкими материалами, образуя жидкотекучие шлаки. Шлаки удаляются из отверстия струей кислорода в зазор между образовавшимся отверстием и поверхностью трубы.

Копье представляет собой толстостенную цельнотянутую трубу с наружным диаметром 20—35 мм либо тонкостенную стальную трубу,

в которую вставлена стальная проволока диаметром 3—4 мм, с заполнением 60—65% площади внутреннего сечения трубы. Питание кислородом копы осуществляется от цеховой магистрали или рампы. Давление на входе в копы составляет 588—1470 кПа (5,88—14,70 кгс/см²).

При прожигании отверстия копы прижимается к обрабатываемому материалу с усилием, необходимым для преодоления сопротивления застывающих шлаков. В процессе горения копы непрерывно укорачивается, причем в зависимости от толщины прожигаемого материала расход трубы может быть в 5—25 раз больше длины полученного отверстия. В целях улучшения процесса прожигания отверстия не рекомендуется совершать возвратно-поступательные движения копьем вдоль линии реза, необходимо лишь периодически поворачивать копы вокруг оси на угол 10—15° в обе стороны от нормали. Для улучшения условий удаления шлака из отверстия резку бетона лучше выполнять снизу вверх или под углом до 10° к горизонтали.

Наибольшую производительность прожигания отверстия в материалах обеспечивает процесс порошково-копьевой резки, сочетающий характерные особенности обычного кислородного копы, проникающего непосредственно в зону расплавления материала, и кислородно-флюсовой резки.

Подводная резка. Подводную резку применяют при судоремонтных, судоподъемных, аварийно-спасательных и восстановительных работах. При подводных работах применяют кислородную, воздушно-плазменную, дуговую и электрокислородную резку. Наибольшее распространение получила кислородная резка с использованием жидкого горючего (бензина).

Бензин подается в резак давлением азота. Зажигают пламя резака под водой. После зажигания пламени его регулируют по мощности и составу, при этом резак плотно прижимают к обрабатываемой поверхности, чтобы вода была отнесена от места начала резки. Регулируя подачу бензина, устанавливают пламя с типичным красноватым оттенком. Недостаток бензина вызывает желтую, избыток — голубую окраску пламени. Если появились искры, то это означает, что место начала резки прогрето достаточно и можно начинать резку, открыв вентиль режущего кислорода. Для резки характерны красноватое свечение и образование водоворота. При резке по возможности резак перемещают равномерно.

Так как мундштук плотно прилегает к поверхности металла, происходит интенсивный разогрев металла в зоне «пузыря». Вследствие этого верхние кромки реза оплавляются в большей мере и он прини-

мает сферическую форму. При подводной резке ширина реза больше, чем при обычной кислородной резке на воздухе. Производительность резки зависит от толщины разрезаемого металла, опыта резчика, удобства работы в зоне резки, прозрачности воды. Для улучшения условий резки под водой в ряде случаев применяют резаки, обеспечивающие создание газового пузыря в зоне резки (рис. 5.12).

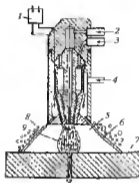


Рис. 5.12. Схема подводной кислородной резки с воздушным пузырем: 1 — запальник; 2 — трубка для подачи режущего кислорода, 3 — трубка для подачи горючей смеси; 4 — трубка для подачи воздуха, 5 — воздушный пузырь; 6 — поток воздуха; 7 — разрезаемый металл, 8 — пламя, 9 — пузырьки воздуха

Для образования пузыря используют азот, воздух, углекислый газ и др. Поступающий по трубке 4 газ оттесняет из зоны резки воду, чем обеспечиваются улучшение условий нагрева поверхности металла пламенем резака и повышение скорости резки на 30—50%.

Разделительная кислородная резка титана и его сплавов. Титан и его сплавы обладают высокой прочностью, высокой температурой плавления, малой плотностью ($4,5 \text{ г/см}^3$), поэтому они находят все возрастающее применение в авиации, судостроении, химическом и нефтяном машиностроении и др. По своей активности к кислороду титан уступает лишь натрию, магнию и алюминию, но более активен, чем цинк, марганец и железо.

При нормальной температуре титан устойчив к окислению. Интенсивное поглощение кислорода поверхностью начинается при 400°C , водорода — при 200°C , азота — при 600°C . При температуре до 600°C интенсивному окислению титана препятствует поверхностная пленка,

при повышении температуры пленка оксидов начинает растворяться в титане, что приводит к резкому увеличению диффузии кислорода, водорода и азота в металл.

Тепловой эффект окисления титана [206 МДж/(кг · моль)] более высокий, чем у железа, а его теплопроводность ниже, чем у железа. Температура воспламенения составляет 1100 °С. Вследствие этого титан и его сплавы обрабатываются обычной кислородной резкой без затруднений (табл. 5.4)

Таблица 5.4

Режимы механизированной фигурной резки титана

Толщина разрезаемого титана, мм	Давление режущего кислорода, кПа	Расход газа, м ³ /ч			Скорость резки, м/ч
		кислорода		ацетилен	
		режущего	подогревающего		
10	392	3,0	0,25	0,22	105,0
20	392	3,5	0,36	0,29	90,0
40	392	4,0	0,4	0,36	72,0
60	583	4,8	0,4	0,36	51,1
80	588	6,0	0,47	0,4	39,2
100	784	9,6	0,61	0,5	30,2
150	784	13,1	0,65	0,54	20,9

Примечание. Давление ацетилена 9,8—29,4 кПа (0,098—0,294 кгс/см²); подогревающего кислорода 98—196 кПа (0,98—1,96 кгс/см²).

Скорость резки титановых сплавов при прочих условиях в 2—5 раз выше, чем скорость резки низкоуглеродистой стали, а расход ацетилена и кислорода на 1 м реза меньше. Резка титана сопровождается сильным свечением зоны реакции наподобие горящего магнезия, поэтому для защиты глаз от светового воздействия светофильтры защитных очков должны быть с более высоким коэффициентом поглощения. В целях повышения устойчивости процесса кислородной резки титана расстояние между торцом мундштука и поверхностью разрезаемого металла увеличивают примерно в 1,5 раза по сравнению с принятым при резке низкоуглеродистой стали.

Ввиду высокой активности титана и его сплавов на поверхности реза располагается слой с измененным химическим составом глубиной до 2,5 мм, в котором содержатся оксиды и нитриды титана. Поэтому для изделий, кромки которых подвергаются сварке, в целях получения надлежащего качества сварки должен быть удален строганием

или фрезерованием поверхностный слой металла, включающий неперпендикулярность поверхности реза, шероховатость поверхности, а также слой окисленного металла (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Припуск деталей из титана под механическую обработку

Толщина разрезаемого металла, мм	Неперпендикулярность поверхности реза, мм	Шероховатость поверхности, мм	Глубина окисленного слоя, мм	Припуск, мм
45	0,1	0,25	0,6	1
60	0,1	0,3	0,6	1
100	0,25	0,85	0,75	1,85
160	0,4	0,9	1,1	2,4

У изделий, кромка которых может работать при знакопеременных нагрузках, обычно удаляют ЗТВ на глубину, равную удвоенному припуску в соответствии с табл. 5.5.

Для кислородной резки титана и его сплавов применяют те же самые машины и аппаратуру, что и для кислородной резки стали. Особое внимание необходимо обращать на оснащение рабочего поста средствами удаления образующихся при резке газообразных продуктов реакции окисления титана. В процессе резки образуется дым белого цвета, который должен быть удален из зоны резки вентиляцией и очищен в специальных устройствах.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность процесса газовой резки металлов?
2. Какие условия определяют возможность протекания процесса газовой резки?
3. Какие функции выполняет подогревающее пламя?
4. Какие условия необходимы для резки металла газокислородным пламенем?
5. Каковы особенности пакетной резки тонкого металла?
6. Особенности резки стали большой толщины.
7. Меры для повышения производительности и качества резки.
8. Резка кислородом высокого давления.
9. Особенности поверхностной кислородной резки.
10. Сущность процесса кислородно-флюсовой резки.

11. Опишите сущность процесса резки металлов кислородным копьем.
12. Сущность процесса подводной кислородной резки с воздушным пузырем.
13. Какие резаки применяются для ручной резки металла?
14. В чем различие щелевых мундштуков и многоопловых?
15. Каков порядок обращения с резаками при подготовке их к работе?
16. Какие основные узлы в конструкции керосинореза?

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ

6.1. Оборудование для полуавтоматической сварки

Дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного или активного газа с непрерывной автоматической подачей электродной проволоки широко применяется в промышленности. Зона сварки защищается извне подаваемым газом. Сварка плавящимся электродом с успехом применяется при автоматизированной и роботизированной сварке (рис. 6.1). Наибольшее распространение получила полуавтоматическая сварка как наиболее универсальная (рис. 6.2). Применение термина «полуавтоматическая» не вполне корректно, поскольку оборудование предусматривает автоматическое саморегулирование дуги и скорость плавления электрода. Единственное ручное управление, требуемое от сварщика при полуавтоматической сварке, — позиционирование и перемещение с определенной скоростью сварочной горелки. Длина дуги и сварочный ток поддерживаются автоматически.

Управление сваркой и режимом дуги осуществляют три основных элемента установки для сварки в защитном газе (см. рис. 6.2):

- сварочная горелка и подающий рукав;
- механизм подачи проволоки;
- источник сварочного тока.

Сварочная горелка и подающий рукав выполняют три функции — подают защитный газ в область горения дуги, подают сварочную проволоку к контактному наконечнику и подводят сварочный ток к контактному наконечнику. На рукоятке горелки имеется выключатель, нажатие на который включает и выключает сварочный ток, подачу проволоки и подачу газа.

Механизм подачи сварочной проволоки и источник сварочного тока для обеспечения автоматического саморегулирования длины дуги

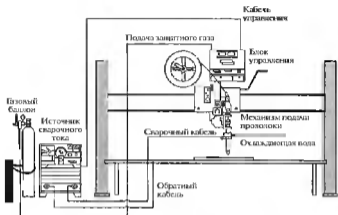


Рис. 6.1. Установка для автоматической сварки в защитном газе

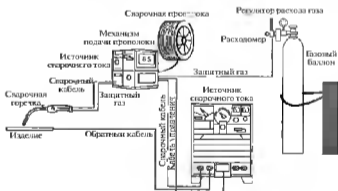


Рис. 6.2. Установка для полуавтоматической сварки в защитном газе

соединены обратной связью. Для полуавтоматической сварки применяются два типа источников сварочного тока: источник с постоянным (неизменным) током и источник с постоянным (неизменным) напряжением.

6.2. Источник сварочного тока

Источник сварочного тока поставляет электроэнергию дуге, горящей между электродом и заготовкой. В большинстве случаев для сварки плавящимся электродом используется постоянный ток обратной полярности, т.е. плюс на электроде, минус на изделии.

В состав большинства установок полуавтоматической сварки входит источник сварочного тока с постоянным (неизменным) напряжением и устройство с постоянной скоростью подачи электродной проволоки, т.е. блок питания поддерживает постоянное напряжение во время сварки. Основная причина широкого распространения таких источников сварочного тока — самокорректирующаяся длина дуги, присущая этой системе.

Для саморегулирующих систем источник питания должен иметь жесткую, пологопадающую характеристику. Напряжение дуги задается установкой выходного напряжения в блоке питания. Скорость подачи электродной проволоки во время сварки неизменна. Наибольшее распространение этот вид источника питания получил в установках полуавтоматической (ручной) сварки, т.е. когда происходят быстрые и частые изменения длины дуги. При этом даже незначительное изменение длины дуги соответственно вызывает незначительное изменение напряжения ΔU на дуге. Это в свою очередь вызывает значительное изменение сварочного тока ΔI , и как следствие, изменяется скорость плавления проволоки (рис. 6.3, а).

Рисунок 6.4 схематически иллюстрирует механизм автокоррекции. Когда сварочная горелка отодвигается от изделия, увеличивается рас-

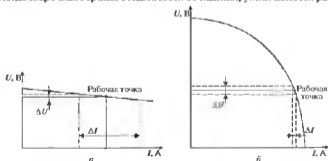


Рис. 6.3. Вольт-амперная характеристика источника сварочного тока: а — пологопадающая; б — крутопадающая

стояние L между сварочной проволокой и изделием, при этом увеличивается напряжение на дуге. Падает сварочный ток и падает скорость плавления проволоки, а так как скорость подачи электродной проволоки неизменна, то она начинает приближаться к изделию, пока не достигнет первоначального положения.



Рис. 6.4. Саморегулирование длины сварочной дуги

Длина дуги (L), мм	6,4	12,7	6,4
Напряжение на дуге, В	24	29	24
Сварочный ток, А	250	220	250
Скорость подачи проволоки, м/мин	6,4	6,4	6,4
Скорость плавления проволоки, м/мин	6,4	5,6	6,4

Желаемая длина дуги выбирается путем регулирования выходного напряжения источника сварочного тока, и никакие другие изменения во время сварки не требуются. Скорость подачи проволоки задается сварщиком до начала сварки и может регулироваться в больших пределах.

Некоторые установки полуавтоматической сварки тем не менее используют блоки питания с постоянным (неизменным) током. При этом источник сварочного тока имеет крутопадающую характеристику, т.е. незначительное изменение длины дуги вызывает незначительное изменение сварочного тока, но значительное изменение напряжения на дуге (рис. 6.3, б). В ответ на изменение напряжения на дуге система изменяет скорость подачи проволоки, увеличивая или уменьшая ее.

Сварочный ток устанавливается соответствующей установкой в блоке питания. Длина дуги и соответственно напряжение на дуге управляют и поддерживаются автоматической подачей электродной проволоки (см. рис. 6.4). Этот тип сварки лучше всего подходит при сварке электродной проволокой большего диаметра установками автоматической сварки, когда не требуется быстрого изменения скорости подачи проволоки. Система несаморегулирующаяся.

6.3. Сварочная горелка

Сварочная горелка предназначена для подачи сварочной проволоки и защитного газа в зону сварки и передачи сварочного тока сварочной проволоке. Существует множество разновидностей горелок как с воздушным, так и с водяным охлаждением, с прямыми и изогнутыми соплами. Горелки с изогнутыми соплами облегчают выполнение сварных швов в труднодоступных местах и углах. На рисунке 6.5 показан внешний вид горелок для полуавтоматической сварки.

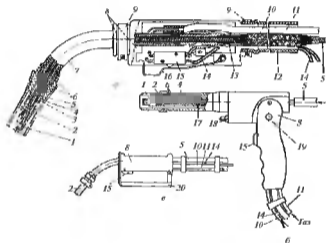


Рис. 6.5. Горелка для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе:

- а* — шланговая, *б* — пистолетная, *в* — монтажная;
 1 — токоподвод, 2 — сопло; 3 — отверстие выхода газа, 4 — щель для прохода газа, 5 — канал для подвода проволоки, 6 — токоподводящие трубки,
 7 — изоляция, 8 — рукоятка, 9 — сборочные хомуты, 10 — токоподводящий провод, 11 — газовая трубка, 12 — резиновая трубка, 13 — наружная стальная спираль, 14 — провода ручки Пуск; 15 — ручка Пуск, 16 — рычаг кнопки Пуск, 17 — изоляционная втулка; 18 — газовый вентиль, 19 — фиксатор поворота ручки, 20 — защитный щиток

По характеру взаимного расположения корпуса и рукоятки различают горелки мотовольтового и пистолетного типов. Последние часто

применяются при использовании «мягких» проволок и порошковых проволок большого диаметра. Они удобны также при сварке в вертикальном положении.

Основные детали горелок (рис. 6.6): контактная трубка; сопло; подающий рукав; направляющий канал; выключатель.

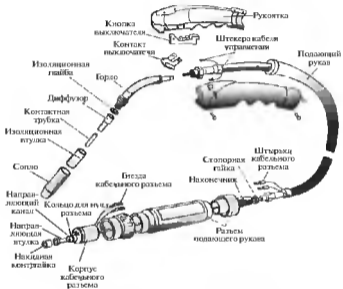


Рис. 6.6. Устройство горелки для газоплазменной сварки

Контактная трубка, обычно выполненная из меди или медного сплава, предназначена для передачи сварочного тока электродной проволоке и направления проволоки к месту сварки. Контактная трубка присоединяется к сварочному кабелю.

Поскольку электродная проволока движется непрерывно, втулка имеет скользящий контакт для передачи сварочного тока с кабеля на электрод. Большое значение имеет качество внутренней поверхности трубки, так как электрод должен легко скользить в ней, но в то же время иметь хороший контакт. Для минимизации нагрева корпуса горелки периодически по мере износа контактной трубки ее необходимо

заменять. Для каждого диаметра электродной проволоки предназначена своя контактная втулка.

Сопло равномерно направляет струю защитного газа в зону сварки. Равномерность потока чрезвычайно важна в обеспечении требуемой защиты расплавленного металла сварочной ванны от воздействия атмосферы. Размер сопла выбирают в зависимости от режима сварки, т.е. сопло большого диаметра предназначено для сварки с большой плотностью сварочного тока, когда сварочная ванна имеет большой размер.

Подающий рукав и направляющий канал подключаются к механизму подачи электродной (сварочной) проволоки и подают электродную проволоку от механизма подачи к сварочной горелке. Для уменьшения трения и облегчения скольжения электродной проволоки направляющий канал подающего рукава имеет тефлоновое покрытие. При выполнении сварочных работ не допускается скручивать кольцами подающий рукав и сильно изгибать его. Стандартная длина подающего рукава 3—4 м. Более длинные рукава поставляются по специальному заказу.

При большой длине подающего рукава иногда применяется горелка с небольшим встроенным механизмом подачи проволоки. Такая система позволяет тянуть проволоку от удаленного механизма подачи проволоки.

Гибкий шланг в полуавтоматах предназначен для подачи электродной проволоки, сварочного тока, защитного газа. Токоподвод к электродной проволоке обычно осуществляется через трубчатые наконечники.

6.4. Электродная проволока

Сварка в защитном газе производится сплошной или порошковой проволокой диаметром 0,5—2,4 мм (в аргоне — до 4 мм). Электродная проволока выбирается в зависимости от материала свариваемого изделия и режима сварки. Экономически выгодно использовать предельно допустимый режим сварки. В таблице 6.1 приведен выбор диаметра электродной проволоки в зависимости от применяемого сварочного тока.

Для полуавтоматической сварки наиболее часто применяется проволока Св-08Г2С, имеющая следующий состав: углерод — 0,05—0,11%; марганец — 1,8—2,10%; кремний — 0,7—0,95%; сера —

<0,025%; фосфор — <0,03%; медь — <0,025%. Обмедненная поверхность проволоки предохраняет основной металл от окисления, а также придает мягкость скольжения при прохождении проволоки в стволе горелки.

Скорость сварки непосредственно связана со скоростью подачи электродной проволоки (если скорость подачи проволоки во время сварки неизменна), т.е. увеличение (или уменьшение) скорости подачи проволоки вызывает увеличение (или уменьшение) скорости сварки. На рисунке 6.7 показана характеристика оплавления электродной проволоки различного диаметра при типовой скорости подачи.

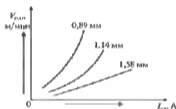


Рис. 6.7. Характеристики оплавления электродной проволоки

График также показывает, что с увеличением (или уменьшением) диаметра при любой скорости подачи электродной проволоки увеличивается (или уменьшается) скорость сварки.

На приведенном графике характеристика оплавления электродной проволоки (при любом диаметре) непрямолинейна, хотя в нижней части практически прямолинейна. Одним словом, для каждого сечения есть пропорциональный участок, когда увеличение скорости подачи пропорционально увеличению сварочного тока и соответственно скорости сварки. Тем не менее при максимально допустимых значениях сварочного тока, особенно для проволоки малых диаметров, характеристика оплавления приобретает криволинейный характер. В этой области увеличение скорости подачи проволоки вызывает большее ее оплавление и тем большее, чем больше возрастает скорость. Это связано с увеличивающимся нагревом проволоки, проходящим по ней сварочным током. Чем выше плотность тока, тем больше нагрев проволоки, находящейся между дугой и контактным наконечником сварочной горелки, и тем выше скорость ее плавления.

