

Тема: СВАРКА МЕТАЛЛОВ

1. Технология сварочного производства
2. Дуговая сварка
3. Плазменная сварка
4. Электрошлаковая сварка
5. Электронно-лучевая и лазерная сварка
6. Газовая сварка и сварка давлением
7. Контактная сварка
8. Резка металлов и сплавов

1. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями при их нагреве и пластическом деформировании.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

При *сварке плавлением* атомно-молекулярные связи между деталями создают, оплавливая их примыкающие кромки, так, чтобы получилась смачивающая их, общая ванна. Эта ванна затвердевает при охлаждении и соединяет детали в одно целое. Как правило, в жидкую ванну вводят дополнительный металл, чтобы полностью заполнить зазор между деталями, но возможна сварка и без него.

При *сварке давлением* обязательным является совместная пластическая деформация деталей сжатием зоны соединения. Этим обеспечивается очистка свариваемых поверхностей от пленок загрязнений, изменение их рельефа и образование атомно-молекулярных связей. Пластической деформации обычно предшествует нагрев, так как с ростом температуры уменьшается значение деформации, необходимой для сварки и повышается пластичность металла.

Нагрев свариваемых деталей осуществляется разными способами: электрической дугой, газокислородным пламенем, пропусканием тока, лазером и т.д. По-разному обеспечиваются защита зоны сварки от воздействия воздуха и ее принудительная деформация.

Существует множество технологических процессов сварки (более 70).

Сварка является наиболее важным способом получения неразъемных соединений из различных материалов, свариваются металлы и сплавы, керамика, стекло, пластмассы, разнородные материалы. Сварка применяется во всех областях техники.

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для образования соединений необходимо выполнение следующих условий: освобождение свариваемых поверхностей от загрязнений, оксидов и адсорбированных на них инородных атомов; энергетическая активация поверхностных атомов, облегчающая их взаимодействие друг с другом; сближение

свариваемых поверхностей на расстояния, сопоставимые с межатомным расстоянием в свариваемых заготовках.

Указанные условия реализуются различными способами сварки путем энергетического воздействия на материал в зоне сварки. Энергия вводится в виде теплоты, упругопластической деформации, электронного, ионного, электромагнитного и других видов воздействия. В результате поверхностные атомы металлов и кристаллических неметаллических материалов образуют общие для соединяемых заготовок кристаллические решетки, а на поверхности пластмасс происходит объединение частей молекулярных цепей.

В зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения, все виды сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.

К термомеханическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная и др.).

К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления (ультразвуковая, взрывом, трением, холодная и др.).

Свариваемость — свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Свариваемость материалов оценивают степенью соответствия заданных свойств сварного соединения одноименным свойствам основного металла и их склонностью к образованию таких сварочных дефектов, как трещины, поры, шлаковые включения и др. По этим признакам материалы разделяют на хорошо, удовлетворительно и плохо сваривающиеся. Многие разнородные материалы, особенно металлы с неметаллами, не вступают во взаимодействие друг с другом. Такие материалы относятся к числу практически несваривающихся.

Свариваемость материалов в основном определяется типом и свойствами структуры, возникающей в сварном соединении при сварке. При сварке однородных металлов и сплавов в месте соединения как правило, образуется структура, идентичная или близкая для соединяемых заготовок. Этому случаю соответствует хорошая свариваемость материалов. При сварке разнородных материалов в зависимости от различия их физико-химических свойств в месте соединения образуется твердый раствор с решеткой одного из материалов либо химическое или интерметаллидное соединение с решеткой, резко отличающейся от решеток исходных материалов. Механические и физические свойства твердых растворов, особенно химических или интерметаллидных соединений, могут значительно отличаться от свойств соединяемых материалов. Такие материалы относятся к удовлетворительно сваривающимся. Если образуются хрупкие и твердые структурные составляющие в сварном соединении, то в условиях действия сварочных напряжений возможно возникновение трещин в шве или околошовной зоне. В последнем случае материалы относятся к категории плохо сваривающихся.

К термическому классу относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии (дуговая, плазменная, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная, газовая и др.).

2. ДУГОВАЯ СВАРКА

Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой.