Таблица 6.1

Выбор электродной проволоки для полуавтоматической сварки

Материал	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А
Алюминий и алюминиевые сплавы	0,8	50—175
	1,2	90—250
	1,6	160—350
	2,4	225—400
	3,2	350—475
Магниеые сплавы	1,0	150—300
	1,2	160—320
	1,6	210—400
	2,4	320—510
	3,2	400—600
Медь и медные сплавы	0,9	150—300
	1,2	200—400
	1,6	250—450
	2,4	350—550
Никель и никелевые сплавы	0,5	—
	0,8	—
	0,9	100—160
	1,2	150—260
	1,6	100—400
Нержавеющая сталь	0,5	—
	0,6	—
	0,8	75—150
	0,9	100—160
	1,2	140—310
	1,6	280—450
	2,0	—
	2,4	—
	2,8	—
Низкоуглеродистая сталь	0,8	40—220
	0,9	60—280
	1,2	125—380
	1,3	260—460
	1,6	275—450
Углеродистая сталь повышенной прочности	0,8	60—280
	1,2	125—380
	1,6	260—460

6.5. Механизм подачи электродной проволоки

Электрод (электродная проволока) в зону сварки подается с помощью специального устройства — механизма подачи (рис. 6.8). Механизм подачи электродной проволоки состоит из электродвигателя постоянного тока, роликов и катушки с проволокой. Реостат, включенный в обмотку двигателя, позволяет плавно изменять скорость вращения электродвигателя и тем самым изменять скорость подачи электродной проволоки.

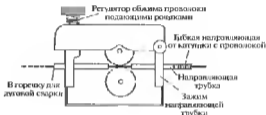


Рис. 6.8. Механизм подачи электродной проволоки

Механизм подачи проволоки предназначен для перемещения электродной проволоки с бухты в зону сварки с постоянной скоростью.

Электродная проволока перемещается от полуавтомата через гибкий шланг к сварочной горелке с помощью подающего механизма. Существуют различные схемы подающих механизмов. В схеме толкающего типа электродвигатель подающего механизма имеет жесткую характеристику. Такая схема применяется при сварке стальной электродной проволокой. В схеме тянущего типа подающий механизм размещается непосредственно с горелкой. Такое расположение подающего механизма снижает сопротивление проталкивания сварочной проволоки, и поэтому можно увеличить длину гибкого шланга. Однако это приводит к увеличению массы горелки и снижению ее маневренности. Применяют комбинированные варианты подающих механизмов, работающих по схеме «тяги-толкая». В этом случае требуется установка дополнительного электродвигателя с направляющими роликами. Для синхронизации процесса «тяги-толкая» необходимо установить два электродвигателя: толкающий и тянущий. Электродвигатель тянущего механизма, натянул электродную проволоку, автоматически снижает свои обороты. Толкающий электродвигатель имеет постоян-

ные обороты. При включении электродвигателей от пусковой кнопки одновременно подается напряжение на конец сварочной проволоки. При касании проволоки свариваемого изделия зажигается дуга и начинается сварка. Подающие механизмы, перечисленные выше, являются редукторными.

Применяют три модификации редукторных подающих механизмов ПМЗ-1 — подающий механизм закрытого типа с кассетой для стальной проволоки массой 5 кг; ПМО-1 — подающий механизм открытого типа с кассетой стальной проволоки массой 12 и 20 кг; ПМТ-1 — подающий механизм с тележкой и бухтой стальной проволоки массой до 50 кг.

Выпускают новые конструкции безредукторных подающих механизмов: планетарные «Изаплан» и импульсные «Интермигмаг» (с пульсирующей подачей проволоки). Основными элементами механизма «Изаплан» являются планетарные подающие ролики, корпус с коническим отверстием, основание головки, электропривод. Безредукторный подающий механизм «Интермигмаг» применяют при импульсно-дуговой сварке.

Планетарная подающая головка «Изаплан» укреплена на полом валу электродвигателя постоянного тока. Электродная проволока проходит через полый валик и поступает на планетарные ролики подающей головки.

Ролики располагаются под определенным углом к оси электродной проволоки, это создает осевое усилие в процессе ее обкатки. Электродная проволока перемещается по направляющему каналу к сварочной головке. Скорость подачи проволоки регулируется изменением частоты вращения ротора электродвигателя постоянного тока. Усилие сжатия роликов регулируется перемещением по резьбе конусного корпуса подающей головки.

Число ведущих роликов в подающих механизмах как редукторных, так и в безредукторных определяется в зависимости от диаметра и материала сварочной проволоки. Для тонкой стальной проволоки диаметром 1,2 мм применяют механизм с одним ведущим роликом; для стальной проволоки диаметром 1,6—2,5 мм — механизм с двумя ведущими роликами; для алюминиевой и порошковой проволоки — механизм с четырьмя ведущими роликами. Ролики изготавливают из легированной стали с последующей термообработкой. Наиболее часто применяют цельные (одинарные) ролики с накаткой и коническими гладкими канавками и составные из двух подающих роликов с фасками и накаткой по фаске. Для уменьшения засорения направ-

ляющего канала высота накатки на ведущих роликах не должна превышать 0,6 мм.

Перед началом сварки сварщик должен выбрать размер электрода (диаметр сварочной проволоки), проверить соответствие контактного наконечника горелки выбранному диаметру проволоки, установить напряжение, интенсивность газового потока, скорость подачи электродной проволоки. До ввода сварочной проволоки в горелку необходимо проверить, что подающий ролик, направляющий канал и токоподводящее сопло соответствуют выбранной проволоке. Усилие прижима проволоки должно быть таким, чтобы выходящая через горелку проволока допускала легкое торможение пальцами. Вылет электрода при полуавтоматической сварке плавящимся электродом устанавливается в зависимости от диаметра электродной проволоки:

Диаметр электродной проволоки, мм	0,5	0,8	1,0	1,6	2,0
Вылет электрода, мм.	5–6	6–7	7–9	10–12	12–15
Минимальный ток, А	25–30	35–40	45–55	80–90	100–130

При полуавтоматическом способе сварка производится сплошной или порошковой проволокой в среде защитного газа. Конструктивно

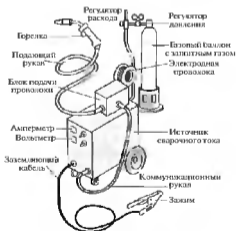


Рис. 6.9. Установка для полуавтоматической сварки плавящимся электродом

аппараты состоят из выпрямителя с жесткой внешней характеристикой и механизма подачи сварочной проволоки, выполненных в одном корпусе (компактное решение) или раздельно (рис. 6.9). В качестве сварочных материалов применяются защитные газы и сварочная проволока соответствующего химического состава (как правило, в катушках). Способ отличается высокой производительностью. Возможна сварка углеродистых и легированных сталей, алюминиевых сплавов и нержавеющей стали.

Включение двигателя подачи проволоки может осуществляться двумя способами: нажатием пусковой кнопки или замыканием электродной проволоки на свариваемое изделие.

6.6. Газовые смесители, редукторы, расходомеры

Для сварки в среде защитных газов сварочный пост необходимо обеспечить комплектом соответствующей аппаратуры, в который входят:

- баллон с защитным газом, инертным газом или несколько баллонов для использования смеси газов; подогреватель, осушитель и смеситель газов;
- редукторы с манометрами или расходомерами для точной дозировки каждого газа.

Баллоны предназначены для хранения и транспортирования защитных газов. Все газы находятся в баллонах в сжатом состоянии, под высоким давлением, кроме углекислого газа, который содержится в виде углекислоты в жидком состоянии.

Газовая аппаратура для сварки в защитных газах служит для подготовки, подачи газа и управления подачей газа при сварке. Это газовые редукторы, подогреватели и осушители газов, расходомеры, смесители газов, электромагнитные газовые клапаны и т.д.

Защитные сварочные газовые смеси выпускаются на заводах по производству технических газов и поставляются в стандартных газовых баллонах различной емкости. Однако в последнее время некоторые потребители предпочитают самостоятельно производить сварочные смеси. Это связано или с тем, что стандартные газовые смеси не удовлетворяют их по своему качеству (большой разброс процентного соотношения компонентов смеси, высокое содержание влаги и раз-

личных примесей), или с необходимостью применения нестандартных смесей (например, многокомпонентных). Естественно, в этих случаях появляется потребность в применении специальных приборов для качественного смешивания компонентов, для чего применяют газовые смесители.

Как правило, в газовых смесителях используется принцип подмешивания одного компонента смеси к другому (или другим) при условии выравнивания давления различных компонентов. Наиболее часто применяются двух-, трех- и четырехкомпонентные смесители. Рассмотрим работу двухкомпонентного смесителя как наиболее простого (рис. 6.10).

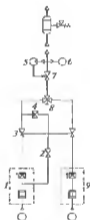


Рис. 6.10. Схема двухкомпонентного смесителя:

- 1, 9 — входные камеры; 2 — регулятор входного газа; 3 — редуктор;
4 — регулятор пропорции смешиваемых газов; 5 — регулятор бросков давления;
6 — манометр/расходомер; 7 — электромгнитный клапан; 8 — блок смешивания

Смешиваемые газы (например, аргон и углекислый газ как наиболее часто используемые в защитных смесях) подаются во входные камеры 1 и 9, имеющие предварительные регуляторы входного давления и встроенные фильтры. Из входных камер компоненты поступают в двухкамерный редуктор 3, в котором происходит окончательное выравнивание давления компонентов смеси с высокой точностью. После выравнивания давления компоненты поступают в блок смешивания 8.

При этом регулятор пропорции смешиваемых газов 4 постоянно контролирует процентное соотношение компонентов смеси (в процентах от объема) с помощью регулятора пилотного газа 2 (пилотный газ — один из газовых компонентов смеси, используемых в процессе смешивания, — выступает в роли наполнителя в двухкамерных редукторах выравнивания давления). Поступление компонентов смеси в блок смешивания осуществляется через калиброванные отверстия, размер которых точно соответствует типу компонента (вот почему производители газовых смесителей требуют указывать, для каких газов будет применяться смеситель). Затем через электромагнитный клапан 7 смесь поступает в регулятор 5, который сглаживает броски давления и подается в буферную емкость для подачи в магистральную сеть. Манометр/расходомер 6 отображает значения давления и расхода готовой смеси на выходе из смесителя.

Система сигнализации смесителя, работающая совместно с реле давления, контролирует уровень давления газов на входе в смеситель. Сигнализация срабатывает, если уровень давления хотя бы одного из смешиваемых газов падает ниже установленного минимума. При этом срабатывает выключатель, и смеситель отключается.

Регулировка производительности смесителя осуществляется изменением входного давления компонентов смеси и изменением выходного давления готовой смеси. Соотношение компонентов смеси контролируется регулятором пропорции смешиваемых газов, который установлен обычно на лицевой панели смесителя и проградуирован в процентах одного из компонентов смеси (на трех- и многокомпонентных смесителях делают несколько регуляторов пропорции).

Смесители для обслуживания группы сварочных постов (от трех до десяти) могут быть установлены на ресиверы (для создания запаса готовой смеси). Серийно выпускаемые смесители, как правило, являются стационарными и в зависимости от производительности (от 1,2 до 600 м³/ч) способны обеспечить защитными газами смеси от 1 до 500 постов полуавтоматической сварки. Установка смесителей в магистральную сеть похожа на подключение компрессора в системе сжатого воздуха.

Существуют и более простые однопостовые смесители, устанавливаемые непосредственно на газовые баллоны. Такие смесители позволяют отказаться от использования газовых регуляторов давления и могут быть рекомендованы для применения на небольших производствах. Принцип действия этих смесителей основан на инъекции углекислого газа в поток аргона через калиброванное отверстие, позволяющее точно дозировать пропорции компонентов смеси.

Для снижения давления защитного газа или газовой смеси, подаваемых в сварочную горелку, и точного дозирования служат регуляторы расхода (рис. 6.11, а). Регулятор расхода может иметь или не иметь расходомер. Простейший расходомер представляет стеклянную градуированную трубку, в которую помещен легкий шарик (рис. 6.11, б). Поток защитного газа, проходя по трубке, обтекает шарик. В зависимости от интенсивности потока шарик поднимается на определенную высоту.

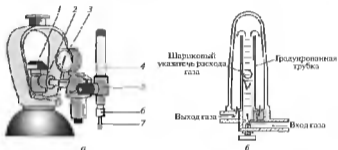


Рис. 6.11. Регулятор расхода защитного газа (а) и расходомер (б): 1 — край баллона, 2 — накидная гайка, 3 — манометр давления газа в баллоне, 4 — расходомер, 5 — винт регулятора расхода; 6 — гайка, 7 — штуцер крепления газового шланга

Для получения достоверных результатов расходомеры такого типа должны устанавливаться строго вертикально. Кроме того, так как защитные газы и газовые смеси имеют различную плотность, каждая модель расходомера предназначена для определенного газа. Использование с другим типом газа даст неверные показания о расходе защитного газа.

Регулятор расхода газа в большинстве случаев представляет газовый редуктор и калиброванную дюзу, установленную в выходном штуцере редуктора. Редуктор служит для понижения давления газа, отбираемого из баллона, до рабочего и автоматического поддержания этого давления постоянным, независимо от изменения давления газа в баллоне. Калиброванная дюза пропускает строго определенное количество газа в единицу времени при заданном давлении. Изменяя давление, изменяют расход газа.

Основными рабочими характеристиками газовых редукторов являются:

- рабочее давление — $P_{\text{р.об}}$, МПа;
- пропускная способность (расход) — Q , м³/ч;
- предел редуцирования — $P_{\text{вх}}$, МПа;
- перепад давления, характеризующийся коэффициентом редуцирования.

Рабочее давление и пропускная способность редуктора являются взаимозависимыми параметрами — при постоянном диаметре выходного сопла (дюзы) зависимость расхода от рабочего давления прямо пропорциональна. Следовательно, при постоянном диаметре выходного сопла для поддержания постоянного расхода газа достаточно поддерживать постоянным рабочее давление.

При работе редуктора от баллона давление газа на входе в редуктор понижается, в соответствии с этим изменяется и рабочее давление и соответственно расход газа. Величина и направление изменения (увеличение или уменьшение) зависят от конструкции редуктора.

Одноступенчатые газовые редукторы выпускаются в двух исполнениях: прямого и обратного действия. У редуктора прямого действия рабочее давление по мере расхода газа из баллона снижается, а у редуктора обратного действия — повышается. На рисунке 6.12 представлены зависимости рабочего давления $P_{\text{р.об}}$ от давления газа на входе для редуктора прямого и обратного действия. Из рисунка видно, что редуктор обратного действия обеспечивает более постоянное рабочее давление, чем редуктор прямого действия.

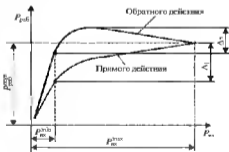


Рис. 6.12. Зависимость рабочего давления $P_{\text{р.об}}$ от давления газа на входе

На рисунке 6.13 показана схема устройства и принцип работы двухкамерного редуктора прямого действия. Газ из баллона через клапан II поступает в камеру низкого давления $Ю$. Установленный винтом 9

рабочее давление автоматически поддерживается постоянным. В случае уменьшения отбора газа давление в камере 10 увеличивается, мембрана 7 отжимается вниз и прикрывает клапан 11. При снижении давления пружина 8 отжимает мембрану вверх и клапан 11 открывается. Предохранительный клапан 5 защищает мембрану от разрыва при чрезмерном повышении давления в камере 10.

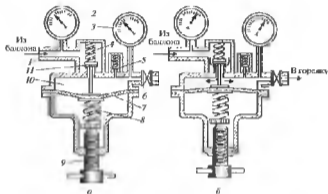


Рис. 6.13. Схема устройства и работы редуктора:
 а — газ не идет через редуктор, б — газ проходит через редуктор. 1 — штуцер;
 2, 3 — манометры, 4 — пружина, 5 — предохранительный клапан, 6 — вентили;
 7 — мембрана, 8 — пружина, 9 — винт, 10 — камера, 11 — клапан

Из камеры 10 газ поступает через вентиль и штуцер к горелке, и его давление контролируется манометром 2. Положение клапана 11 регулируется мембраной 7, пружинами 4 и 8, винтом 9. При заворачивании винта 9 пружины 4 и 8 сжимаются, клапан открывается больше, и давление в камере 10 повышается. При выворачивании винта давление падает.

Большинство регуляторов расхода газа, выпускаемых в настоящее время, снабжены расходомерами. Расходомер может быть манометрическим или дросельным. Некоторые расходомеры имеют две шкалы — черную и красную, что позволяет производить замер расхода газа, например аргона и углекислого газа, без замены дюзы.

Некоторые регуляторы расхода газа отличаются полным отсутствием манометров-расходомеров, но благодаря правильно подобранной дюзе и пружинам максимальный расход газа (Ar/CO_2) при полностью накрученном маховике — не более 20 л/мин. Этими регуляторами

обычно комплектуются сварочные аппараты для бытовых целей и мастерских.

Подогреватель газа предназначен для повышения температуры углекислого газа, поступающего из баллона. Подогреватели (рис. 6.14) дополнительно служат для предотвращения замерзания редуктора при большом расходе углекислого газа, поступающего в него из баллона. Подогреватель крепят к баллону накидной гайкой. Питание осуществляется постоянным током напряжением 20 В или переменным током напряжением 36 В.

Осушители высокого давления устанавливают перед понижующим редуктором. Осушители низкого давления применяют при централизованной газовой разводке. В качестве поглотителя влаги используют силикагель или алюмогликоль, реже — медный купорос и хлористый кальций. Силикагель и медный купорос, насыщенный влагой, прокаливают при температуре 250—300 °С в течение 1 ч. Осушитель рассчитан на осушку 30—33 м³ углекислого газа при одной зарядке (рис. 6.15).

Газовый клапан используют для экономии защитного газа. Его устанавливают по возможности ближе к сварочной горелке, включают до зажигания дуги и выключают после обрыва дуги и полного затвердевания металла в кратере шва. Наибольшее распространение получили электромагнитные газовые клапаны.

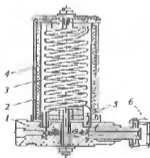


Рис. 6.14. Подогреватель углекислого газа

- 1 — корпус; 2 — рукоятка; 3 — змеявик;
4 — теплоизоляционный слой;
5 — нагревательный элемент;
6 — накидная гайка

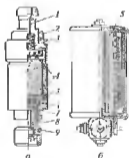


Рис. 6.15. Осушители углекислого газа высокого (а) и низкого (б) давления

- 1 — рукоятка; 2 — накидная гайка;
3 — грузинка; 4, 9 — сетки;
5 — фильтр; 6 — сегчатая шайба;
7 — корпус; 8 — штуцер

6.7. Сварка плавящимся электродом в защитном газе

Общие сведения. Сварка плавящимся электродом — это процесс соединения металлов плавлением электрической дугой, горячей между непрерывно подаваемым плавящимся электродом и изделием. Зона горения дуги защищается с помощью газа (рис. 6.16). Защитный газ и подвижный плавящийся электрод — два обязательных участника этого процесса.



Рис. 6.16. Сварка плавящимся электродом в защитном газе

При сварке плавящимся электродом шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления дополнительного металла — электродной проволоки. Поэтому форма и размеры шва помимо прочего (скорости сварки, пространственного положения электрода и изделия и т.п.) зависят также от характера расплавления и переноса электродного металла в сварочную ванну. Характер переноса электродного металла определяется в основном материалом электрода, составом защитного газа, плотностью сварочного тока и рядом других факторов.