Сварочной дугой называется мощный электрический разряд между электродами, находящимися в среде ионизированных газов и паров.

В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие разновидности дуговой сварки (рис. 1):

- сварка неплавящимся (графитовым или вольфрамовым) электродом 1 дугой прямого действия 2 (рис. 1.а), при которой соединение выполняется путем расплавления только основного металла 3, либо с применением присадочного металла 4;

- сварка плавящимся электродом (металлическим) 1 дугой прямого действия с одновременным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом (рис. 1.б);

- сварка косвенной дугой 5, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги (рис. 1.в);

- сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между каждым электродом и основным металлом (рис. 1.г).

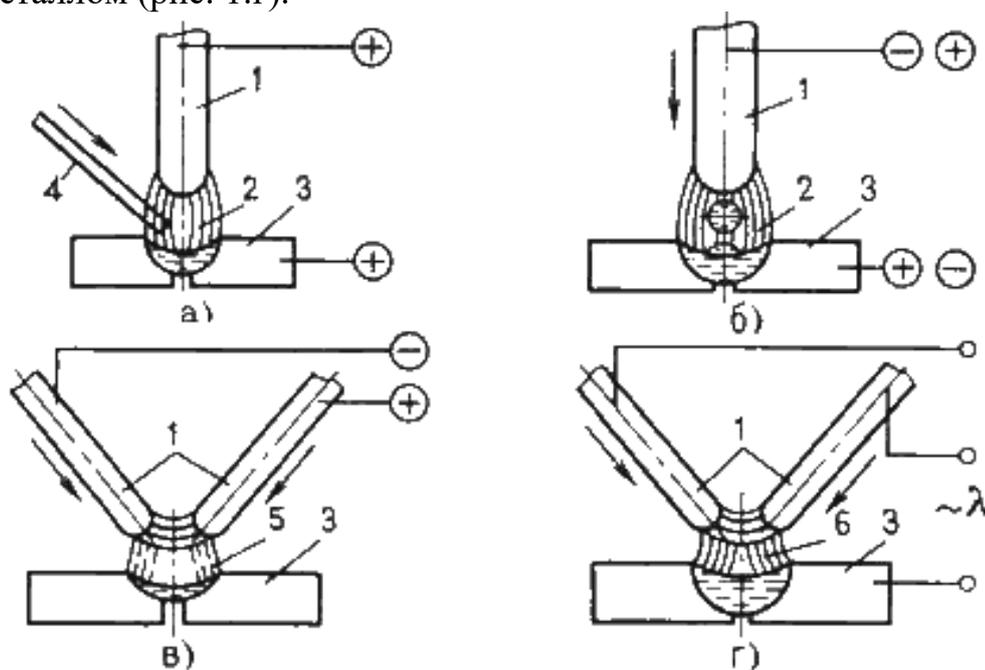


Рис. 1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручная дуговая сварка.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые подают вручную в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом (рис. 2) дуга 8 горит между стержнем 7 электрода и основным металлом 1.

Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну 9. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 6, образуя защитную газовую атмосферу 5 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 4 на поверхности расплавленного металла. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов 3. Жидкий шлак образует твердую шлаковую корку 2.