Характер переноса расплавленного металла имеет большое значение для качественного формирования сварного шва при сварке плавящимся электродом в защитном газе. Управляя этим процессом различными способами (используя специальные сварочные процессы), можно всегда получить качественное сварное соединение. При данном способе сварки можно выделить несколько основных форм расплавления электрода и переноса электродного металла в сварочную ванну:

- циклический режим сварки короткой дугой без разбрызгивания;
- режим сварки оптимизированной короткой дугой;
- крупнокапельный процесс сварки,
- режим импульсной сварки;
- режим струйного переноса металла;
- режим непрерывного вращающегося переноса металла (ротационный перенос).

Режим струйного и крупнокапельного, а также непрерывного вращающегося переноса металла связан со сравнительно высокой энергией дуги и обычно ограничивается сваркой в нижнем и горизонтальном положении металла толщиной более 3 мм. Циклический режим сварки короткой дугой без разбрызгивания и импульсная сварка имеют низкие энергетические показатели, но обычно позволяют сваривать металл толщиной до 3 мм во всех пространственных положениях.

Циклический режим сварки короткой дугой без разбрызгивания (режим сварки с периодическими короткими замыканиями). Данный процесс сварки характерен для сварки электродными проволоками диаметром 0,5–1,6 мм при короткой дуге с напряжением 15–22 В и токе 100–200 А.

После очередного короткого замыкания (8 и 9 на рис. 6.17) силовое поверхностное натяжение расплавленного металла на торце электрода стягивается в каплю, приближая ее к правильной сфере ($I-3$), создавая тем самым благоприятные условия для плавного объединения со сварочной ванной. В результате длина и напряжение дуги становятся максимальными.



Рис. 6.17. Циклический режим сварки короткой дугой без разбрызгивания электродного металла: 1–9 — стадии переноса

Во всех стадиях процесса скорость подачи электродной проволоки постоянна, а скорость ее плавления изменяется и в периоды 3 и 4 меньше скорости подачи. Поэтому торец электрода с каплей приближается к сварочной ванне (длина дуги и ее напряжение уменьшаются) до короткого замыкания (4). Во время короткого замыкания капля расплавленного электродного металла переходит в сварочную ванну. Далее процесс повторяется.

При коротком замыкании резко возрастает сварочный ток — до 150—200 А и как результат этого увеличивается сжимающее действие электромагнитных сил, совместное действие которых разрывает перемычку жидкого металла между электродом и деталью (рис. 6.18). Капля мгновенно отрывается, обычно разрушаясь и разлетаясь в стороны, что приводит к разбрызгиванию. Кроме того, ток такой величины, пытаясь пройти через узкую перемычку, образовавшуюся между каплей и ванной, приводит к выплеску металла.

Для уменьшения разбрызгивания электродного металла необходимо сжимающее усилие, возникающее в проводнике при коротком замыкании, сделать более плавным. Это достигается введением в источник сварочного тока регулируемой индуктивности. Эффект индуктивности иллюстрируют кривые на рис. 6.19. Изгиб кривой *A* показывает изменение тока во времени при наличии в цепи индуктивности, кривая *B* — при отсутствии индуктивности.

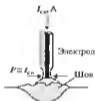


Рис. 6.18. Иллюстрация сжимающего эффекта при циклическом режиме сварки короткой дугой



Рис. 6.19. Изменение тока во времени с индуктивностью и без индуктивности в цепи

Максимальная величина сжимающего усилия определяется уровнем тока короткого замыкания, который зависит от конструкции блока питания. Величина индуктивности определяет скорость нарастания сжимающего усилия. При малой индуктивности капля будет быстро и сильно сжата — электрод начинает брызгать. При большой индуктивности увеличивается время отделения капли, и она плавно переходит в сварочную ванну. Сварочный шов получается более гладким и чистым.

Частота периодических замыканий дугового промежутка при циклическом режиме сварки короткой дугой может изменяться в пределах 90—450 замыканий в секунду. Для каждого диаметра электродной проволоки в зависимости от материала, защитного газа и существует диапазон сварочных токов, в котором возможна сварка с короткими

замыканиями. Данный режим удобен для сварки тонколистового металла и пригоден для полуавтоматической сварки во всех пространственных положениях. При оптимальных параметрах процесса потери электродного металла на разбрызгивание не превышают 7%.

Режим сварки оптимизированной короткой дугой. Процесс сочетает в себе циклический режим сварки короткой дугой и очень высокую скорость подачи сварочной проволоки, что позволяет использовать короткую и мощную дугу (напряжение на дуге до 26 В при токе до 300 А). Данный режим позволяет получить сварные соединения с минимальным тепловложением и низкой степенью окисления наплавленного металла.

Крупнокапельный перенос металла при сварке. Увеличение плотности сварочного тока и длины (напряжения) дуги (напряжение на дуге от 22 до 28 В и ток от 200 до 290 А) ведет к изменению характера расплавления и переноса электродного металла, переходу от сварки короткой дугой с короткими замыканиями к сварке с редкими короткими замыканиями или без них. В сварочную ванну электродный металл переносится нерегулярно, отдельными крупными каплями различного размера. При этом ухудшаются технологические свойства дуги, затрудняется сварка в потолочном положении, а потери электродного металла на угар и разбрызгивание возрастают до 15%.

Крупнокапельный процесс сварки характеризуется некачественным формированием сварного шва.

С положительного электрода, независимо от типа защитного газа, крупнокапельный перенос металла происходит при низких плотностях тока. Крупнокапельный перенос характеризуется размером капли, капля имеет диаметр больше, чем сам электрод.

При использовании инертных защитных газов достигается осеориентированный перенос электродного металла без разбрызгивания. Длина дуги при этом должна быть достаточной, чтобы гарантировать отделение капли прежде, чем она коснется расплавленного металла (рис. 6.20, а).

Использование углекислого газа в качестве защитного газа при крупнокапельном переносе всегда дает не осеориентированный перенос



Рис. 6.20. Крупнокапельный перенос электродного металла при сварке

капель металла (см. рис. 6.20). Это является следствием электромагнитного отталкивающего воздействия на низ расплавленных капель. При углекислотной защите конец электродной проволоки плавится теплом дуги, переданным через расплавленную каплю. Капли в форме бесформенных шариков, произвольно направляемые через дугу, дают сильное разбрызгивание (рис. 6.21). Сварной шов получается грубый, с волнистой поверхностью.

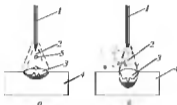


Рис. 6.21. Струйный (а) и крупнокапельный (б) перенос электродного металла: 1 — электрод, 2 — дуга, 3 — сварочная ванна, 4 — изделие, 5 — капли электродного металла

Дуга, обычно неустойчивая, сопровождается характерным треском. Для уменьшения разбрызгивания необходимо, чтобы конец электрода находился ниже поверхности металла, но в пределах полости, создаваемой дугой. Поскольку большая часть энергии дуги направлена вниз и ниже поверхности сварочной ванны, сварной шов имеет очень глубокое проплавление.

Режим импульсной сварки. Для улучшения технологических свойств дуги применяют периодическое изменение ее мгновенной мощности — импульсно-дуговая сварка. Теплота, выделяемая основной дугой, недостаточна для плавления электродной проволоки со скоростью, равной скорости ее подачи. Вследствие этого длина дугового промежутка уменьшается.

Под действием импульса тока происходит ускоренное расплавление электрода, обеспечивающее формирование капли на его конце. Резкое увеличение электродинамических сил сужает шейку капли и сбрасывает ее в направлении сварочной ванны в любом пространственном положении, т.е. режим импульсной сварки — режим, при котором капли расплавленного металла принудительно отделяются электрическими импульсами. За счет этого на токах, соответствующих крупнокапельному переносу, можно формировать качественные сварные швы, подобно циклическому режиму сварки короткой дугой без разбрызгивания.

Импульсный режим использует одиночные импульсы или группу импульсов с одинаковыми или различными параметрами. В последнем случае первый или первые импульсы ускоряют расплавление электрода, а последующие сбрасывают каплю электродного металла в сварочную ванну. За счет этого металл переносится порциями мелких капель и без разбрызгивания. Кроме того, за счет применения импульсной технологии возникает электромеханическая вибрация сварочной ванны, в результате чего газовые пузырьки выходят из нее и сварные швы получаются высокой плотности.

Устойчивость режима импульсной сварки зависит от соотношения основных параметров (величины и длительности импульсов и пауз). Соответствующим подбором тока основной дуги и импульса можно повысить скорость расплавления электродной проволоки, изменить форму и размеры шва, а также уменьшить нижний предел сварочного тока, обеспечивающий устойчивое горение дуги.

Преимуществом этого метода является низкое тепловложение, что важно при сварке тонких материалов и при позиционной сварке. Импульсный режим обеспечивает высококачественную сварку низкоуглеродистых и низколегированных сталей. При сварке алюминия можно использовать электродную проволоку больших диаметров, при этом обеспечивается меньшая пористость. Основным недостатком этого процесса — сложный блок питания.

Импульсный режим обеспечивает более высокий коэффициент тепловложения в наплавленный металл, чем циклический режим сварки короткой дугой без разбрызгивания, и осуществляется при напряжении на дуге от 28 до 35 В и токах от 300 до 350 А. На рисунке 6.22 показан график изменения тока и процесс переноса металла.

Режим струйного переноса металла. При достаточно высоких плотностях постоянного по величине (без импульсов или с импульсами)

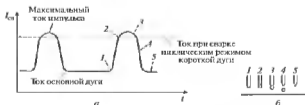


Рис. 6.22. Режим импульсной сварки *а* — изменение сварочного тока во времени, *б* — перенос металла; 1–5 — стадии переноса электродного металла

сварочного тока обратной полярности и при горении дуги в инертных газах (содержание аргона не менее 80%) может наблюдаться очень мелкокапельный перенос электродного металла. Название «струйный» он получил потому, что при его наблюдении невооруженным глазом создается впечатление, что расплавленный металл стекает в сварочную ванну с торца электрода непрерывной струей.

Поток капель направлен строго по оси от электрода к сварочной ванне. Дуга очень стабильная и ровная. Разбрызгивание очень небольшое. Валик сварного шва имеет гладкую поверхность. Энергия дуги передается в металл в форме конуса, поэтому наплавляемый металл имеет поверхностное слияние. Глубина проплавления больше, чем при циклическом режиме сварки короткой дугой, но меньше, чем при крупнокапельном переносе.

Изменение характера переноса электродного металла с капельного на струйный происходит при увеличении сварочного тока до «критического» для данного диаметра электрода (рис. 6.23).

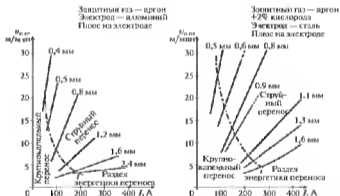


Рис. 6.23. Характеристики плавления и переноса металла электродной проволоки

Значение критического тока уменьшается при активировании электрода (нанесении на его поверхность тем или иным способом некоторых легкоионизирующих веществ), увеличении вылета электрода. Изменение состава защитного газа также влияет на значение критического тока. Например, добавка в аргон до 1% кислорода снижает значение критического тока. При сварке в углекислом газе без при-

менения специальных мер получить струйный перенос электродного металла невозможно. Невозможно его получить и при использовании тока прямой полярности.

При переходе к струйному переносу поток газов и металла от электрода в сторону сварочной ванны резко интенсифицируется благодаря сжимающему действию электромагнитных сил. В результате под дугой уменьшается прослойка жидкого металла, в сварочной ванне появляется местное углубление. Повышается теплопередача к основному металлу, и шов приобретает специфическую форму с повышенной глубиной проплавления по его оси (рис. 6.24). При струйном переносе дуга очень стабильна — колебаний сварочного тока и напряжений не наблюдается.

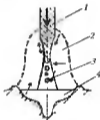


Рис. 6.24. Режим струйного переноса металла.
1 — электрод, 2 — дуга, 3 — капли электродного металла, 4 — металл сварочной ванны

Режим струйного переноса металла характеризуется узким столбом дуги и заостренным концом плавящейся электродной проволоки (см. рис. 6.24). Расплавленный металл проволоки передается через дугу в виде мелких капель — от сотен до нескольких сотен в секунду. Диаметр капель не превышает диаметра электрода. Поток капель осеонаправленный. Скорость плавления проволоки от 42 до 340 мм/с.

Струйный перенос металла происходит при дуге высокой стабильности (напряжение на дуге от 28 до 40 В при токе от 290 до 450 А) и позволяет формировать качественные сварные швы на высоких значениях тока. Данный режим необходим для сварки металлов толщиной более 5 мм.

Режим непрерывного вращающегося переноса металла (ротационный перенос). Ротационный перенос металла возникает при образовании длинного столба жидкости на конце оплавающегося электрода.

Вследствие очень большого тока (напряжение на дуге от 40 до 50 В при токе от 450 до 650 А) и большого вылета электрода температура образующейся капли настолько высока, что электрод плавится уже без действия дуги. Расстояние до токоведущего мундштука в этом случае составляет 25—35 мм. По причине продольного магнитного поля столб жидкости вращается вокруг своей оси и конически расширяется (рис. 6.25). Капли металла переходят в радиальном направлении в основной материал и создают относительно плоское и широкое проплавление.

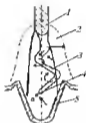


Рис. 6.25. Режим непрерывного вращающегося переноса металла.
1 — электрод, 2 — дуга; 3 — струя электрода, 4 — капли электрода, 5 — металл сварочной ванны

В зависимости от свариваемого металла и его толщины в качестве защитных газов используют инертные, активные газы или их смеси. В силу физических особенностей стабильность дуги и ее технологические свойства выше при использовании постоянного тока обратной полярности. При использовании постоянного тока прямой полярности количество расплавляемого электродного металла увеличивается на 25—30%, но резко снижается стабильность дуги и повышаются потери металла на разбрызгивание. Применение переменного тока невозможно из-за нестабильного горения дуги.

Инертные газы аргон и гелий и их смеси обязательно используются для сварки цветных металлов, а также широко применяются при сварке нержавеющей и низколегированных сталей. Основное различие между аргоном и гелием — плотность, теплопроводность и характеристика дуги. Плотность аргона приблизительно в 1,4 раза больше плотности воздуха, а гелий в 0,14 раза легче воздуха. Для защиты сварочной ванны более эффективен тяжелый газ. Следовательно, гелиевая защита сварочной ванны для получения того же

эффекта требует приблизительно в 2–3 раза большего расхода газа.

Гелий обладает большей теплопроводностью, чем аргон, и энергия в гелиевой дуге распределена более равномерно. Плазма дуги в гелии характеризуется очень высокой энергией сердцевины и значительно меньшей периферии. Это различие оказывает большое влияние на профиль сварного шва. Дуга в гелии дает глубокий, широкий, параболический сварной шов. Дуга в аргоне чаще всего характеризуется сосковидной формой сварного шва (рис. 6.26).

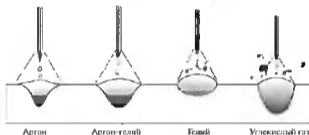


Рис. 6.26. Форма сварного шва и глубина проплавления для различных защитных газов

При любой скорости подачи электродной проволоки напряжение на дуге в аргоне будет значительно меньше, чем в гелии. В результате будут меньше изменение напряжения по длине дуги, что в свою очередь приводит к большей стабилизации дуги. Дуга в аргоне (включая смеси как с низким, так и с 80%-ным содержанием аргона) производит струйную передачу электродного металла на уровнях выше раздела энергетики переноса.

Дуга в гелии производит крупнокапельный перенос металла в нормальном рабочем диапазоне. Следовательно, дуга в гелии имеет большую степень разбрызгивания электродного металла и меньшую глубину проплавления (см. рис. 6.26). Легко ионизируемый аргон облегчает зажигание дуги и при сварке на обратной полярности (плюс на электроде) дает очень чистую поверхность сварного шва.

В большинстве случаев чистый аргон используется при сварке цветных металлов. Использование чистого гелия ограничено из-за ограниченной устойчивости дуги. Тем не менее желаемый профиль сварного шва (глубокий, широкий, параболической формы), получаемый дугой в гелии, можно добиться, применяя смесь аргона с гелием; кроме

того, характер переноса электродного металла приобретает характер, как при дуге в аргоне (см. рис. 6.26)

Смесь гелия с аргоном при 60—90%-ном содержании гелия используется для получения максимального тепловложения в основную металл и улучшения сплавления.

Чистый аргон и защита гелием дают отличные результаты при сварке цветных металлов. Однако эти газы в чистом виде дают не вполне удовлетворительную характеристику при сварке черных металлов. При защите гелием дуга стремится к переходу в неуправляемый режим, сопровождаемый сильным разбрызгиванием. Дуга в аргоне имеет тенденцию к прожогу. Добавление к аргону 1—5% кислорода или 3—10% углекислого газа (вплоть до 25%) дает заметное улучшение характеристики.

Объем добавляемого кислорода или углекислого газа к инертному газу зависит от состояния поверхности (наличие окалины) основного металла, требуемого профиля сварного шва, положения в пространстве и химического состава свариваемого металла. Обычно добавление 3% кислорода или 9% углекислого газа вполне достаточно для проведения качественной сварки.

Добавление углекислого газа к аргону позволяет получить грушевидный профиль сварного шва. Применение различных газов и газовых смесей для сварки различных металлов и на различных режимах приведено в табл. 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2

Выбор защитных газов и газовых смесей для циклического режима сварки короткой дугой без разбрызгивания

Свариваемый металл	Защитный газ	Применение
Углеродистая сталь	75% аргона + 2,5% углекислого газа	Высокая скорость сварки без прожогов металла толщиной до 3 мм, минимальные деформация и брызгообразование
	Углекислый газ	Глубокое проплавление, высокая скорость сварки
Нержавеющая сталь	90% гелия + 7,5% аргона + 2,5% углекислого газа	Отсутствие окисления расплавленного металла, небольшая окислительная зона, отсутствие прожога, хорошее сляние, минимальная деформация

Описание

Свариваемый металл	Защитный газ	Применение
Низкоуглеродистая сталь	60—70% гелия + 25—35% аргона + 4—5% углекислого газа	Минимальная реакционная вязкость, высокая ударная вязкость, высокая стабильность дуги, хорошее слияние, небольшое забрызгивание по контуру сварного шва
	75% аргона + 25% углекислого газа	Достаточная прочность, высокая устойчивость дуги, небольшое забрызгивание по контуру сварного шва
Алюминий и алюминевые сплавы, медь и медные сплавы, никель и никелевые сплавы, магниевые сплавы	Аргон или аргон + гелий	Аргон удобен тем, что особенно подходит для сварки листового металла, аргон с гелием предпочтительны для сварки толстолистового металла (более 3 мм)

Таблица 6.3

Выбор защитных газов и газовых смесей для струйного переноса металла

Свариваемый металл	Защитный газ	Применение
Алюминий и алюминевые сплавы	Аргон	Высокая стабильность дуги и хорошая передача электронного металла при сварке изделий толщиной до 25 мм
	35% аргона + 65% гелия	Большое тепловложение, чем при сварке чистым аргонem, улучшенная характеристика слияния; применяется при сварке металла толщиной 25—76 мм
	25% аргона + 75% гелия	Максимальное тепловложение, минимальная пористость; применяется при сварке металла толщиной более 76 мм
Магниевые сплавы	Аргон	Очень чистый шов
Углеродистая сталь	Аргон + 1—5% кислорода	Улучшенная стабильность дуги, более жидкая управляемая сварочная ванна, хорошее слияние контура вадика сварного шва, минимальные прожоги, скорость сварки выше, чем при сварке с чистым аргонem

<i>Описание</i>		
Свариваемый металл	Защитный газ	Применение
Углеродистая сталь	Аргон + 3—10%	Хорошая форма валика сварного шва, минимальное брызгообразование, сварка только с позиционированием электрода
Низколегированная сталь	Аргон + 2% кислорода	Минимальная возможность прожога, обеспечивает хорошую прочность
Нержавеющая сталь	Аргон + 1% кислорода	Улучшенная стабильность дуги, более жидкая управляемая сварочная ванна, хорошее слияние впадины валика сварного шва, минимальные прожоги при сварке тяжелых нержавеющей сталей
	Аргон + 2% кислорода	Лучшая устойчивость дуги, слияние и скорость сварки, чем при содержании 1% кислорода; применяется для сварки тонких нержавеющей сталей
Медь, никель и их сплавы	Аргон	Хорошее слияние, уменьшенная текучесть металла, применяется для сварки металла толщиной до 3 мм
	Аргон + 50—75% гелия	Повышенное тепловложение
Титан	Аргон	Хорошая стабильность дуги, для минимального загрязнения металла сварного шва требуется защищать сварной шов с обратной стороны инертным газом

Технические характеристики наиболее распространенных типов полуавтоматов, применяемых при сварке плавящимся электродом, приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Технические характеристики сварочных полуавтоматов

Тип	Сила сварочного тока, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Длина шланга, м	Масса (без шкафа управления), кг
A-547У	315	0,8—1,4	160—640	1,5—2,5	6,25
A-825M	315	0,8—1,4	140—650	1,5—2,5	11

Описание

Тип	Сила сварочного тока, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Длина шланга, м	Масса (без шкафа управления), кг
ПДГ-312 УЗ	315	1,0—1,4	75—960	1,5—2,5	13
ПДГ-508	500	1,2—2,0	108—972	1,5—3,0	26
ПДГ-603	630	Порошковой 1,2—2,5. Сплошного сечения 2—3	98—1 012	1—2	16

6.8. Технология сварки

Технология. Сварка плавящимся электродом начинается с зажигания дуги. Для легкого зажигания дуги электрод (электродная проволока) должен получить хороший контакт со свариваемой поверхностью. Для этого на свариваемой поверхности не должно быть масла, окалины и прочих веществ, затрудняющих контакт. Вылет провода следует установить согласно рис. 6.27, поскольку при увеличении вылета электрода трудно инициализировать дугу. Угол наклона горелки должен быть $5-20^\circ$.



Рис. 6.27. Вылет электродной проволоки из носка горелки сварочной горелки (а), расхождение контактной трубки в сопле сварочной горелки при циклическом режиме сварки горелкой дугой (б) и при струйном переносе металла (в)

Для компенсации массы подающего рукава и сварочного кабеля (при раздельном подводе) для облегчения манипулирования горелкой необходимо перебросить их через плечо. Поднести горелку к заготовке, не касаясь ее. Опустить сварочную маску и нажать кнопку триггера. Нажатие на кнопку триггера включает сварочную цепь и подачу

защитного газа. Двигатель подачи электродной проволоки не включается, пока электрод не войдет в контакт с изделием.

Переместить горелку по отношению к изделию, касаясь проволоочным электродом поверхности, как бы царапая ее. Чтобы предотвратить прилипание проволоки, необходимо быстро протянуть горелку на 10—15 мм в направлении, противоположном направлению сварки, и приподнять ее (рис. 6.28). Как только появился контакт проволоки с изделием, начинает работать электродвигатель механизма подачи проволоки и работает до тех пор, пока нажата кнопка триггера.



Рис. 6.28. Возбуждение сварочной дуги

Правильно установленная дуга имеет мягкий, шипящий звук. Регулирование скорости подачи электродной проволоки необходимо только тогда, когда дуга издает неправильный звук, например громкий треск, указывает на то, что высока скорость подачи проволоки. Проволока касается сварочной ванны и кратковременно гаснет. С накоплением опыта работы можно легко на слух определять длину дуги.

Чтобы погасить дугу, необходимо отпустить кнопку триггера. Это отключит сварочную цепь, при этом остановится двигатель подачи электродной проволоки. Если при сварке произошло прилипание электрода, необходимо отпустить кнопку триггера и бокорезами откусить проволоку.

При сварке в защитном газе плавящимся электродом большое значение имеет положение горелки по отношению к свариваемой детали. На рисунке 6.29 показано положение горелки относительно изделия. Если свариваемые части равны по толщине, то поперечный угол между деталями должен быть строго одинаков. Если детали не равны по толщине, то горелка наклоняется в сторону тонкого металла (поперечный угол уменьшается). Продольный угол в зависимости от характера переноса электродного металла должен быть в пределах $5-25^\circ$.

Сварка может производиться как углом вперед, так и углом назад. Сварка углом назад означает — горелка позиционируется так, что направление подачи электродной проволоки противоположно направле-

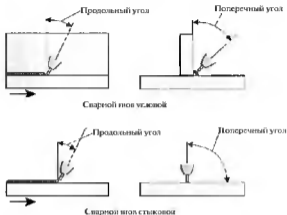


Рис. 6.29. Положение горелки относительно изделия



Рис. 6.30. Сварка углом назад (а) и углом вперед (б)

нию перемещения горелки (рис. 6.30, а). Сварка углом вперед означает, что направление подачи электродной проволоки совпадает с направлением движения горелки (рис. 6.30, б). Для изменения способа сварки не нужно изменять направление перемещения горелки, достаточно изменить ее наклон в продольном направлении.

Скорость перемещения сварочной горелки определяет скорость сварки, которая измеряется в метрах в минуту. На скорость сварки влияет:

- толщина свариваемого изделия — с увеличением толщины металла уменьшается скорость сварки и наоборот;
- скорость подачи электродной проволоки — с увеличением скорости подачи увеличивается скорость сварки;
- направление сварки — при сварке углом вперед скорость сварки выше. При сварке углом назад достигается большая стабиль-

ность дуги и меньшее брызгообразование. Сварка углом назад применяется для соединения толстого металла, при этом достигается большая глубина проплавления. Кроме того, сварщик видит сварочную ванну, что позволяет повысить качество сварки. Сварка углом вперед применяется для соединения тонкого металла, при этом достигается меньшая глубина провара, но сварка производится с бо́льшей скоростью.

Легче всего производить сварку в нижнем положении, причем качество сварного соединения получается наилучшее. В нижнем положении лучше растекание расплавленного металла и лучше газовая защита. Освоив сварку в нижнем положении, можно производить ее и в других пространственных положениях. Сварка в горизонтальном, вертикальном снизу вверх и вертикальном сверху вниз положениях производится при уменьшенном на 10% сварочном токе. На рисунке 6.31 показан угол наклона сварочной горелки при сварке в различных пространственных положениях, а на рис. 6.32 — порядок наложения валиков при выполнении многопроходного сварного шва.

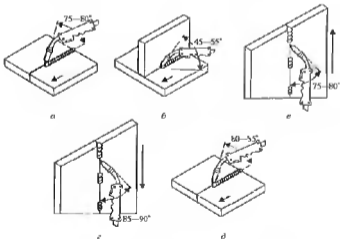


Рис. 6.31. Угол наклона сварочной горелки при выполнении различных швов в нижнем и вертикальном положениях при циклическом режиме сварки короткой дугой (а — г) и при струйном переносе металла (д)

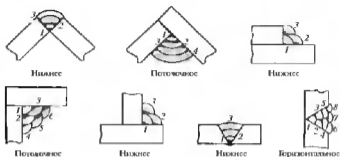


Рис. 6.32. Порядок наложения валиков при выполнении многопроходной сварного шва в нижнем, потолочном и горизонтальном положениях

Поперечный угол наклона сварочной горелки при сварке угловых швов должен быть 45° . Для стыковых швов поперечный наклон горелки должен быть всего несколько градусов, иначе ухудшается расплавление металла на боковой поверхности стыка и соответственно ухудшается слияние металла шва и основного металла.

Сварка в вертикальном положении может осуществляться как снизу вверх, так и сверху вниз, при этом огромное значение имеет положение горелки. Сварка должна производиться только в положении, показанном на рис. 6.31, в, г; при этом, чтобы обеспечить полное проплавление металла, дуга должна располагаться на переднем краю сварочной ванны.

Проплавление. Проплавление — это глубина сплавления основного металла. Величина сварочного тока является основным параметром, влияющим на глубину проплавления. Увеличение или уменьшение тока вызывает увеличение или уменьшение соответственно глубины проплавления. Глубину проплавления можно также увеличить, увеличивая скорость подачи электродной проволоки при той же скорости перемещения горелки. При этом уменьшается длина дуги и соответственно увеличивается сварочный ток, т.е. изменяя скорость подачи проволоки, можно изменять глубину проплавления.

Изменение остальных параметров сварки оказывает сравнительно небольшое влияние на глубину проплавления. С уменьшением напряжения уменьшается глубина проплавления и наоборот. Кроме того, при данном напряжении наиболее стабильная дуга. Нестабильность дуги уменьшает глубину проплавления.

Изменение скорости перемещения сварочной горелки, т.е. изменение скорости сварки, похоже на изменение напряжения дуги — глубина проплавления максимальна при определенной скорости сварки и уменьшается как при ее снижении, так и при ее повышении.

При низких скоростях большое количество расплавленного металла сварного шва создает «подушку» между дугой и основным металлом, что препятствует дальнейшему проплавлению. При больших скоростях сварки тепло, создаваемое дугой, не успевает достаточно глубоко проплавить основной металл.

Изменение наклона сварочной горелки в меньшей степени, чем изменение напряжения и скорости сварки, влияет на глубину проплавления. Максимальное проплавление достигается при продольном угле наклона в 25° и сварке углом назад. При наклоне на больший угол ухудшается стабильность дуги и увеличивается разбрызгивание расплавленного металла.

Размер валика сварного шва. Валик сварного шва характеризуется высотой (выпуклостью) и шириной (рис. 6.33). Правильность этих характеристик гарантирует, что валик сварного шва выполняется с минимумом дефектов, особенно при многопроходной сварке. В случае большой выпуклости шва при многопроходной сварке трудно наложить последующий шов, обеспечивая качественное слияние. Очень зауженный шов не обеспечивает хорошего слияния металла шва и основного металла.

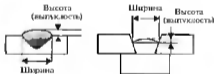


Рис. 6.33. Характеристика сварного шва

Характеристика валика сварного шва зависит как от его размера, так и от формы. Для изменения размера сварного шва (количество расплавленного металла на погонный метр шва) необходимо изменить режим сварки. Основное влияние на размер сварного шва оказывает величина сварочного тока и скорость перемещения сварочной горелки. Размер сварного шва прямо пропорционален сварочному току и обратно пропорционален скорости перемещения горелки.

Изменение сварочного тока и скорости перемещения горелки изменяет размер сварного шва, но мало влияет на его форму.

Изменяя напряжение на дуге (изменяя длину дуги), можно изменять форму сварного шва. Увеличение длины дуги вызывает увеличение ширины шва и уменьшение его высоты, причем объем шва (количество наплавленного металла на единицу длины) остается неизменным. Возрастает ширина валика сварного шва, выпуклость уменьшается, и более жидкий металл сварного шва эффективнее соединяется с основным металлом.

Увеличение длины дуги для увеличения производительности сварки (скорости наплавки) вызывает увеличение выпуклости в большей степени, чем увеличение ширины шва. Валик сварного шва становится чрезмерно выпуклым. Сварка углом назад также дает узкий и высокий валик сварного шва. Уменьшая угол продольного наклона горелки, можно уменьшить высоту валика сварного шва и увеличить его ширину. Сварка углом вперед дает более плоский и более широкий валик сварного шва.

Описание технологии сварки без описания приемов манипулирования сварочной горелкой будет далеко не полным. Приведенные ниже рекомендации являются справочными. Каждый сварщик вырабатывает свои приемы перемещения горелки.

Сварка в нижнем положении. Рекомендуемое перемещение сварочной горелки при выполнении однопроходного и многопроходного стыкового сварного шва в нижнем положении показано на рис. 6.34. Как видно из рисунка, при выполнении однопроходного шва совершаются пилообразные, с легким сдвигом назад перемещения горелки. В многопроходном сварном шве с разделкой кромок при выполнении корневого шва совершают зигзагообразные колебания горелки, при этом нужно следить, чтобы не было прожогов. Заполняющие и облицовочный швы выполняют с такими же, но более широкими колебаниями. Отличие в том, что при выполнении этих швов производят поперечный наклон горелки и при достижении крайнего положения делают задержку горелки. Это способствует лучшему сплавлению.

Угловой шов в нижнем положении выполняют, совершая сварочной горелкой круговые движения (рис. 6.35).

Сварка в горизонтальном положении. Стыковой шов в горизонтальном положении выполняется с использованием той же технологии перемещения сварочной горелки, что и при выполнении стыкового шва в нижнем положении (рис. 6.36). Отличие только в том, что заполняющие валики при сварке в горизонтальном положении более узкие. При выполнении сварки не следует забывать, что наклон горелки составляет 90° по отношению к поверхности, на которую накладывается валик сварного шва.



Рис. 6.34. Манипулирование горелкой при выполнении стыкового шва в нижнем положении

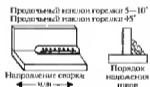


Рис. 6.35. Манипулирование горелкой при выполнении углового шва в нижнем положении



Рис. 6.36. Манипулирование горелкой при выполнении стыкового шва в горизонтальном положении

Сварка в вертикальном положении. Перемещение сварочной горелки при сварке снизу вверх показано на рис. 6.37, а, а при выполнении сварки сверху вниз — на рис. 6.37, б.

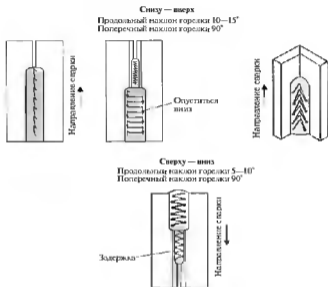


Рис. 6.37. Манипулирование горелкой при сварке в вертикальном положении

Сварка однопроходного стыкового шва без разделки кромок в положении снизу вверх производится путем пилообразных колебаний горелки. Выполнение корневого шва при многопроходной сварке производится путем зигзагообразных перемещений сварочной горелки. Заполняющие валики и облицовочный шов выполняют при ступенчатом перемещении горелки, причем при достижении крайней точки при горизонтальном перемещении необходимо сделать задержку и спуститься вниз на величину, равную диаметру электродной проволоки, а затем подняться вверх и переместиться по горизонтали на противоположную сторону. Там снова сделать задержку и опуститься вниз и т.д.

Сварка углового шва в вертикальном положении снизу вверх производится движением горелки, как бы рисую «елочку», с задержкой на боковых поверхностях изделия.

Стыковой сварной шов с разделкой кромок при сварке сверху вниз — корневой, заполняющий и облицовочный швы выполняются путем зигзагообразных перемещений сварочной горелки с задержкой в крайних точках. Поперечный наклон горелки составляет 90° к поверхности сварки. Производя манипулирование горелкой, нужно следить, чтобы дуга располагалась на переднем крае сварочной ванны. Нельзя допускать прогона расплавленного металла впереди дуги. Это ухудшает качество сварки.

Сварка в потолочном положении. При выполнении стыкового шва с разделкой кромок в потолочном положении необходимо совершать зигзагообразное перемещение сварочной горелки (рис. 6.38). Поперечный наклон горелки составляет 90° к поверхности сварки. В крайних точках перемещения необходимо делать небольшую задержку. Все вышесказанное применимо при выполнении как корневого, так и заполняющего и облицовочного прохода.

Продольный наклон горелки $5-10^\circ$
Поперечный наклон горелки 90°

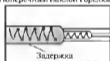


Рис. 6.38. Манипулирование горелкой при сварке в потолочном положении

6.9. Характерные дефекты сварки плавящимся электродом и способы их предотвращения

Поверхностная пористость возникает из-за атмосферного загрязнения. Это может быть вызвано засорением сопла горелки, недостаточной подачей защитного газа или сваркой на ветру. Для предупреждения образования пористости необходимо систематически очищать сопло от налипших брызг, правильно отрегулировать расход защитного газа, при сварке на ветру использовать защитные противоветровые экраны.

Воронкообразная пористость возникает, когда в конце сварного шва горелка убирается раньше, чем произошла кристаллизация расплавленного металла, или когда после прекращения горения дуги слишком рано прекращается подача защитного газа. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо замедлить перемещение горелки в конце сварного шва или приподнять горелку.

Наплыв возникает, когда металл сварочной ванны затекает на не-расплавленный дугой основной металл. Наплыв часто возникает, когда сварочная ванна становится слишком большой. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо держать дугу на переднем крае сварочной ванны. Для уменьшения объема сварочной ванны необходимо повысить скорость перемещения горелки или уменьшить скорость подачи электродной проволоки.

Малая глубина проплавления возникает при слишком малом тепловложении в зоне сварки. При недостаточном тепловложении необходимо увеличить скорость подачи электродной проволоки, что в свою очередь увеличит сварочный ток. Можно также попробовать уменьшить диаметр проволоки.

Прожоги сварного шва возникают при слишком большой глубине проплавления, т.е. при слишком большом тепловложении в зоне горения дуги. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо уменьшить скорость подачи электродной проволоки, что в свою очередь уменьшит сварочный ток. Можно также увеличить скорость сварки (скорость перемещения горелки). Прожог сварного шва может также произойти при большом зазоре в корне шва. В этом случае необходимо увеличить диаметр сварочной проволоки и совершать небольшие поперечные колебания сварочной горелкой.

Независимо от свариваемого материала существуют мероприятия, способствующие предупреждению пористости и образованию наплывов:

- свариваемое изделие должно быть максимально чистым. Жир, нефтепродукты и замазученность должны быть удалены. Для получения качественного шва окалина, ржавчина и различные оксидные покрытия необходимо удалить либо механически, либо химически. Огромное значение это имеет при сварке алюминия;
- при сварке углеродистых спокойных, полуспокойных и кипящих сталей использовать только рекомендуемую газовую смесь;
- устанавливать расход защитного газа согласно рекомендациям на выбранный режим сварки. Защищать свариваемое изделие от ветра и сквозняков;

- электродная проволока должна выходить из сопла горелки строго по центру. При смещении проволоки к какому-либо краю следует произвести регулировку сварочной горелки.

При двухсторонней сварке, когда проплавление не достигло противоположной стороны, нужно убедиться, что второй проход глубоко проходит в первый шов. Если проплавление от первого прохода достигло противоположной стороны или когда имеется зазор в корне шва, необходимо зашлифовать противоположную сторону шва до устранения дефектов. Это требование обязательно при сварке алюминия и при высококачественной сварке углеродистой и нержавеющей сталей.

Избегать условий, когда расплавленный металл затекает вперед дуги. Это основная причина образования наплывов, особенно при сварке под уклон. При многопроходной сварке зашлифовать до получения плоской поверхности все сварные валики, которые имеют большую выпуклость и в которых обнаружится плохое сплавление металла шва и основного металла. При многопроходной сварке произвести зачистку поверхности предыдущего валика, если на его поверхности обнаружены включения оксидов или шлака

Контрольные вопросы

1. Каковы достоинства дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом?
2. Какие двойные и тройные смеси защитных газов на основе аргона применяются при сварке?
3. Чем отличается сварка длинной дугой от сварки короткой дугой?
4. Какие типы переноса электродного металла существуют при сварке плавящимся электродом?
5. Назовите основные параметры режима сварки в углекислом газе.
6. В зависимости от чего выбирают величину сварочного тока?
7. От чего зависит глубина проплавления?
8. Что происходит с формированием шва при увеличении и снижении напряжения дуги?
9. Назовите особенности дуговой сварки в защитных газах неплавящимся электродом
10. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для ручной сварки?
11. Расскажите о системе обозначения аппаратов для дуговой сварки.

12. По каким признакам классифицируются полуавтоматы?
13. Из каких основных элементов состоит горелка для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом?
14. Для чего предназначены гибкие шланги?
15. Какие типы подающих механизмов применяются в сварочных полуавтоматах?
16. Что входит в состав поста для ручной дуговой сварки в защитных газах?
17. Какие типы расходомеров и подогревателей используются при сварке плавящимся электродом в защитных газах?