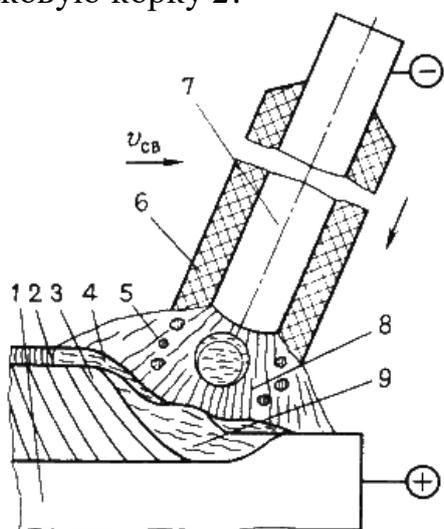


Рис. 2. Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом

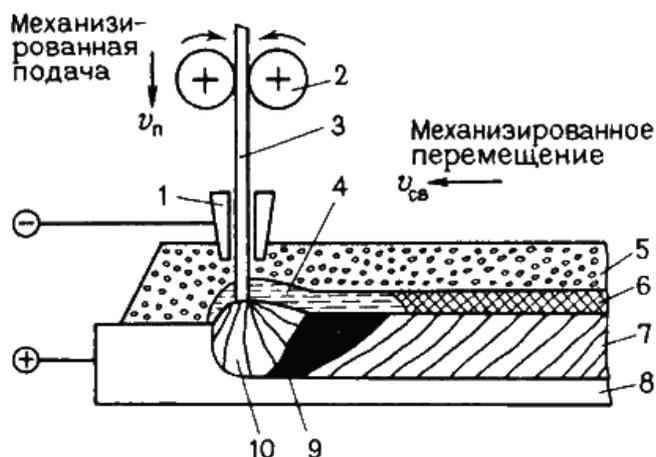


Рис. 3. Схема автоматической дуговой сварки под флюсом

Ручная сварка позволяет выполнять швы в любых пространственных положениях: нижнем, вертикальном, горизонтальном, потолочном. Ручная сварка удобна при выполнении коротких криволинейных швов в любых пространственных положениях, при выполнении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы.

Оборудование для ручной сварки: источник питания дуги, электрододержатель, гибкие провода, защитная маска или щиток.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом.

Для сварки используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха.

Схема автоматической дуговой сварки под флюсом представлена на рис. 3.

Подача и перемещение электродной проволоки механизированы. Автоматизированы процессы зажигания дуги и заварки кратера в конце шва. Дуга 10 горит между проволокой 3 и основным металлом 8. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла 9 со всех сторон плотно закрыты слоем флюса 5 толщиной 30...50 мм. Часть флюса плавится и образуется жидкий шлак 4, защищающий жидкий металл от воздуха. Качество защиты лучше, чем при ручной дуговой сварке. По мере поступательного движения электрода металлическая и шлаковая ванны

затвердевают с образованием сварного шва 7, покрытого твердой шлаковой коркой 6. Проволоку подают в дугу с помощью механизма подачи 2. Ток к электроду подводят через токопровод 1.

Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла.

Преимущества автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной: повышение производительности процесса сварки в 5...20 раз, повышение качества сварных соединений и уменьшение себестоимости 1 м сварного шва.

Флюсы. Применяемые флюсы различают по назначению.

Флюсы для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей предназначены для раскисления шва и легирования его марганцем и кремнием. Для этого применяют высококремнистые марганцевые флюсы, которые получают путем сплавления марганцевой руды, кремнезема и плавикового шпата в электропечах.

Флюсы для сварки легированных и высоколегированных сталей должны обеспечивать минимальное окисление легирующих элементов в шве. Для этого применяют керамические низкокремнистые, безкремнистые и фторидные флюсы, которые изготавливают из порошкообразных компонентов путем замеса их на жидком стекле, гранулирования и последующего прокаливания. Основу керамических флюсов составляют мрамор, плавиковый шпат и хлориды щелочно-земельных металлов.

Дуговая сварка в защитных газах.

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа (инертного – аргон, гелий; активного – углекислый газ, азот, водород).

Сварку в инертных газах можно выполнять неплавящимся и плавящимся электродами.

В качестве неплавящегося электрода применяется прутки вольфрама, а в качестве плавящегося – проволока из основного металла или близкого ему по химическому составу. Область применения аргонодуговой сварки охватывает широкий круг материалов и изделий (узлы летательных аппаратов, элементы атомных установок, корпуса и трубопроводы химических аппаратов). Аргонодуговую сварку применяют для легированных и высоколегированных сталей, цветных (алюминия, магния, меди) и тугоплавких (титана, ниобия, ванадия, циркония) металлов и их сплавов.

Сварка в углекислом газе выполняется только плавящимся электродом. Защита сварочной ванны осуществляется углекислым газом. Углекислый газ химически активен по отношению к жидкому металлу. При нагреве он диссоциирует на оксид углерода и кислород, который окисляет железо и легирующие элементы. Окисляющее действие кислорода нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей. Для сварки углеродистых и низколегированных сталей применяют сварочную проволоку с повышенным

содержанием кремния и марганца. Хорошее качество сварного шва получается при использовании специальной порошковой проволоки.