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

7.1. Сущность и преимущества

Автоматическая сварка под флюсом — один из основных способов выполнения сварочных работ в промышленности и строительстве. Обладая рядом важных преимуществ, она существенно изменила технологию изготовления сварных конструкций, таких как металлоконструкции, трубы большого диаметра, котлы, корпуса судов. Вследствие изменения технологии изготовления произошли изменения и самих сварных конструкций: широко применяются сварно-литые сварно-кованые изделия, дающие огромную экономию металла и затрат труда.

Механизация движения электрода позволила автоматизировать процесс сварки. Для получения качественных сварных швов взамен электродных покрытий применяют гранулированное вещество, называемое *флюсом*. Сварку под слоем флюса производят электродной проволокой, которую поддают в зону горения дуги специальным механизмом, называемым *сварочной головкой автомата*. Токораспределитель к проволоке осуществляется через мундштук, изготавливаемый из меди или ее сплавов.

Сварка под флюсом (рис. 7.1) заключается в следующем. В зону дуги подается флюс 2, который покрывает кромки свариваемого изделия и создает шлаковую защиту. Толщина слоя флюса составляет 30–60 мм. Дуга 1 возбуждается между свариваемым изделием и электродной проволокой и горит под жидким слоем расплавленного флюса в замкнутом пространстве δ , образованном парами и газами, выделяемыми в сточбе дуги. Металл сварочной проволоки расплавляется дугой и переносится каплями в сварочную ванну. В сварочной ванне металл сварочной проволоки смешивается с расплавленным основным металлом.

Некоторое избыточное давление, возникающее при термическом расширении газов, оттесняет жидкий металл сварочной ванны 9 в сторону, противоположную направлению сварки. В таких условиях

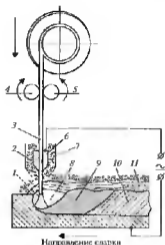


Рис. 7.1. Схема сварки под флюсом

1 — дуга; 2 — флюс; 3 — электродная проволока; 4, 5 — прижимной и ведущий ролики; 6 — мундштук; 7 — бункер с флюсом; 8 — замкнутое пространство; 9 — жидкий металл сварочной ванны; 10 — сварочный шов; 11 — шлаковая корка

обеспечивается глубокий провар основного металла. Незначительное избыточное давление в газовом пространстве 8 и слой флюса надежно предохраняют расплавленный металл от вредного воздействия окружающего воздуха. Кроме того, значительно уменьшается разбрызгивание металла, улучшается формирование шва, использование тепла дуги и материала электродной проволоки.

Электродная проволока 3 подается в зону сварки с помощью ведущего 5 и прижимного 4 роликов специального механизма со скоростью, равной скорости ее плавления, и таким образом автоматически поддерживается горение дуги. Сварочный ток подводится от источника тока к электродной проволоке через мундштук 6 сварочной головки, находящийся на небольшом расстоянии (40—60 мм) от конца электродной проволоки.

Для получения сварного шва деталь или дугу (сварочную головку) перемещают механизированным способом одну относительно другой. По мере перемещения дуги вдоль разделки шва происходит остывание жидкого металла сварочной ванны 9, кристаллизация металла и фор-

мирование сварного шва *10*. Расплавленный флюс всплывает на поверхность и при остывании образует шлаковую корку *11*.

Жидкий шлак (флюс), имея более низкую температуру плавления, чем металл, затвердевает несколько позже, замедляя охлаждение металла шва. Продолжительное пребывание металла шва в расплавленном состоянии и медленное остывание способствуют выходу на поверхность всех неметаллических включений и газов, получению чистого, плотного и однородного по химическому составу шва.

Малый вылет электрода (расстояние от конца электродной проволоки до токопроводящего мунштука), отсутствие покрытия, большая скорость подачи электродной проволоки позволяют значительно увеличить силу сварочного тока — до 50—150 А/мм², т.е. примерно в 6—8 раз по сравнению с ручной сваркой электродами тех же диаметров. Коэффициент наплавки составляет 14—18 г/А·ч, или в 1,5—2 раза выше, чем при сварке электродами вручную. В результате этого производительность автоматической сварки под флюсом получается в 6—10 раз выше ручной.

Высокая производительность приводит к ускорению плавления сварочной проволоки, увеличению глубины проплавления основного металла и, как следствие, значительному повышению производительности. Достаточно толстый слой флюса (до 60 мм), засыпаемый в зону сварки, расплавляется на 30%. Это делает дугу закрытой (невидимой) и обеспечивает надежную защиту расплавленного металла от окружающего воздуха, стабилизирует сварочный процесс. Существенным достоинством сварки под флюсом являются незначительные потери на угар металла и его разбрызгивание. Потери на разбрызгивание, угар и огарки составляют всего 1—3%.

Из-за увеличения эффективной тепловой мощности дуги может быть расширен диапазон толщин деталей, свариваемых без скоса кромок. Например, при обычных режимах сварки под флюсом деталей встык без скоса кромок можно сваривать металл толщиной 15—20 мм. В этом случае увеличивается проплавление основного металла, и его доля в металле шва составляет 50—70%. При этом значительно снижается расход электродной проволоки. При сварке угловых швов увеличенная глубина провара обеспечивает большее сечение, чем это достигается при ручной сварке с одинаковым катетом шва.

Сварка под флюсом имеет следующие преимущества:

- широкий спектр возможного применения: сварка тонких и толстых пластин, сварка слаболегированных, легированных и нержавеющей сталей, наплавка и ремонтные работы;

- высокая скорость сварки достигается благодаря использованию высоких сварочных токов;
- высокоэффективное сплавление существенно снижает или исключает необходимость дополнительной обработки;
- низкая стоимость работ, так как расход сварочных материалов меньше, чем при использовании других методов сварки;
- низкий уровень сварочных деформаций;
- качественное формирование и отличный внешний вид сварного шва;
- превосходная компактность сварных швов;
- высокие механические свойства металла сварного шва;
- горение дуги во время сварки происходит под слоем флюса, что позволяет не применять индивидуальные средства защиты и снизить затраты на вентиляцию;
- отсутствие дымоудаления обеспечивает оператору большой комфорт и позволяет сэкономить на оборудовании для отвода и утилизации выделяющегося при сварке дыма.

Однако автоматическая сварка под флюсом имеет некоторые недостатки и ограничения по применению:

- сварка под флюсом может использоваться только для легированных или нелегированных углеродистых сталей;
- использование порошкового флюса подразумевает выполнение швов на горизонтальной поверхности либо принятие соответствующих мер;
- данный метод не позволяет производить сварку листов толщиной менее 1,8 мм (в связи с высокой степенью проплавления); не позволяет осуществлять стыковую сварку деталей толщиной более 16 мм без разделки кромок;
- большая глубина проплавления и перемешивание основного металла с присадочным в некоторых случаях влекут за собой повышенное легирование;
- так как при работе не видно места сварки, то требуется повышенная точность подготовки и сборки деталей перед сваркой, что в значительной степени затрудняет процесс при сложной конфигурации шва;
- почти всегда возникает необходимость и определенная трудность удаления шлаковой корки, а при сварке цилиндрических деталей — трудность удержания расплавленного металла и флюса на поверхности.

7.2. Оборудование для сварки и наплавки под флюсом

В комплект оборудования, составляющего установку для автоматической сварки и наплавки под флюсом, входит целый набор машин, механизмов и приспособлений (рис. 7.2): источник сварочного тока, сварочная горелка, устройство подачи электродной проволоки и флюса во время сварки и их регулирования (автоматическая сварочная головка), устройство для перемещения свариваемого изделия или сварочной головки, система сбора флюса, система пропорционального отслеживания шва, видеоузел.



Рис. 7.2. Схема установки для сварки под флюсом

Источник как переменного, так и постоянного сварочного тока для сварки под флюсом должен быть рассчитан на 100%-ную длительность сварочного цикла, поскольку сварка производится непрерывно и длительность цикла превышает 10 мин. Величина сварочного тока при сварке под флюсом наиболее часто падает в пределах 300—1500 А.

Бункер для флюса присоединяется к сварочной горелке и почти всегда имеет электромагнитный клапан с ручным или автоматическим управлением. Современные сварочные установки имеют систему сбора неиспользованного (нерасплавленного) флюса и подачи его в загрузочный бункер.

Система пропорционального отслеживания (рис. 7.3) на современных установках позволяет сварочной головке следовать траектории шва благодаря щупу, скользящему по свариваемой детали. Принцип работы основан на зависимости скорости коррекции от деформации щупа. Данная технология гарантирует контроль и качество сварки без прерывания сварочной дуги на сильно- и быстроизменяющихся швах.

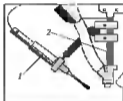


Рис. 7.3. Система пропорционального отслеживания:
1 — датчик с копирующим роликом, 2 — горелка

Видеоузел на некоторых установках сварки под флюсом, состоит из точечного лазера на шатунно-колесном механизме, суппорта для двойного узла, передвижного блока питания с монитором, который может устанавливаться на расстоянии до 20 м от места сварки. Точечный лазер выявляет положение электрода относительно свариваемой детали. Одна точка используется для настройки по горизонтали, две — для настройки по вертикали (рис. 7.4).

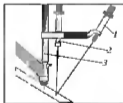


Рис. 7.4. Точечный лазер на сварочной головке:
1 — лазер, 2 — видеокамера, 3 — горелка

В практике нашли широкое применение два вида автоматического оборудования: подвесные (неподвижные и самоходные) сварочные головки и сварочные тракторы.

Автомат, имеющий свой привод перемещения и четырехколесную тележку, позволяющую ему передвигаться непосредственно по свариваемому изделию, называют сварочным трактором. Тракторами можно сваривать прямолинейные и кольцевые швы. Например, трактор ТС17М-1 сваривает кольцевые швы диаметром 1200 мм и более внутри вращающегося изделия.

Чтобы настроить сварочную горелку на свариваемый стык, сварочные автоматы снабжают винтовыми механизмами с рукоятками для вертикальных и горизонтальных перемещений горелки, а тракторы, кроме того, — механизмами поворота горелки вместе с подающим механизмом и бункером вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

Обозначения типов автоматов стандартизированы: АД — автомат, П — полуавтомат для дуговой сварки, Ф — под флюсом, Г — в защитном газе, ФГ — универсальный (под флюсом и в газе), Ш — шланговый.

Отечественные сварочные автоматы по своим техническим данным (табл. 7.1) и назначению полностью удовлетворяют основные потребности промышленности.

Таблица 7.1

Технические данные основных типов автоматов для дуговой сварки под флюсом

Тип автомата	Сила номинального сварочного тока, А	Электродная проволока		Скорость сварки, м/ч	Емкость бункера, дм ³	Тип источника питания дуги
		диаметр, мм	скорость подачи, м/ч			
Тракторы:						
ТС-17М	1 000	1,6—5,0	52—400	16—126	6,5	ТДФ-1001
АДС-1000-5	1 000	2,0—5,0	60—360	12—120	12,0	ВДУ-1001
АДФ-1601	1 000	2,0—5,0	18—360	12—120	6,0	ТДФ-1001
АДФ-1602	1 600	3,0—6,0	18—360	12—120	6,0	ВДУ-1601
Сварочные головные:						
А1401	1 000	2,0—5,0	53—532	12—120	55,0	ТДФ-1601
АБСК	1 000	3,0—6,0	43—142	22—71	22,0	ТДФ-1001
А1419	2 000	2,0—5,0	50—509	24—240	55,0	ТДФ-2001

Кроме сварочных тракторов общего назначения существуют специализированные. Например, тракторы типа ТС-32 предназначены для однодуговой сварки стыковых соединений на скользящей водоохлаждаемой медной подкладке для формирования обратной стороны шва. Медная подкладка связана с корпусом трактора сцепкой через зазор между листами в стыке. Трактор ДТС-38 предназначен для двух-

дуговой сварки стыковых и угловых швов с углом наклона электродов от вертикали 35° .

Принципиальное устройство сварочной головки показано на рис. 7.5. Электродная проволока из бухты, вложенной в кассету 6, подается ведущим 7 и прижимным 5 роликами к поверхности свариваемой детали 1. Подающий ролик 7 приводится во вращение электродвигателем 9 через специальный редуктор 8.

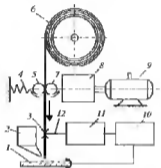


Рис. 7.5. Схема автоматической сварочной головки

- 1 — свариваемая деталь; 2 — бункер для подачи флюса; 3 — мундштук;
4 — пружина; 5, 7 — ролики; 6 — электродная проволока; 8 — редуктор;
9 — электродвигатель; 10 — пускорегулирующая аппаратура;
11 — аппаратный ящик; 12 — провод источника сварочного тока

После роликов 5 и 7 электродная проволока проходит в мундштук 3, к которому подведен через аппаратный ящик 11 один провод источника сварочного тока 12. Другой провод присоединяется к изделию 1. В аппаратном ящике расположена пускорегулирующая аппаратура. На сварочной головке крепится бункер 2 для подачи и отсоса флюса.

Важнейшее условие устойчивого горения дуги — ее постоянная длина. При нормальной длине дуги и ее нормальном напряжении скорость подачи электродной проволоки должна быть примерно равна скорости ее плавления. Длина дуги прямо пропорциональна напряжению: увеличивается длина дуги, возрастает напряжение и наоборот. Изменение же длины дуги или ее напряжения может произойти в результате колебания напряжения сети источника тока, пробуксовки проволоки в подающем механизме, неровности свариваемой детали. Сварочная головка должна «реагировать» на эти изменения и восста-

навливать заданную длину дуги. С уменьшением длины дуги скорость подачи проволоки снижается и с увеличением возрастает.

В основу регулирования работы сварочных головок положены два основных принципа регулирования: регулирование скорости подачи электродной проволоки и поддержание постоянной скорости подачи проволоки.

Сварочные головки с переменной скоростью подачи электродной проволоки имеют сложную электрическую схему и поэтому получили ограниченное применение (при низких напряжениях и малых сварочных токах). На рисунке 7.6, *а* представлена принципиальная схема сварочной головки с регулируемой скоростью подачи электродной проволоки.

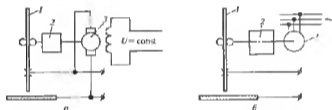


Рис. 7.6. Принципиальная схема сварочной головки с регулируемой (*а*) и с постоянной (*б*) скоростью подачи электродной проволоки

1 — электродная проволока; *2* — подающий механизм; *3* — электродвигатель

Электродвигатель *3* постоянного тока для привода подающего механизма *2* электродной проволоки *1* включается так, что частота вращения его ротора зависит от напряжения дуги. При увеличении длины дуги во время сварки возрастает напряжение дуги и частота вращения ротора электродвигателя, в связи с чем проволока подается быстрее и длина дуги восстанавливается. Если длина дуги становится короче, ее напряжение падает, частота вращения ротора электродвигателя уменьшается, соответственно снижается скорость подачи проволоки.

У автоматов, например АДС-1000-4, АДФ-1003, скорость подачи проволоки автоматически устанавливается и регулируется при сварке в зависимости от длины сварочной дуги. Сварщик задает на пульте управления величину напряжения дуги, электрическая схема сравнивает фактическое напряжение в данный момент с заданным и, меняя скорость подачи проволоки, поддерживает длину дуги постоянной.

Наибольшее распространение в сварочном производстве получили установки с постоянной скоростью подачи электродной проволоки. Принципиальная схема такой установки показана на рис. 7.6, б. Асинхронный трехфазный электродвигатель 3, питающийся непосредственно от сети, через редуктор 2 с постоянной скоростью подает электродную проволоку 1 к месту сварки. Поэтому скорость вращения электродвигателя постоянна, независимо от длины (следовательно, и напряжения) дуги. Примерное равенство скорости подачи проволоки и скорости ее плавления поддерживается саморегулированием.

Для сварки и наплавки под флюсом установками с постоянной скоростью подачи электродной проволоки (с саморегулированием) применяются источники как переменного, так и постоянного тока с жесткой или пологопадающей внешней характеристикой.

Саморегулирование осуществляется следующим образом. Если в процессе сварки длина дуги уменьшится (например, из-за неровностей на поверхности свариваемых кромок), то напряжение на дуге понизится. Так как внешняя характеристика источника сварочного тока жесткая или пологопадающая, то даже незначительное уменьшение напряжения приведет к значительному возрастанию сварочного тока и тем самым к увеличению скорости плавления электродной проволоки (скорость плавления проволоки почти пропорциональна сварочному току).

Повышение скорости плавления проволоки при постоянной скорости ее подачи приведет к удлинению дуги, т.е. к восстановлению установленного режима сварки. Если же длина дуги возрастет, сварочный ток понизится. Следовательно, скорость плавления электродной проволоки уменьшится, что при постоянной скорости ее подачи приведет к сокращению дугового промежутка.

Механизмы с постоянной скоростью подачи электродной проволоки просты и надежны в работе. Однако процесс саморегулирования протекает нормально при питании дуги постоянным током. При сварке на переменном токе для устойчивости процесса колебания напряжения в сети не должны превышать 6—8%.

Как показали исследования, при изменениях вылета электрода, колебаниях напряжения сети, нагреве обмоток источника питания и при недостаточных плотностях тока саморегулирование протекает медленнее и постоянная скорость подачи проволоки не может обеспечить устойчивый процесс сварки. На графике (рис. 7.7) приведены границы предельного значения переменного тока в зависимости от диаметра проволоки, при которых наблюдается устойчивое саморегулирование процесса.

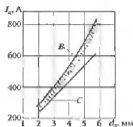


Рис. 7.7. Влияние диаметра электрода на силу тока, обеспечивающую саморегулирование дуги

При значениях тока ниже кривой *B* саморегулирование процесса недопустимо затягивается, а при токах ниже кривой *C* уже невозможно получить доброкачественную сварку.

В других автоматах, например ТС-17М, АДФ-500, скорость подачи во время сварки не изменяется. Она равна скорости плавления электрода. При случайном уменьшении или увеличении длины дуги соответственно увеличивается или уменьшается сила сварочного тока, проволока плавится быстрее или медленнее, длина дуги восстанавливается.

Для сварки под флюсом применяют также полуавтоматические установки, у которых имеются только механизм подачи электродной проволоки и аппаратура управления. Проволока подается по шлангу в сварочную головку, которую сварщик держит в руках. На головке смонтирован небольшой бункер — воронка для флюса. Хорошо зарекомендовали себя полуавтоматы ПШ-5-1, ПШ-54, ПДШМ-500, А-1197Ф. Они рассчитаны на номинальную силу сварочного тока 500—600 А, проволоку диаметром 1,6—2,5 мм со скоростью ее подачи от 80 до 720 м/ч.

Для увеличения скорости наплавки электрической дугой и повышения скорости сварки в большинстве случаев применяют многоэлектродную сварку, при этом питание электродов возможно как от одного источника, так и от разных (рис. 7.8). При использовании разных источников тока появляется возможность подачи на электроды разной полярности, т.е. на один прямой, а на другой обратной, или на один электрод постоянного тока, а на другой переменного. Электроды могут располагаться поперек сварного шва или вдоль.

Продольное расположение электродов с раздельными источниками сварочного тока применяется при сварке, когда требуется очень

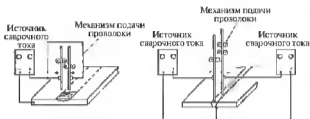


Рис. 7.8. Многоэлектродная сварка под флюсом

глубокое проплавление основного металла. При этом первый по ходу электрод, вытесняя расплавленный металл из сварочной ванны, проплавляет корень сварного шва, второй электрод заполняет стык сварного шва.

Сварка на постоянном токе двумя электродами с разной полярностью имеет недостаток: при близком расположении электродов возможно возникновение дуги между электродами. Чтобы избежать взаимодействия дуг, второй электрод подключают к источнику переменного тока (рис. 7.9). При этом уменьшается взаимодействие между дугами и риск появления несплавления и пористости из-за возникновения магнитного дутья. Расстояние между электродами при продольном расположении, когда задний электрод расположен на краю сварочной ванны, — 20 мм.

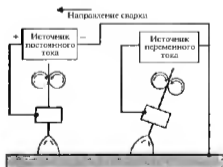


Рис. 7.9. Двухэлектродная сварка от различных источников питания

В трехэлектродной системе применяют питание от трехфазного источника сварочного тока, подключая все три электрода к разным фазам. Эти системы чаще всего применяют для выполнения продольного шва труб большого диаметра.

Поперечное расположение электродов чаще всего применяется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей с нержавеющей сталью. Широкий сварной шов имеет однородное и минимальное проплавление.

Одним из перспективных путей повышения производительности сварки является добавка железного порошка к флюсу. При этом при расплавлении флюса железный порошок также расплавляется и переходит в металл сварного шва.

В настоящее время все шире применяется метод сварки с холодным электродом, при этом сварочная проволока холодного электрода подается в зону горения дуги. Расплавляясь, она повышает производительность сварки. Сварочная проволока холодного электрода может быть того же состава, что и электродная проволока, или другого, в том числе и порошковая самозащитная. Используя для холодного электрода легированную проволоку, можно производить дополнительное легирование металла сварного шва. На рисунке 7.10 показаны различные методы сварки под флюсом.

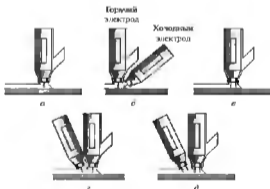


Рис. 7.10. Различные методы сварки под флюсом:
а — моноэлектродный, *б* — дополнительно вводимый металл;
в — метод с двумя дугами, *г* — метод сдвоенных дуг;
д — метод с двумя сдвоенными дугами

7.3. Электродные материалы и флюсы

Сварочные флюсы предназначены для защиты зоны сварки от доступа воздуха, легирования наплавленного металла и ряда других важных функций. Взаимодействуя во время сварки с жидким металлом, расплавленный флюс в значительной степени определяет химический состав металла шва и его механические свойства. Образовав затем над металлом шва корку шлака, флюс способствует медленному остыванию металла, выводу на поверхность газов и шлаковых включений и тем самым образованию плотного и высокопрочного шва. При этом корка шлака легко отделяется от металла шва. Флюс также способствует устойчивому горению дуги и стабильному течению процесса сварки.

По способу изготовления флюсы делятся на плавные и неплавные. *Плавные флюсы* представляют собой сравнительно сложные силикаты, по своим свойствам близкие к стеклу. Они аморфны, стеклообразны или пемзовидны. Насыпная масса стеклообразного флюса $1,5\text{--}1,8\text{ г/см}^3$, пемзовидного — $0,6\text{--}0,9\text{ г/см}^3$. Температура плавления флюса не более $1200\text{ }^\circ\text{C}$.

Флюсы изготавливают следующим образом — исходные материалы (марганцевая руда, кварцевый песок, доломит, мел, плавиковый шпат) размалывают до необходимых размеров, перемешивают в определенных массовых соотношениях и помещают для плавки в пламенные или электропечи. После расплавления флюса его подвергают мокрой или сухой грануляции.

При мокрой грануляции расплавленный флюс выпускают в проточную воду, где он остывает и растрескивается на мелкие частицы. Затем флюс сушат в барабанных сушильных шкафах при температуре $300\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$ и просеивают через сито. При сухой грануляции расплав выливается в металлические формы, и после остывания флюс дробят механическим способом. Мокрой грануляцией можно получить стекловидный и пемзовидный флюс. Стекловидный флюс представляет собой твердые, прозрачные, похожие на стекло различных цветовых оттенков зерна. Пемзовидный флюс состоит из зерен мелкопористого материала светлых цветовых оттенков.

Флюс изготавливают мелкой и крупной грануляции. Флюс мелкой грануляции с размерами зерен $0,25\text{--}1,6\text{ мм}$ предназначен для сварки проволокой диаметром не более 3 мм , с размерами зерен $0,35\text{--}3\text{ мм}$ — для сварки проволокой 3 мм и более.

Неплавящиеся флюсы, получившие название керамических, изготавливают по технологии, во многом схожей со способом изготовления качественных покрытий электродов. Компоненты флюса тонко измельчают на шаровых мельницах или другим способом и в необходимых соотношениях тщательно перемешивают в водном растворе жидкого стекла в густую пасту. Сырая паста гранулируется в зерна размером 0,25—2,0 мм, подсушивается в сушильных шкафах при температуре 150 °С в течение 15—20 мин. Затем прокаливается при температуре 300—400 °С в течение 2 ч. Средняя насыпная масса керамического флюса 1 г/см³.

Неплавящиеся керамические флюсы позволяют значительно проще легировать металл шва различными примесями. Для этого в состав флюса вводят необходимое количество легирующих примесей в виде металлического порошка, минеральных веществ или ферросплавов. Кроме того, флюс содержит газозащитные, шлакообразующие, раскисляющие, модифицирующие и связывающие элементы.

Разновидностью керамических флюсов являются магнитные флюсы. По технологии изготовления и применению они аналогичны керамическим. Кроме веществ, входящих в состав керамических флюсов, магнитные флюсы содержат железный порошок, который не только придает им магнитные свойства, но и способствует повышению производительности сварки. Во время сварки такой флюс под действием магнитного поля сварочного тока притягивается к зоне сварки. При этом обеспечивается минимальный расход флюса и появляется возможность качественной сварки в горизонтальном и вертикальном положениях.

Керамические флюсы малочувствительны к ржавчине, окалине, влаге и другим загрязнениям на поверхности свариваемых кромок деталей. Это особенно важно при строительном-монтажных работах на открытом воздухе.

Перед применением флюс необходимо просушить в электрических печах при температуре (400 ± 20) °С в течение (125 ± 15) мин. При этом толщина слоя флюса должна быть не более 60 мм. После сушки и охлаждения флюс в период до его непосредственного применения при сварке может храниться в специальных плотно закрывающихся бункерах в отапливаемых сухих помещениях или в помещениях с температурой воздуха не ниже 17 °С и относительной влажностью не выше 80% не более одних суток. Хранение флюса после сушки в течение более длительного времени проводят в сушильном шкафу при температуре 100—120 °С.

Плавленные флюсы применяются чаще. Среди них больше используют высококремнистые и марганцевые флюсы АН-348А и ОСЦ-45. Эти флюсы изготавливают плавлением песка (до 97% SiO_2), марганцевой руды (MnO), плавленого шпата (75% CaF_2), магнезита (87% MgO). Жидкий расплав флюса выливают в изложницу или воду, обеспечивая грануляцию флюса.

Для сварки низколегированных низкоуглеродистых сталей используют улучшающие легирующие флюсы. Для сварки высоколегированных сталей — более нейтральные флюсы, состоящие из бескислородных соединений типа фтористого кальция. Однако формирование швов под такими флюсами несколько хуже, чем под флюсами с активными компонентами. Плавные флюсы бывают стекловидными и пемзовидными, отличаются формой частиц и степенью раскисления. Стекловидный флюс лучше защищает зону сварки, однако формирование шва лучше под пемзовидным флюсом.

Химический состав металла шва зависит от химической активности флюса и от состава электродной проволоки. Поэтому для сварки конкретной стали флюс надо выбирать одновременно с проволокой, т.е. выбирать систему флюс — проволока. При этом надо стремиться, чтобы металл шва содержал 0,2–0,4% кремния и марганца. Можно использовать, например, при сварке углеродистых и низколегированных сталей три основные системы. По первой из них берут низкоуглеродистую проволоку (Св-08, Св-08А) и высокомарганцовистый, высококремнистый флюс (35–40% MnO и 40–45% SiO_2). Легирование кремнием и марганцем будет происходить за счет флюса. По второй системе можно взять низкоуглеродистую проволоку, содержащую до 2% Mn (например, Св-20Г2) и высококремнистый, с небольшим содержанием марганца флюс (40–42% SiO_2 и не более 15% MnO). Легирование шва марганцем будет происходить за счет проволоки, а кремнием — за счет флюса. По третьей системе выбирают среднемарганцовистую электродную проволоку (около 30% MnO) и среднемарганцовистый, высококремнистый флюс (около 30% MnO и 40–45% SiO_2). Марганец в шов будет переходить из проволоки и флюса, кремний — из флюса.

Количество переходящих в шов легирующих элементов зависит и от параметров режима сварки. Чем больше будет вокруг сварочной ванны расплавленного флюса, тем больше легирующих элементов перейдет из него в шов.

7.4. Влияние основных параметров на качество сварки

Качество, форма и размеры, а также физико-механические свойства шва во многом зависят от режима сварки. Размеры и форма шва при сварке под флюсом характеризуются глубиной провара, шириной шва, высотой выпуклости. Закономерности изменения формы шва обусловлены главным образом режимом сварки и практически мало зависят от типа сварного соединения.

Параметры режима сварки под флюсом условно можно подразделить на основные и дополнительные.

К основным параметрам относят величину сварочного тока, его род и полярность, напряжение дуги, диаметр электродной проволоки и скорость сварки. При сварке под флюсом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки часто вместо сварочного тока используют термин «скорость подачи электродной проволоки». Чем выше скорость подачи электродной проволоки, тем большим должен быть сварочный ток, чтобы расплавить проволоку, подаваемую в сварочную ванну.

К дополнительным параметрам режима сварки под флюсом относят величину вылета электродной проволоки, состав и строение флюса, а также положение изделия и электрода при сварке.

Величина сварочного тока в значительной степени влияет на глубину проплавления основного металла и на производительность сварки (рис. 7.11—7.13). С увеличением плотности тока возрастает давление газов дуги, расплавленный металл сварочной ванны интенсивнее вытесняется под электродом и глубина проплавления увеличивается, одновременно повышается и производительность процесса. Со снижением плотности тока глубина проплавления уменьшается, но ухудшается устойчивость дуги и падает производительность.

При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара примерно на 40—50% больше, чем при сварке постоянным током прямой полярности. При сварке переменным током глубина провара на 15—20% меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

Напряжение дуги при сварке под флюсом не оказывает существенного влияния на глубину провара. При возрастании напряжения длина увеличивается, дуга становится более подвижной и от этого заметно хуже становится сварной шов. При этом снижается выпуклость шва, а глубина проплавления остается почти неизменной. При необ-

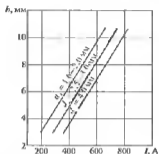


Рис. 7.11. Влияние силы тока на глубину проплавления основного металла. h — глубина проплавления

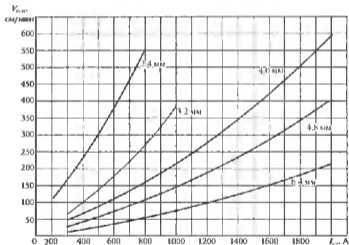


Рис. 7.12. Скорость плавления электродной проволоки при сварке на переменном токе и различном вылете электрода

ходности увеличения толщины свариваемого металла для правильного формирования шва необходимо увеличивать силу сварочного тока и напряжение дуги.

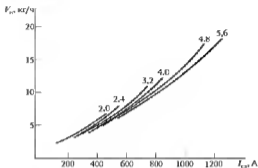


Рис. 7.13. Скорость наплавки при различных диаметрах электрода

Уменьшение диаметра электродной проволоки приводит к увеличению глубины провара, так как увеличивается плотность тока. При этом ширина шва уменьшается. Из приведенных данных следует, что и при сварке под флюсом для получения глубины провара 5 мм и диаметре электродной проволоки 2 мм требуется сварочный ток 350 А, а при диаметре 5 мм — 500 А. На практике чаще используют малые диаметры электродной проволоки, что позволяет применять меньшие значения сварочного тока в сочетании с высокой производительностью процесса сварки.

Влияние скорости сварки на глубину провара неоднозначно. При малых скоростях сварки 10—12 м/ч глубина проплавления при прочих равных условиях минимальная. При увеличении скорости сварки до 20 м/ч ширина шва заметно сокращается, выпуклость шва несколько возрастает, глубина проплавления незначительно увеличивается (рис. 7.14). Такое изменение объясняется тем, что большая скорость перемещения сильно отклоняет дугу в сторону, а возрастающая горизонтальная составляющая давления дуги сильнее вытесняет расплавленный металл сварочной ванны из-под дуги, и поэтому, несмотря на снижение энергии на единицу длины, дуга глубже погружается в осьюную металл.

Повышение скорости сварки от 20 до 50 м/ч практически не увеличивает глубину проплавления, так как в этом случае возрастающее отклонение дуги и жидкого металла компенсируется уменьшением энергии дуги на единицу длины. При дальнейшем увеличении скорости сварки до 70 м/ч глубина проплавления и ширина шва умень-



Рис. 7.14. Влияние скорости сварки на форму сварного шва (цифры означают скорость сварки в метрах в час)

шаются, но уменьшение энергии дуги на единицу длины становится столь велико, что по сторонам шва образуются зоны непровара и зоны несплавления.

При увеличении скорости сварки более 70 м/ч сказывается влияние различных факторов, приводящих к тому, что образуются краевые непровары — несплавления. Высокие скорости сварки чаще всего применяются при двухдуговой сварке.

Величина вылета электрода оказывает существенное влияние на формирование сварного шва. С увеличением вылета электрода глубина проплавления уменьшается. Электродная проволока больше нагревается и быстрее плавится (рис. 7.15). В этом случае в наплавленном слое будет содержаться преимущественно металл проволоки.

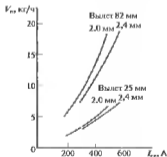


Рис. 7.15. Влияние вылета электродов на скорость наплавки

Грануляция флюса оказывает заметное влияние на формирование сварного шва. Крупные зерна флюса уменьшают его насыпную массу,

в результате чего увеличивается газовое пространство, в котором горит дуга, и вследствие большой подвижности дуги шов получается шире, а глубина проплавления меньше. Мелкозернистый флюс, наоборот, способствует возрастанию глубины проплавления.

Ширина и толщина сварочного флюса влияют на внешний вид сварного шва и на прочность сварного соединения. При слишком толстом слое флюса газы, образующиеся при горении дуги, не могут пройти через толстый слой. Сварной шов приобретает неровную, беспорядочно деформированную поверхность. Возможна пористость шва. Если слой флюса слишком тонок, сварочная зона не будет полностью находиться под шлаком. Будет происходить сверканье и брызгообразование, сварной шов приобретет неприглядный вид. Возможно образование пористости.

Оптимальная толщина сварочного флюса зависит от выбранного режима сварки и определяется опытным путем. Для этого устанавливают минимальную толщину насыпки флюса и начинают сварку. Затем, медленно увеличивая толщину слоя, ведут наблюдение за процессом сварки. Оптимальной толщиной для выбранного режима сварки будет толщина, когда перестало происходить сверканье. Газы будут спокойно клубиться вокруг электродной проволоки, иногда загораясь.

Ширина флюсовой насыпки должна быть в три раза шире расплавленной зоны. Слой, который препятствует растеканию расплавленного металла, дает сварной шов с излишней выпуклостью.

Наклон изделия по отношению к горизонтальной плоскости также оказывает влияние на формирование шва (рис. 7.16). При сварке на подъем увеличивается глубина проплавления и уменьшается ширина шва. Если угол подъема изделия при сварке под флюсом будет более 6° , произойдет стекание расплавленного металла к центру шва и по обе стороны сварного шва могут образоваться подрезы.

При сварке на спуск глубина проплавления уменьшается. Сварочная ванна стремится стечь от электрода под уклон. С увеличением угла наклона шов приобретает выпукло-вогнутую форму (рис. 7.17, а), уменьшается проплавление и увеличивается ширина шва. Боковой (поперечный) наклон производит эффект, показанный на рис. 7.17, б. Предел для бокового наклона — приблизительно 3° . Допустимый поперечный наклон отчасти изменяется в зависимости от размера сварочной ванны.

В большинстве случаев сварка под флюсом производится в горизонтальном положении изделия. Тем не менее иногда необходимо или желательно сваривать с небольшим наклоном изделия. Например,



Рис. 7.16. Влияние наклона изделия на форму сварного шва и глубину проплавления



Рис. 7.17. Сварка под уклон (а) и сварка с поперечным наклоном (б)

при высокоскоростной сварке стали толщиной 5 мм лучшими результатами дает сварка с наклоном изделия на $15\text{--}18^\circ$ и сварка на спуск. Сварка под наклоном выполняется также на искривленных поверхностях изделия, например сварка листов в носовой или кормовой части судна. Угол максимального наклона изделия уменьшается с увеличением толщины свариваемого металла.

При сварке углом вперед (рис. 7.18, а) глубина проплавления уменьшается, а при сварке углом назад — увеличивается (рис. 7.18, б). Хорошая устойчивость сварки при вертикальном положении электрода получается при сварке толстого металла — 12 мм и более. Тем не менее при сварке тонкого металла (3,0—3,5 мм) необходим наклон электрода на $25\text{--}45^\circ$ от вертикали, углом вперед.

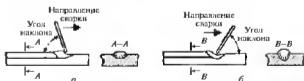


Рис. 7.18. Влияние угла наклона электрода на глубину проплавления

Зазор между деталями, разделка кромок и вид сварного соединения не оказывают значительного влияния на форму шва. Глубина проплавления и общая высота шва остаются практически постоянными. Чем больше зазор или разделка кромок, тем меньше доля основного металла в металле шва.

В зависимости от зазора или разделки кромок шов может быть выпуклым, нормальным или вогнутым. Наиболее существенное влияние на форму и качество шва оказывает равномерность зазора между деталями. При сварке вручную сварщик может сам выправить дефект сборки (заплавить увеличенный зазор) и обеспечить требуемую форму шва. При автоматической сварке это осуществить невозможно. Плохая сборка не обеспечит заданные зазоры и получение качественного шва.

В определении положения электрода основную роль играет:

- положение электрода относительно центра стыка;
- угол поперечного наклона электрода;
- угол наклона электрода по отношению к направлению сварки (сварка углом вперед или углом назад).

Для различных типов сварных соединений может меняться положение электрода относительно центра стыка. При сварке стыковых соединений электрод должен располагаться по центру зоны слияния (рис. 7.19, *а*). Смещение электрода вбок дает непровар корня шва (рис. 7.19, *б*). В некоторых случаях, например при сварке разнородных или разнотолщинных материалов, необходимо смещение электрода в сторону более толстого материала (рис. 7.19, *в*).



Рис. 7.19. Положение электродов при сварке стыковых швов

При сварке угловых швов в нижнем положении центр электродной проволоки не должен находиться на средней линии стыка, а должен быть сдвинут в сторону горизонтального листа на 0,5–0,25 диаметра проволоки (рис. 7.20, *а*). Большее смещение применяется для получения большего катета — до 10 мм. Смещение в сторону вертикального листа вызывает нарушение формы сварного шва, наплыв на горизонтальном листе и подрез на вертикальной поверхности (рис. 7.20, *б*).

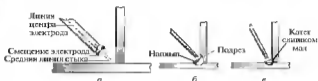


Рис. 7.20. Пожатие электрода при сварке угловых швов

Чрезмерное смещение в сторону горизонтального листа ухудшает провар и уменьшает катет шва на вертикальном листе (рис. 7.20, *е*).

Поперечный наклон электрода при сварке угловых швов в нижнем положении составляет $20\text{--}45^\circ$ от вертикали. Степень наклона зависит от выступов деталей (рис. 7.21) и толщины деталей. При сварке разяжущихся деталей необходимо электрод направлять к более прочной детали.



Рис. 7.21. Сварка углового шва при ограниченном доступе к стыку

При сварке тавровых соединений «в лодочку» изделие наклоняют под углом 45° , а электрод позиционируют точно по средней линии стыка (рис. 7.22, *а*). Если же наклон изделия отличается от 45° , т.е. наклон произвольный или связан с увеличением глубины проплавления одной из деталей, электрод позиционируется так, чтобы осевая линия электродной проволоки располагалась недалеко от центра стыка. Во избежание подрезов электрод немного отклоняют от вертикали (рис. 7.22, *б*).

При сварке цилиндрических поверхностей, когда изделие вращается под неподвижной сварочной головкой, дуга, горящая под слоем шлака, создает большую сварочную ванну, расплавленный металл и жидкий шлак из сварочной ванны стремятся стечь под уклон. При этом увеличивается вероятность шлаковых включений в металле сварного шва и, кроме того, образуется подрез.