Обычно свариваются конструкции из углеродистых и низколегированных сталей (газо- и нефтепроводы, корпуса судов и т.п.). При сварке меди, алюминия, титана и редких металлов невозможно связать свободный кислород введением раскислителей.

Преимуществами данного способа являются низкая стоимость углекислого газа и высокая производительность.

Основной недостаток – разбрызгивание металла (на зачистку расходуется 30...40% времени сварки).

3. ПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА

Плазменная струя, применяемая для сварки, представляет собой направленный поток частиц или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 °С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

Применяют два основных плазменных источника нагрева: *плазменную струю*, выделенную из столба косвенной дуги и *плазменную дугу*, в которых дуга прямого действия совмещена с плазменной струей.

Плазменная струя представляет собой независимый источник теплоты, позволяющий в широких пределах изменять степень нагрева и глубину проплавления поверхности заготовок. Тепловая мощность плазменной струи ограничена, и ее применяют для сварки и резки тонких металлических листов и неэлектропроводящих материалов, для напыления тугоплавких материалов.

Плазменная дуга обладает большой тепловой мощностью, имеет более широкое применение: для сварки высоколегированной стали, сплавов титана, никеля, молибдена, вольфрама. Плазменную дугу применяют для резки материалов (меди, алюминия), наплавки тугоплавких материалов на поверхность.

Плазменной дугой можно сваривать металл толщиной до 10 мм без разделки кромок и применения присадочного материала. Так как плазменная дуга обладает высокой стабильностью, то обеспечивается повышенное качество сварных швов. Это позволяет выполнять микроплазменную сварку металла толщиной 0,025...0,8 мм.

Недостаток плазменной сварки – недолговечность горелок.

4. ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА.

Сущность процесса заключается в том, что тепловую энергию, необходимую для расплавления основного и присадочного металла, дает теплота, выделяемая в объеме шлаковой ванны при прохождении через нее тока (рис. 4).

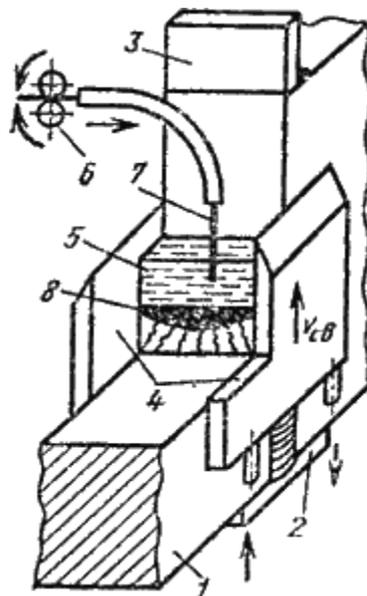


Рис. 4. Схема электрошлаковой сварки

Свариваемые заготовки *1* устанавливают в вертикальном положении. В замкнутое пространство между водоохлаждаемыми медными ползунами *4* и вертикально установленными кромками изделий засыпают флюс и подают электродную проволоку *7* при помощи специального механизма подачи *6*.

В начале процесса возбуждают дугу, флюс плавится и образуется электропроводный шлак *5*. Шлак шунтирует дугу, она гаснет, выходная цепь источника питания замыкается через шлак. Ток, проходя через шлак, разогревает его, это приводит к расплавлению кромок основного металла и электрода. Расплав стекает вниз и образует сварочную ванну *8*, выжимая шлак вверх, и затвердевает.

В начальном и конечном участках шва образуются дефекты: в начале шва – непровар кромок, в конце шва – усадочная раковина и неметаллические включения. Поэтому сварку начинают и заканчивают на специальных планках *2* и *3*, которые затем удаляют газовой резкой.

Преимущества: возможна сварка металла любой толщины (с 16 мм). Заготовки с толщиной до 150 мм можно сваривать одним электродом, совершающим поперечное колебание в плоскости стыка, при толщине более 150 мм используются нескольких проволок. Есть опыт сварки толщиной до 2 м.

Недостаток способа – образование крупного зерна в шве и околошовной зоне вследствие замедленного нагрева и охлаждения. Необходимо проведение термической обработки: нормализации или отжига для измельчения зерна.