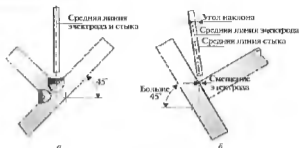


Рис. 7.22. Сварка тавровых соединений «в лодочку»

Наиболее эффективный метод недопущения этих дефектов — сдвиг электрода от верхней точки при сварке на наружной поверхности цилиндра или нижней точки при сварке внутри цилиндра (рис. 7.23). При этом угол наклона электрода изменяется в направлении вращения изделия (остается перпендикулярным к поверхности). Сдвиг и наклон электрода позволяют расплавленному металлу и шлэку затвердеть прежде, чем он начнет стекать под уклон.



Рис. 7.23. Сварка цилиндрических деталей

Влияние сдвига электрода проиллюстрировано на рис. 7.24. На рисунке 7.24, а сдвиг электрода мал, по краям сварного шва недостаточное количество металла, а по центру шов имеет глубокое проплавление. На рисунке 7.24, б величина сдвига нормальная, небольшая выпуклость и достаточная глубина проплавления. На рисунке 7.24, в сдвиг электрода очень велик, плоский, неглубокий шов, выпуклость по краям шва.



Рис. 7.24. Влияние величины диаметра сварочной головки при сварке цилиндрических деталей на характер сварного шва

7.5. Технология сварки под флюсом

Конструктивные элементы основных типов швов. Основные типы швов сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей, свариваемых автоматической сваркой под флюсом, установлены ГОСТ 8713—79. В зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки ГОСТ устанавливает формы разделки кромок для каждого вида соединения. На рисунке 7.25 показаны типовые виды сварных швов, выполняемых сваркой под флюсом.

Требования к подготовке кромок и сборке изделия под сварку более высокие, чем при ручной сварке. Эти требования вытекают из условий автоматической сварки. Настроенный под определенный режим автомат точно выполняет установленный вид сварки и не может учесть и выправить отклонения в разделке кромок и сборке изделия. Разделку кромок производят машинной кислородной или плазменно-дуговой резкой, а также на металлорежущих станках, причем перед строжкой необходимо удалить с поверхности ржавчину, в противном случае частицы ржавчины могут быть впрессованы в поверхность металла. Удаление металлической щеткой или пескоструйной обработкой впрессованных частиц ржавчины не дает положительного эффекта.

Свариваемые кромки перед сборкой должны быть тщательно очищены от ржавчины, грязи, масла, влаги и шлаков. Это особенно важно при больших скоростях сварки, когда различные загрязнения, попадая в зону дуги, приводят к образованию пор, раковин и неметаллических включений. Очистку кромок производят пескоструйной обработкой или протравливанием и пассивированием. Очистке подвергается поверхность кромок шириной 50—60 мм по обе стороны от шва.

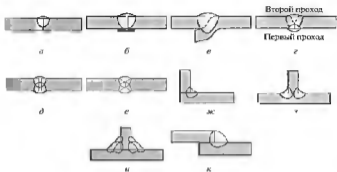


Рис. 7.25. Типовые виды сварных швов:

а — односторонний стыковой без скоса кромок, *б* — односторонний стыковой без скоса кромок на съемной подкладке, *в* — односторонний стыковой со скосом одной кромок, *г* — односторонний стыковой со скосом двух кромок и подварочным швом с обратной стороны, *д* — двухсторонний стыковой без скоса кромок, *е* — двухсторонний стыковой с двумя симметричными скосами кромок, *ж* — односторонний тавровый без скоса кромок, *з* — двухсторонний тавровый без скоса кромок, *и* — двухсторонний многопроходный тавровый без скоса кромок, *к* — односторонний нахлесточный без скоса кромок

Перед сваркой детали закрепляют на стендах или иных устройствах с помощью различных приспособлений или прихватывают ручной сваркой электродами с качественным покрытием. Прихватки длиной 50–70 мм располагают на расстоянии не более 400 мм друг от друга, а крайние прихватки — на расстоянии не менее 200 мм от края шва. Прихватки должны быть тщательно очищены от шлака и брызг металла.

При сварке продольных швов для ввода электрода в шов и вывода его из шва за пределы изделия по окончании сварки к кромок приваривают вводные и выводные планки. Форма разделок планок должна соответствовать разделке кромок основного шва.

Режим сварки (сварочный ток, напряжение дуги, диаметр, угол наклона и скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки и основные размеры разделки кромок) выбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия и формы разделки кромок.

Стыковые швы выполняют с разделкой и без разделки кромок. При этом шов может быть одно- и двухсторонним, одно- и многослойным. Значительный объем расплавленного металла, большая глубина проплавления и некоторый перегрев сварочной ванны могут привести

к вытеканию металла в зазоры и нарушению процесса формирования шва. Чтобы избежать этого, следует закрыть обратную сторону шва стальной (остающейся) или медной (съёмной) подкладкой, флюсовой подушкой или проварить шов с обратной стороны.

В практике применяют четыре основных приема выполнения односторонней сварки, обеспечивающей получение качественного сварного шва.

Сварка на флюсовой подушке (рис. 7.26) заключается в том, что под свариваемые кромки изделия подводят флюсовую подушку — слой флюса толщиной 30—70 мм. Флюсовая подушка прижимается к свариваемому изделию с помощью гибкого рукава, наполняемого воздухом или водой. Давление в рукаве зависит от толщины свариваемых изделий и составляет 0,05—0,06 МПа для тонких и 0,20—0,25 МПа для толстых. На практике более точно давление подбирается опытным путем. Очень низкое давление дает чрезвычайно выпуклый шов. При избыточном давлении шов приобретает волную поверхность.

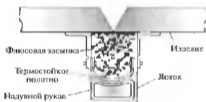


Рис. 7.26. Сварка на флюсовой подушке

Сварка на медной подкладке (рис. 7.27) применяется для большого тепловода в целях предупреждения прожога сварного шва или когда нужно получить полное проплавление при одностороннем сварном шве. Вместе с тем подкладка, устанавливаемая с нижней стороны шва, предупреждая вытекание жидкого металла сварочной ванны, прижимается к шву с помощью механических или пневматических приспособлений. После сварки подкладка легко отделяется от стальных листов.



Рис. 7.27. Сварка на медной подкладке:
 а — без зазора и без разделки кромок, б — с зазором без разделки кромок, в — без зазора с разделкой кромок

Поскольку медь имеет очень высокую теплопроводность, она быстро охлаждает расплавленный металл сварного шва без сплавления с ним. Попытки заменить медь медными сплавами, алюминием или алюминиевыми сплавами не дают положительного результата. Ухудшается качество сварного шва и увеличиваются затраты на сварку. Заменители меди имеют меньшую теплопроводность и более низкую температуру плавления. Подкладки быстро выходят из строя.

Медная подкладка в районе сварного шва может иметь выемку, которая улучшает проплавление в корне шва. На практике подкладка с выемкой не применяется при сварке листов толщиной менее 2,5 мм. При сварке металла толщиной более 2,5 мм обычно медная подкладка имеет выемку шириной от 6 до 18 мм и глубиной от 0,5 до 1,5 мм (рис. 7.28). Выемка может иметь овальную или прямоугольную форму. Размер ее зависит от толщины изделия: чем толще, тем больше выемка. Кроме того, глубину выемки определяет требуемая выпуклость корня сварного шва, а ширину — требуемая ширина проплавления корня шва.

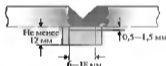


Рис. 7.28. Рекомендуемые размеры медной подкладки

Срок службы медной подкладки зависит от ухода за ней. Необходимо избегать механических повреждений и перегрева, обусловленного плохой сборкой изделия под сварку. Если контактная поверхность подкладки во время сварки покрывается канавками или кавернами, необходимо произвести обработку поверхности. Частая обработка уменьшает толщину подкладки и снижает эффективность теплоотдачи.

Медная подкладка имеет склонность к деформации, а при чрезмерном перегреве становится менее износостойкой. В большинстве случаев перегрев медной подкладки происходит из-за некачественной сборки изделия под сварку, при этом очень большое количество расплавленного металла сварного шва контактирует с медной полосой. Кроме того, перегрев происходит, когда вместо длинной медной полосы используется передвижной медный башмак.

При сварке на длинной полосе теплота равномерно распределяется по всей длине шва. Башмак, имея небольшую длину и проходясь все

время в зоне сварки, получает избыточную теплоту и снижает эффективность охлаждения металла. В этом случае требуется дополнительное охлаждение, которое обычно производят водой, циркулирующей по специальным каналам в нижней части башмака (рис. 7.29, а).

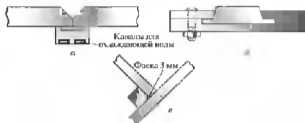


Рис. 7.29. Типы медных подкладок

Для уменьшения деформации медной подкладки при неравномерном нагреве ее закрепляют в специальную оправку (рис. 7.29, б). При сварке однопроходным швом «в лодочку» таврового соединения медная подкладка должна иметь фаску не менее 3 мм (рис. 7.29, в). Это улучшает провар в корне шва с образованием небольшого валика с обратной стороны шва. Этот валик придает дополнительную прочность сварному шву и позволяет избежать непровара и продольной прорези в нижней части шва при недостаточном проплавлении.

Сварка на стальной остающейся подкладке производится в тех случаях, когда конструкция изделия допускает приварку подкладки с обратной стороны шва. Стальную подкладку плотно подгоняют к плоскости свариваемых кромок, чтобы исключить протекание расплавленного металла, и прикрепляют короткими швами ручной дуговой сваркой. Затем автоматической сваркой под шлаком выполняют основной шов, приваривая одновременно основной металл и металл подкладки или металлоконструкции (рис. 7.30). Обычно подкладки изготавливают из стальной полосы шириной 20–60 мм и толщиной 4–6 мм.



Рис. 7.30. Сварка на стальной остающейся подкладке (а), использование в качестве остающейся подкладки металлоконструкции (б)

Сварка после предварительного наложения подварочного шва вручную применяется для упрощения сборки изделия. Корневой подварочный шов обычно имеет достаточно большую глубину сплавления, позволяющую производить сварку под флюсом (рис. 7.31). Валик подварочного шва после завершения сварки может остаться как часть сварного соединения или быть удален строжкой, вырубкой или другим механическим путем.



Рис. 7.31. Сварка после предварительного наложения подварочного шва вручную

Этот метод сварки применяется для стыковых (с разделкой и без разделки кромок), тавровых и угловых соединений, свариваемых как с зазором, так и без зазора. Иногда дополнительно используют съемную медную подкладку. Подварочный шов должен иметь максимальную глубину проплавления. Подварочный шов, выполняемый ручной дуговой сваркой, часто используется при сварке под флюсом, особенно когда нет возможности использовать как съемные, так и остающиеся подкладки и свариваемое изделие нельзя перевертывать; кроме того, применяется при плохой подгонке изделий или плохой сборке под сварку. На рисунке 7.32 показаны примеры сварных соединений с подварочным швом.

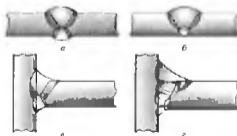


Рис. 7.32. Сварные соединения с подварочным швом а — двусторонний стыковой с двумя симметричными скосами кромок, б — односторонний стыковой со скосом двух кромок, в — тавровый со скосом кромок двусторонний, г — тавровый со скосом кромок многопроходный

При сварке под флюсом подварочный шов, выполняемый ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, должен выполняться теми электродами, которые обеспечивают низкое содержание водорода в металле сварного шва. Electroды, содержащие железный порошок в покрытии, не рекомендуются для выполнения подварочного шва, так как при втором проходе (сварке под флюсом) могут вызвать пористость сварного шва.

Подварочный шов, выполняемый покрытыми электродами, должен иметь высокое качество. Пористость и шлаковые включения не допускаются. В противном случае шов, выполненный сваркой под флюсом, будет содержать все дефекты подварочного шва.

От угла скоса кромок зависит выпуклость сварного шва (рис. 7.33) и глубина проплавления. Для стыкового, углового и многопроходного шва ширина разделки должна быть по крайней мере чуть больше глубины сварки. Отношение глубины сварки к ширине разделки, чтобы уменьшить вероятность образования продольной трещины по оси сварного шва, рекомендуется 1,25—1,50.



Рис. 7.33. Влияние ширины разделки на выпуклость сварного шва и глубину проплавления: а — хорошее проплавление, б — недостаточное проплавление, в — чрезмерное проплавление

Разделка кромок обязательна для изделия толщиной более 20 мм. Иногда разделка применяется и при сварке тонких металлов толщиной 6 мм и более. Это облегчает автоматическую сварку системе пропорционального отслеживания. В подготовленном под сварку стыковом или угловом соединении, когда желательно полное проплавление корня и ожидаемая глубина проплавления более 6 мм, рекомендуется делать притупление кромок.

Притупление кромки при сварке без подкладки должно быть достаточно большим, чтобы при сварке проплавление достигало низа корня

соединения, но не вызывало сквозного проплавления (прожога) и вытекания расплавленного металла (рис. 7.34).

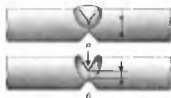


Рис. 7.34. Приглушение кромки при двухсторонней сварке, недостаточное приглушение (нижний рисунок) вызывает сквозное проплавление и вытекание расплавленного металла. *а* — нормальное приглушение кромок, *б* — недостаточное приглушение кромок

Выбранный тип разделки кромок может значительно повлиять на качество и прочность сварного соединения, стоимость работ и затраченных материалов, время на подготовку к сварке и сварку изделия. Выбор соответствующего типа разделки зависит от множества причин. Например, толщины и типа материала, требуемых физических свойств сварного соединения, размера свариваемого изделия, доступности свариваемого стыка, доступности к обработке свариваемых кромок, количества свариваемых деталей.

Соединения сварные стыковые. *Односторонняя стыковая сварка* применяется в малоответственных сварных соединениях или в случаях, когда конструкция изделия не позволяет производить двухстороннюю сварку шва.

Односторонняя сварка стыкового соединения без скоса кромок и без зазора (рис 7.35, *а*) дает хорошее качество соединения при толщине металла вплоть до 9 мм. Выпуклостью сварного шва, которая становится чрезмерно большой при сварке более толстого металла, можно управлять, изменяя зазор между свариваемыми деталями. Изменяя зазор, регулируя скорость подачи электродной проволоки и применяя двухстороннюю сварку, можно увеличить диапазон свариваемых толщин до 18 мм.

Двухсторонняя сварка стыкового соединения без скоса кромок и без зазора позволяет сваривать металл вплоть до 15 мм. Максимально допустимый зазор при сварке без съемной подкладки — 1,5 мм. При такой величине зазора нужно принять меры против протекания расплавленного металла через корневой зазор. При величине зазора более 1,5 мм необходимо применять съемные подкладки. Макси-

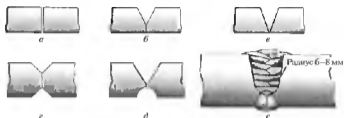


Рис. 7.35. Соединения сварные стыковые: *a* — без разделки кромок, *b* — с V-образным скосом и притуплением кромок, *c* — с V-образным скосом кромок; *z* — с двусторонним V-образным скосом кромок и притуплением, *d* — с V-образным скосом и притуплением кромок; *e* — с односторонним V-образным скосом кромок.

мальная величина зазора при сварке на съёмной подкладке из-за трудности ведения сварки равна приблизительно 3 мм. Если при сборке под сварку получен равномерный зазор по всей длине изделия, можно сваривать пластины толщиной до 18 мм. Первый шов накладывается с внешней стороны, затем изделие переворачивается и накладывается завершающий шов. Результирующий шов проходит через нижнюю (корневую) часть первого шва, обеспечивая непрерывную структуру шва по всей толщине металла.

Удовлетворительное проплавление при выполнении завершающего шва без чрезмерной выпуклости можно получить, если после выполнения первого прохода произвести продорожку с противоположной стороны шва глубиной 3—8 мм. При этом отпадает необходимость в какой-либо дополнительной обработке или зачистке шва, кроме удаления прилипшего шлака.

Преимущество стыкового соединения без разделки кромок в том, что нужна минимальная подготовка кромок при хорошем качестве сварки с требуемым проплавлением.

Односторонняя сварка стыкового соединения со скосом кромок (рис. 7.35, *b*) производится на медной съёмной подкладке. Этот тип соединения позволяет сваривать металл толщиной от 8 до 35 мм.

Прямоугольные края упрощают сборку. Отличное проплавление и выпуклость шва получаются при нормальном напряжении, сварочном токе, скорости сварки и минимальном износе медной подкладки. Для сварки используется сравнительно небольшое количество электродной проволоки, поскольку данное соединение дает требуемое проплавление без чрезмерного повышения сварочного тока и объем сварного шва значительно меньше, чем при других видах соединений.

При сварке на съемной медной подкладке стыкового соединения со скосом кромок притупление кромок разделки должно быть 3—5 мм, а зазор не превышать 1,5 мм. При сварке на стальной остающейся подкладке зазор можно увеличить до 3 мм. Стыковое соединение со скосом и притуплением кромок позволяет производить двухстороннюю сварку при толщине металла более 15 мм. Первый проход обычно большой, производится со стороны разделки (рис. 7.36). Затем изделие переворачивается и выполняется заключительный шов, который глубоко проплавляет корень первого прохода, тем самым гарантируя полное сплавление.



Рис. 7.36. Двухсторонняя сварка стыкового соединения со скосом кромок

При двухсторонней сварке притупление кромки равно 9—10 мм для всех толщин металла. Сварка обычно производится без зазора (допускается до 0,8 мм).

Односторонняя сварка стыкового соединения со скосом кромок без притупления (рис. 7.35, в) применяется для сварки почти всех толщин металла. Обычно не применяется при толщине металла менее 10 мм, поскольку требуемое проплавление при этой толщине можно получить, не делая скосов кромок.

Сварка со скосом кромок без притупления производится на съемной подкладке, поскольку масса металла в корневой части недостаточна для удержания расплавленного металла. В качестве съемной подкладки рекомендуется флюсовая подушка. Медная подкладка не рекомендуется из-за тенденции металла сварочной ванны расплавлять внешнюю часть подкладки, тем самым загрязняя сварочный шов медными включениями.

Двухсторонняя стыковая сварка дает высококачественный шов, обеспечивая хороший провар шва даже при некотором смещении свариваемых кромок. При изготовлении строительно-монтажных конструкций двухсторонний способ сварки является основным. Стыковое соединение сначала сваривают с одной стороны так, чтобы глубина проплавления составляла 60—70% толщины металла шва. Затем переворачивают и сваривают с другой стороны. Чтобы гарантировать каче-

ственное проплавление, корень второго прохода должен перекрывать корень первого прохода на 5—8 мм. Простого контактного соединения недостаточно.

Двухсторонняя сварка стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок (рис. 7.35, *г*) применяется для сварки металла толщиной до 50 мм. Для металла толщиной больше 50 мм рекомендуется многопроходная сварка (рис. 7.35, *е*). Стыковое соединение с двумя симметричными скосами кромок, предназначенное для сварки под флюсом, имеет большое притупление кромок, что позволяет применять большие значения сварочного тока, не опасаясь прожога. Данное соединение допускает отклонение ширины притупления до 25%.

Зазор между кромками должен быть минимальным, не более 0,8 мм. При этом сварку выполняют на весу без подкладок и уплотнений с обратной стороны стыка. При невозможности выдержать зазор между кромками менее 0,8 мм принимают меры по предупреждению подтекания жидкого металла. Это может быть небольшой подварочный шов, наложенный вручную с обратной стороны изделия, заложен кусок проволоки с обратной (нижней) стороны или при сварке расплавленный металл должен затекать в зазор впереди дуги.