Электрошлаковую сварку широко применяют в тяжелом машиностроении для изготовления ковано-сварных и лито-сварных конструкций; станины и детали мощных прессов и станков, коленчатые валы судовых дизелей, роторы и валы гидротурбин, котлы высокого давления и т.п.

5. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ И ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА

Электронно-лучевая сварка

Сущность процесса состоит в том, что свариваемые детали, собранные без зазора, помещают в вакуумную камеру и подают на них электродный луч – пучок электронов, движущихся с большой скоростью. При соударении с изделием электроны тормозятся, их кинетическая энергия переходит в тепловую энергию и расплавляет металл. Температура в месте соударения достигает $5000...6000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перемещая электронный луч вдоль стыка, получают сварной шов.

Схема установка для электронно-лучевой сварки представлена на рис. 5.

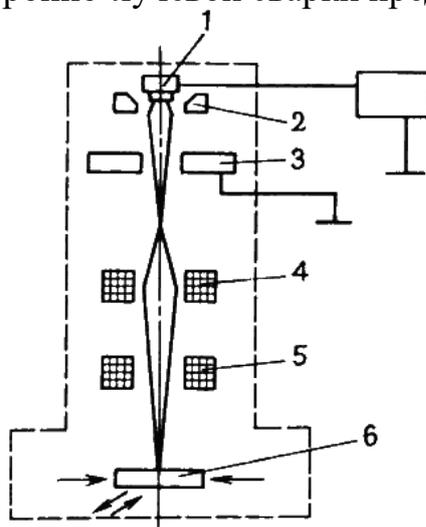


Рис. 5. Схема установки для электронно-лучевой сварки

Электроны, испускаемые катодом 1 электронной пушки, формируются в пучок электродом 2, расположенным непосредственно за катодом, ускоряются под действием разности потенциалов между катодом и анодом 3, составляющей $20...150\text{ кВ}$ и выше, затем фокусируются в виде луча и направляются специальной отклоняющей магнитной системой 5 на обрабатываемое изделие 6. На формирующий электрод 2 подается отрицательный или нулевой по отношению к катоду потенциал. Фокусировкой достигается высокая удельная мощность луча. Ток электронного луча невелик – от нескольких миллиампер до единиц ампер.

Процессу электронно-лучевой сварки присущи две характерные особенности:

- сварка протекает в вакууме, обеспечивается получение зеркально чистой поверхности и дегазация расплавленного металла;
- интенсивность нагрева очень велика, что обеспечивает быстрое плавление и затвердевание металла. Шов получается мелкозернистый с высокими механическими свойствами, с минимальной шириной, что позволяет сваривать сплавы, чувствительные к нагреву.

Электронно-лучевой сваркой изготовляют детали из тугоплавких, химически активных металлов и их сплавов (вольфрамовых, танталовых, молибденовых, ниобиевых, циркониевых), а также алюминиевых и титановых сплавов и высоколегированных сталей. Металлы и сплавы можно сваривать в однородных и

разнородных сочетаниях, со значительной разностью толщин, температур плавления. Минимальная толщина свариваемых заготовок составляет 0,02 мм, максимальная – до 100 мм.

Лазерная сварка

Лазерная сварка – способ сварки плавлением, при которых металл нагревают излучением лазера.

Лазерный луч представляет собой вынужденное монохроматическое излучение, длина волны которого зависит от природы рабочего тела лазера-излучателя. Оно возникает в результате вынужденных скачкообразных переходов возбужденных атомов рабочих тел на более низкие энергетические уровни.

Основными параметрами режимов лазерной обработки являются мощность излучения, диаметр пятна фокусировки, скорость перемещения обрабатываемого материала относительно луча.

Преимуществом лазерной сварки является быстрый точечный нагрев металла до плавления. Интенсивный сосредоточенный нагрев обуславливает и чрезвычайно большую скорость охлаждения после прекращения воздействия луча. Это позволяет свести к минимуму ширину околошовной зоны, сварочные напряжения и деформации.

Механизм процессов при лазерной сварке схож с электронно-лучевой сваркой, но не обязательно вакуумировать изделие.

Лазером сваривают преимущественно толщины до 1 мм, так как коэффициент полезного действия преобразования энергии в лазерное излучение довольно низкий.

6. ГАЗОВАЯ СВАРКА И СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ

При газовой сварке заготовки 1 и присадочный материал 2 в виде прутка или проволоки расплавляют высокотемпературным пламенем 4 газовой горелки 3 (рис. 6).

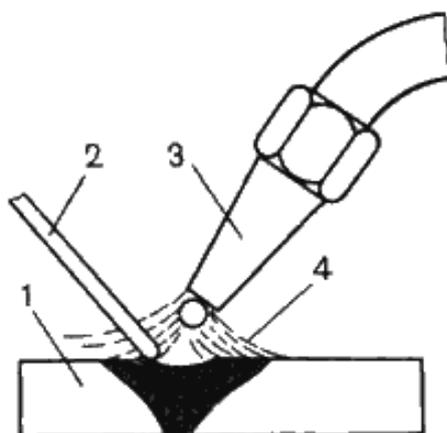


Рис. 6. Схема газовой сварки

Газовое пламя получают при сгорании горючего газа в атмосфере технически чистого кислорода. Мощность пламени регулируют сменой наконечников горелки.

Нагрев заготовки осуществляется более плавно, чем при дуговой сварке, поэтому газовую сварку применяют для сварки металла малой толщины (0,2...3 мм), легкоплавких цветных металлов и сплавов; металлов и сплавов, требующих

постепенного нагрева и охлаждения (инструментальные стали, латуни); для подварки дефектов в чугунных и бронзовых отливках. При увеличении толщины металла снижается производительность и увеличивается деформация.

Сварка давлением

Сущность получения неразъемного сварного соединения двух заготовок в твердом состоянии состоит в сближении идеально чистых соединяемых поверхностей на расстояния $(2...4) 10^{-10}$ см, при которых возникают межатомные силы притяжения.

Необходимым условием получения качественного соединения в твердом состоянии являются хорошая очистка и подготовка поверхностей и наличие сдвиговых пластичных деформаций в зоне соединения в момент сварки.

Диффузионная сварка

Диффузионная сварка – способ сварки давлением в вакууме приложением сдавливающих сил при повышенной температуре.

Свариваемые детали тщательно зачищают, сжимают, нагревают в вакууме специальным источником тепла до температуры рекристаллизации $(0,4T_{пл})$, и длительно выдерживают. В начальной стадии процесса создаются условия для образования металлических связей между соединяемыми поверхностями. Низкое давление способствует удалению поверхностных пленок, а высокая температура и давление приводят к уменьшению неровностей поверхностей и сближению их до нужного расстояния. Затем протекают процессы диффузии в металле, образуются промежуточные слои, увеличивающие прочность соединения. Соединения получают при небольшой пластической деформации. Изменение размеров мало.

Сварка может осуществляться в среде инертных и защитных газов: гелий, аргон, водород.

Способ применяется для соединения металлов, металлов и полупроводников, а также других неметаллических материалов.

Диффузионная сварка широко применяется в космической технике, в электротехнической, радиотехнической и других отраслях промышленности.

7. КОНТАКТНАЯ СВАРКА

Сварные соединения получают в результате нагрева деталей проходящим через них током и последующей пластической деформации зоны соединения.

Сварка осуществляется на машинах, состоящих из источника тока, прерывателя тока и механизмов зажатия заготовок и давления.

К деталям с помощью электродов подводят ток небольшого напряжения $(3...8 В)$ и большой силы (до нескольких десятков кА). Большая часть тепла выделяется в зоне контакта деталей.

По виду получаемого соединения контактную сварку подразделяют на точечную, шовную, стыковую. Схемы контактной сварки представлены на рис. 7.