При высококачественной сварке, прежде чем производить сварку с обратной стороны, необходимо удалить подварочный шов, проволоку и затекший в зазор металл. Для того чтобы гарантировать 100%-ное проплавление и удаление шламка, попавшего в зазор, или пористость в нижней части сварного шва, необходимо, чтобы сварной шов, накладываемый с нижней стороны (второй проход), проплавлял корень первого прохода на глубину 5—8 мм. Простого контактного соединения недостаточно.

Поскольку сварка с двумя симметричными скосами кромок широко используется при изготовлении ресиверов, то, выполняя кольцевой шов, необходимо помнить, что отношение толщины свариваемого металла к диаметру цилиндра должно быть не менее $1/25$. В противном случае большая сварочная ванна расплавленного металла стремится к стеканию, вызывая нестабильность сварки и нежелательную форму сварного шва.

Иногда при двухсторонней сварке вручную выполняют подварочный шов, при этом притупление кромки и зазор не должны превышать 3 мм. Если обстоятельства требуют, чтобы высота сварного шва, выполняемого ручной сваркой, не превышала 10 мм, то в этом случае предпочтительно соединение с двумя симметричными ломаными скосами кромок (рис. 7.35, *д*).

Односторонняя сварка соединения с криволинейным скосом кромок часто применяется при многопроходной сварке. Этот вид соединения позволяет сваривать металл практически любой толщины. С обратной стороны соединения довольно часто после завершения сварки накладывают небольшой шов (рис. 7.35, *e*).

Если свариваемое изделие готовится к сварке без выполнения вручную подварочного шва, то сборка производится без зазора (допускается зазор не более 0,8 мм).

Для толстого металла применяется двусторонняя сварка и соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок. По существу, это два соединения с криволинейным скосом кромок, имеющие общий корень. Если при сварке данного соединения применяется подварочный шов, выполненный покрытыми электродами, то жёстительно перед началом сварки с обратной стороны его удалить. Подварочный шов, выполненный плавящимся электродом в защитном газе, можно не удалять. Сварка под флюсом, выполненная поверх его, имеет высокое качество.

Соединения нахлесточные. Главное преимущество прямого нахлесточного соединения (рис. 7.37, *a*) — простота подготовки под сварку и минимальные затраты на обработку свариваемых кромок. Стык должен быть чистым. Соприкасающиеся поверхности — чистыми и сухими.

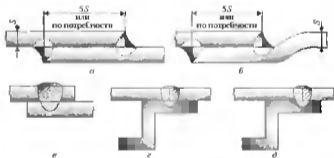


Рис. 7.37. Соединения нахлесточные

a — прямое нахлесточное, *b* — соединение внахлест; *c, d* — соединения со сквозным проплавлением

Односторонняя сварка нахлесточного соединения применяется, когда нижняя часть недоступна для сварки или когда не требуется вы-

сокая прочность сварного соединения, или когда, например, основное назначение шва — обеспечить герметичность соединения.

Нахлесточное соединение вполтай (рис. 7.37, б) также облегчает сборку и требует небольших затрат на подготовку свариваемых кромок. Кроме того, это соединение обеспечивает одну из поверхностей без выступов (заподлицо), что не дает обычное нахлесточное соединение. Стык должен быть чистым. Соприкасающиеся поверхности — чистыми и сухими.

Одностороннее нахлесточное соединение вполтай применяется при сварке небольших емкостей для горючего газа. Двухстороннее соединение широко применяется в судостроении.

Нахлесточное соединение со сквозным проплавлением широко используется для сварки листов толщиной до 3 мм. Этим соединением удобно сращивать листы металла (рис. 7.37, в) или, сваривая встык тонкие листы, одновременно приваривать их к металлоконструкциям (рис. 7.37, г) либо закреплять их на несущем каркасе (рис. 7.37, д). Соприкасающиеся поверхности, подготовленные к сварке, должны быть чистыми и сухими.

Соединения тавровые и угловые. Сварка под флюсом по сравнению с другими методами сварки даже при сварке угловых швов имеет глубокое проплавление, высокий экономический эффект и низкий расход электродной проволоки. Основным параметром углового шва является высота. При обычной дуговой сварке угловых швов высота шва равна катету шва, умноженному на 0,707 (рис. 7.38, а).

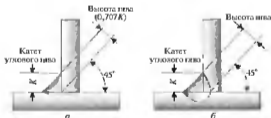


Рис. 7.38. Основные параметры углового шва

Сварка под флюсом имеет большее проплавление, поэтому при той же высоте катета высота углового шва больше на 20–30% (рис. 7.38, б). Поэтому угловые швы при сварке под флюсом можно выполнять с меньшим катетом, чем при обычной дуговой сварке, имея ту же прочность сварного соединения.

Тавровые соединения сваривают вертикальным электродом при положении шва «в лодочку» или наклонным, если один из листов занимает горизонтальное положение. При этом в зависимости от толщины свариваемых кромок и назначения соединения сварка может быть выполнена без разделки кромок или с одно- или двухсторонней их разделкой.

Сварка таврового соединения в нижнем положении при односторонней сварке позволяет получать катет углового шва вплоть до 8 мм. При двухсторонней односторонней сварке, если толщина перемычки не более 10 мм, корни двух угловых швов пройдут друг через друга (рис. 7.39, а).

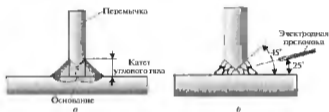


Рис. 7.39. Сварка таврового соединения в нижнем положении

Ограничение размера катета углового шва при сварке таврового соединения в нижнем положении определяется не возможностью сварки под флюсом, а объемом расплавленного металла, который стремится растекаться по горизонтальной поверхности. Если тавровое соединение требует большей глубины проплавления или большего катета углового шва, можно использовать многопроходную сварку (рис. 7.39, б). При сварке угловых швов наибольшее значение имеет позиционирование электродной проволоки и выпуклость сварного шва.

Сварка таврового соединения «в лодочку» обеспечивает равномерное проплавление свариваемых кромок и получение качественного шва большого сечения за один проход. При зазоре между кромками менее 0,8 мм сварку выполняют на весу. При больших зазорах и односторонней сварке ее производят на съемной подкладке. Угловой шов с равными катетами может быть получен при наклоне свариваемого изделия на 45° . Глубину проплавления можно увеличить, наклоня изделие на 60° (рис. 7.40, а). Чтобы сохранить равенство катетов, нужно наклонить электрод (сварочную головку) в сторону листа, имеющего меньший угол наклона. Если толщина перемычки превышает 20 мм и требуется полное проплавление, необходимо выполнить скос кромок (рис. 7.40, б).

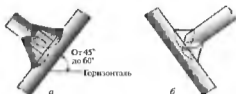


Рис. 7.40. Сварка таврового соединения «в лодочку»

Двухстороннее угловое соединение без скоса кромок рекомендуется для сварки металла толщиной до 12 мм. Сварной шов выполняется сначала на внутренней стороне соединения, затем с наружной его стороны (рис. 7.41, а). Первый проход выполняется без съёмной подкладки, если соединение собрано без зазора. Сварной шов, накладываемый с наружной стороны, должен проплавлять корень шва, наложенного изнутри. Чтобы предохранить от излишнего расплавления внешней стороны углового соединения, сварка производится с наложением медной полосы.

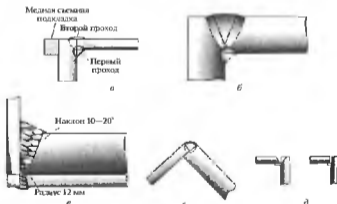


Рис. 7.41. Сварка угловых соединений

Угловое двухстороннее соединение со скосом одной кромки применяется для сварки более толстого металла, позволяя получить требуемое проплавление без чрезмерной выпуклости сварного шва. Угло-

ное соединение со скосом кромок (рис. 7.40, б) предпочтительнее, оно облегчает полное проплавление с оптимальной формой сварного шва, но требует больше затрат на разделку кромок. Следует учитывать, что приглушение кромки при сварке под флюсом должно быть значительно больше, чем при других видах сварки. Чтобы предохранить от излишнего расплавления внешнего угла соединения, сварку желательно производить с наложением медной полосы.

Угловые соединения с криволинейным скосом одной кромки или двумя криволинейными скосами одной кромки применяются для многопроходной сварки металла большой толщины. Техника сварки аналогична сварке соединения со скосами кромок. Иногда при выполнении этих соединений накладывают ручной сваркой подварочный шов. При сварке без подварочного шва зазор в корне соединения не должен превышать 0,8 мм. Поскольку разделка кромок производится только с одной стороны, радиус кривизны и наклон разделки, чтобы обеспечить достаточную рабочую зону и качественное проплавление корня шва, должны соответствовать указанным на рис. 7.41, в.

Угловое одностороннее соединение без скоса кромок (рис. 7.41, г) часто применяется при изготовлении различных металлоконструкций. Для повышения прочности соединения можно выполнять двухстороннюю сварку. Данное соединение имеет преимущество перед вышеописанными соединениями, при сварке ему не требуется медная подкладка. Необходимо иметь в виду, что стыкуемые поверхности должны быть чистыми, сухими и плотно подогнанными.

Угловое одностороннее соединение со скосом и без скоса кромок на остающейся подкладке (рис. 7.41, д) обеспечивает полное проплавление стыка. Методика сварки такая же, как и при сварке стыковых соединений на съёмной медной подкладке.

Точечные швы. Точечные швы применяются для соединения двух деталей изделия через отверстие в одной из них (рис. 7.42). Чтобы не допустить искрения электродной проволоки с боковой поверхностью отверстия, отверстие должно иметь достаточно большой размер. Если отверстие не имеет скоса кромок, его диаметр должен быть не менее половины толщины верхнего листа. Размер отверстия, который можно использовать, обеспечивая полное проплавление корня шва без изменения положения сварочной головки, определяется сварочным током. Большое отверстие, чтобы гарантировать полное сплавление, может потребовать перемещения электрода при сварке.

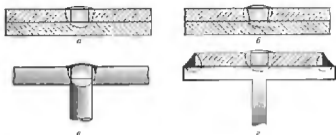


Рис. 7.42. Точечные швы
a — без скоса кромки, *b* — со скосом кромки; *c* — сварка круглых стержней, *d* — закрепление листов

В таблице 7.2 приведены ориентировочные режимы сварки на флюсовой подушке.

Таблица 7.2
 Режимы сварки углеродистых сталей на флюсовой подушке

Толщина листов, мм	Зазор в стыке, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В		Скорость сварки, м/ч
			переменный ток	постоянный ток обратной полярности	
10	3—4	700—750	34—36	32—34	30
12	4—5	750—800	36—40	34—36	27
14	4—5	850—900	36—40	34—36	25
16	5—6	900—950	38—42	36—38	20
18	5—6	950—1 000	40—44	36—40	17
20	5—6	950—1 000	40—44	36—40	15

Сварку одним электродом можно производить со скоростью не более 45 м/ч. В некоторых случаях нужны более высокие скорости, например при производстве сварных труб большого диаметра. Увеличение скорости можно получить при увеличении мощности дуги, однако при силе тока 1300—1500 А получить хорошее формирование шва без подрезов и в то же время с достаточной глубиной проплавления нельзя. Увеличение скорости сварки возможно только при двухдуговой сварке. Проволоки располагают только вдоль оси шва, первый электрод — вертикально, обеспечивая необходимую глубину провара, а второй наклоняют назад от направления движения, обеспечивая достаточную ширину шва и плавный

переход от металла шва к основному металлу. Обе дуги питаются от независимых источников постоянного тока обратной полярности. Так можно получать скорость до 120 м/ч (табл. 7.3). Двумя дугами можно сваривать стыковые соединения из металла толщиной до 14 мм в один проход, причем в стыке должен быть зазор. Сварку необходимо вести на флюсовой или флюсомедной подкладке. Для увеличения скорости сварки более 140 м/ч применяют одновременно три дуги.

Зажигание дуги под флюсом производится обычно путем включения сварочного тока на электроде, предварительно замкнутом на свариваемое изделие. Если применен автомат с регулированием скорости подачи проволоки по напряжению на дуге, то при включении тока электродная проволока короткое время движется вверх, способствуя зажиганию дуги, после чего реверсируется и подается в дугу с требуемой скоростью. Если скорость подачи постоянна, то дуговой промежуток образуется в результате взрыва перемычки на торце электрода, замкнутого на изделие, мгновенно разогреваемой током короткого замыкания. В образовавшемся нагретом промежутке возбуждается дуга, длина которой устанавливается и поддерживается в результате саморегулирования. Во время сварки необходимо следить за точным направлением электрода по оси стыка или по заданному направлению. Так как дуга при сварке под флюсом не видна, то заданное направление электрода определяют по указателям в виде штифта или светового пятна, движущимся на одной линии с электродом впереди него по копирующему ролику, перемещающемуся по разделке. Применяют также устройства с фотоэлементами.

Таблица 7.3

Режимы двухдуговой сварки стыковых соединений

Толщина металла, мм	Ширина зазора, мм	Диаметр проволоки, мм	Расположение проволоки	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
8	3—4	3—4	Вертикальное	800—850	36—40	80
			Наклонное	850—870	46—48	80
8	3—4	4—5	Вертикальное	1 500—1 550	45—50	120
			Наклонное	1 000—1 100	42—48	120
14	4—5	5—6	Вертикальное	2 000—2 100	40—42	120
			Наклонное	1 700—1 800	56—60	120

Техника заварки кратера по окончании шва зависит от конструкции автомата. Если сварка производится на установках с неподвижным автоматом и перемещающимся изделием, то при подходе дуги к концу шва останавливают изделие и, не выключая тока, прекращают подачу электродной проволоки до естественного обрыва дуги. На сварочных тракторах при подходе дуги к концу шва останавливают трактор и непродолжительное время продолжают сварку на месте, затем, не выключая тока, останавливают подачу проволоки, дуга растягивается до произвольного обрыва.

В отдельных случаях используется автоматическая однопроводная сварка металла толщиной более 40 мм. В этом случае объем и глубина сварочной ванны велики, выделение газов затрудняется, увеличивается вероятность порообразования. Поэтому при однопроводной сварке толстого металла мощными дугами применяют флюсы с повышенной газопроницаемостью и толстую электродную проволоку диаметром 8—12 мм. Сварку ведут на повышенном напряжении дуги, чтобы обеспечить получение швов нормальной чашеобразной формы, не склонных к образованию горячих трещин.

7.6. Особенности сварки под флюсом сталей различных систем пегирования

Равнопрочность соединений изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей достигается подбором флюсов и сварочных проволок, а также выбором режимов сварки. В большинстве случаев используют флюсы АН-348 и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые проволоки Св-08 и Св-08Д. При сварке ответственных конструкций рекомендуется использовать электродную проволоку Св-08ГА. Использование этих сварочных материалов позволяет получить металл шва с механическими свойствами, равными или превышающими механические свойства основного металла. Иногда при сварке низколегированных сталей с повышенным содержанием марганца необходимо использование электродных проволок Св-10ГА и Св-10Г2А. Они позволяют получать швы, практически свободные от пор. Однако при сварке без разделки можно получить некоторое снижение пластических свойств металла шва.

Для обеспечения пластических свойств металла шва и околошовной зоны на уровне свойств основного металла следует выбирать режимы, обеспечивающие получение швов повышенного сечения, применять двухдуговую сварку или производить предварительный подогрев метал-

ла до температуры 150—200 °С. Среднеуглеродистые и среднелегированные стали рекомендуется сваривать под флюсом при толщине свариваемого металла не менее 4 мм. Сварку можно вести как на переменном, так и на постоянном токе. Диаметр электродной проволоки выбирают 2—5 мм. При сварке с одной стороны не допускается использование медных и медно-флюсовых подкладок из-за возможности попадания в шов меди и образования вследствие этого горячих трещин. Для увеличения сопротивляемости сварных швов горячим трещинам, а также повышения пластичности и ударной вязкости металла шва используют основные флюсы, такие как АН-26, АН-20, 48-ОФ-10, уменьшающие содержание серы и окисных включений в металле шва. Во избежание пористости и наводороживания швов флюсы перед сваркой необходимо прокалить при температуре 300—350 °С в течение 2—3 ч, чтобы их вязкость не превышала 0,1%. Конструкционные среднеуглеродистые и среднелегированные стали под флюсом сваривают, как правило, без подогрева. Только в случае сварки жестких узлов и узлов из сталей 30ХГСА и 30ХГСАН при большой толщине изделий применяют подогрев до температуры 250—300 °С. После сварки во всех случаях необходим общий отпуск при температуре 600 °С или местный послесварочный отпуск при температуре 300 °С для предупреждения образования холодных трещин.

Для сварки сталей типа 30ХГСА можно использовать высоколегированную коррозионно-стойкую электродную проволоку Сп-10Х16Н25АМ6. Прочность таких швов меньше, чем основного металла, однако высокая пластичность придает соединению хорошую работоспособность. Сварка под флюсом применяется в соединении изделий из высоколегированных коррозионно-стойких сталей толщиной 3—50 мм при производстве химической и нефтехимической аппаратуры.

Для предупреждения перегрева металла и появления трещин рекомендуется вытопить сварку швами небольшого сечения проволокой диаметром 2—3 мм. Вылет электрода надо уменьшать в 1,5—2 раза по сравнению с проволокой из углеродистых сталей, так как высоколегированные стали имеют высокое электрическое сопротивление и при большом вылете электрод будет перегреваться — это ухудшит формирование шва. Высоколегированная хромом и никелем проволока в процессе изготовления сильно наклепывается (увеличивается твердость ее поверхностного слоя) и становится жесткой, что затрудняет работу плавильных, подающих и токоподводящих узлов сварочных установок, снижая срок их службы.

Шов легируют через флюс или проволоку. Последний способ более предпочтителен, так как обеспечивает повышенную стабильность

состава металла шва. Для сварки используют электродные проволоки и низкокремнистые фторидные и бесфторидные флюсы, создающие в зоне сварки безокислительную или малоокислительную среды, не окисляющие легирующие элементы. Это флюсы АН-26, АНФ-14, 48-ОФ-Ю. Сварку жаростойких сталей проволоками типа Св-08Х25Н13БТЮ выполняют под теми же флюсами. При сварке проволоками, содержащими легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан, бор и др.), применяют либо те же флюсы, либо фторидный флюс АНФ-22, обеспечивающий стойкость против горячих трещин.

Сварку под фторидными флюсами производят на постоянном токе обратной полярности. При этом для получения той же глубины проплавления, что и на аналогичных режимах для углеродистой стали, необходимо снизить силу сварочного тока на 10–30%. Остатки шлака и флюса с поверхности швов необходимо тщательно удалять.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность дуговой сварки под слоем флюса?
2. Какими преимуществами обладает сварка под флюсом по сравнению со сваркой открытой дугой?
3. Что называют сварочным автоматом?
4. Что называют сварочным полуавтоматом?
5. Что такое сварочный трактор?
6. Что означает АДФ-500?
7. Для чего служит флюс?
8. Как разделяют флюсы по назначению и способу изготовления?
9. Как выбрать сварочный флюс и электродную проволоку для получения металла шва нужного состава?
10. Какие бывают параметры режима дуговой сварки под флюсом?
11. Как влияют сила тока, напряжение дуги и скорость сварки на форму шва?
12. Как обеспечить формирование проплава при сварке стыковых соединений?
13. Зачем нужна многодуговая сварка под флюсом?
14. Как зажигают дугу при сварке под флюсом?
15. Какие приемы при сварке под флюсом применяют для заварки кратера?
16. Какие марки флюсов применяют для сварки углеродистых и высоколегированных сталей?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лычков В.И.* Электродуговая сварка. Пособие для сварщиков и специалистов сварочного производства. М. : СОЛОН-Пресс, 2006.
2. *Овчинников В.В.* Газорезка : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2007.
3. *Позовой Г.В., Сухтин Г.К.* Газопламенная обработка металлов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2005.
4. Сварка и резка материалов учеб. пособие для нач. проф. образования / М.Д. Баннов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; под ред. Ю.В. Казакова. 3-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2003.