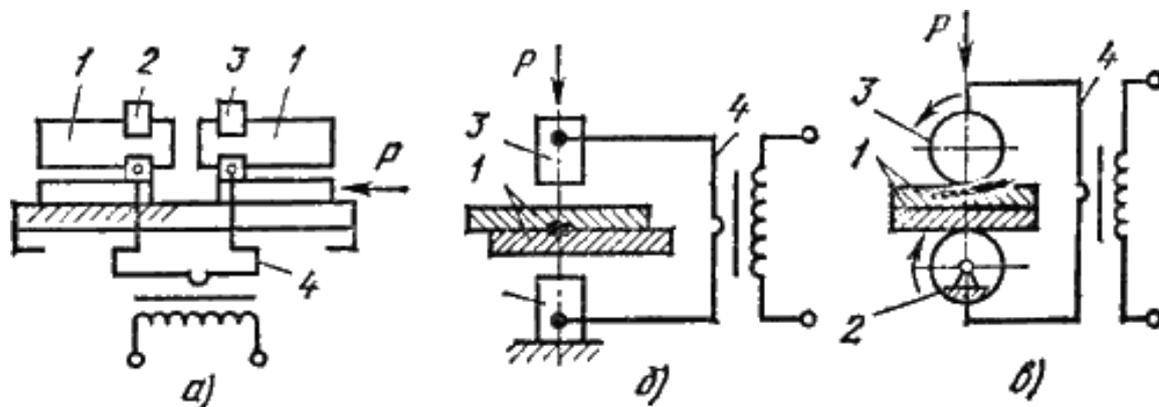


Рис. 7. Схемы контактной сварки:
а) стыковой; б) точечной; в) шовной

Стыковая контактная сварка (рис. 7, а) – способ соединения деталей по всей плоскости их касания.

Свариваемые заготовки 1 плотно зажимают в неподвижном 2 и подвижном 3 токоподводах, подключенных к вторичной обмотке сварочного трансформатора 4. Для обеспечения плотного электрического контакта свариваемые поверхности приводят в соприкосновение и сжимают. Затем включается ток. Поверхность контакта заготовок разогревается до требуемой температуры, ток отключается, производится сдавливание заготовок – осадка.

Стыковую сварку с разогревом стыка до пластического состояния и последующей осадкой называют *сваркой сопротивлением*, а при разогреве торцов до оплавления с последующей осадкой – *сваркой оплавлением*. В результате пластической деформации и быстрой рекристаллизации в зоне образуются рекристаллизованные зерна из материала обеих деталей.

Сварка применяется для соединения встык деталей типа стержней, толстостенных труб, рельсов и т.п.

Точечная сварка (рис. 7.б) – способ изготовления листовых или стержневых конструкций, позволяющий получить прочные соединения в отдельных точках.

Свариваемые заготовки 1, собранные внахлест, зажимают между неподвижным 2 и подвижным 3 электродами, подсоединенными к обмотке трансформатора 4.

Электроды изнутри охлаждаются водой, нагрев локализуется на участках соприкосновения деталей между электродами. Получают линзу расплава требуемого размера, ток выключают, расплав затвердевает, образуется сварная точка. Электроды сжимают детали, пластически деформируя их.

Образующееся сварное соединение обладает большой прочностью и его можно применять для изготовления несущих конструкций. Этот способ широко применяют в авто- и вагоностроении, строительстве, а также при сборке электрических схем.

Шовная сварка (рис. 7,в) – способ соединения деталей швом, состоящим из отдельных сварных точек.

Свариваемые заготовки 1 помещают между двумя роликами-электродами, один из электродов 2 может иметь вращательное движение, а другой 3 – вращательное движение и перемещение в вертикальном направлении. Электроды подключаются к

вторичной обмотке трансформатора 4. Электроды-ролики зажимают и передвигают деталь.

Шовная сварка обеспечивает получение прочных и герметичных соединений их листового материала толщиной до 5 мм.

8. РЕЗКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

В процессе резки металл из полости реза может быть удален термическим способом (расплавляется по линии реза и вытекает) и химическим способом (окиляется, превращается в окислы и шлаки, которые также удаляются из полости реза). Оба эти процесса могут происходить одновременно. К термическому и химическому воздействию может присоединиться механическое действие струи газа, электрода, порошка, способствующее наталкиванию жидких и размягченных продуктов из полости реза.

Существует несколько способов резки, но в промышленности наиболее распространена газокислородная резка.

Газокислородная резка

Этот способ относится к термохимической резке и заключается в сжигании металла в струе технически чистого кислорода и удалении этой струей образующихся окислов. При горении железа в кислороде выделяется значительное количество теплоты по реакции:

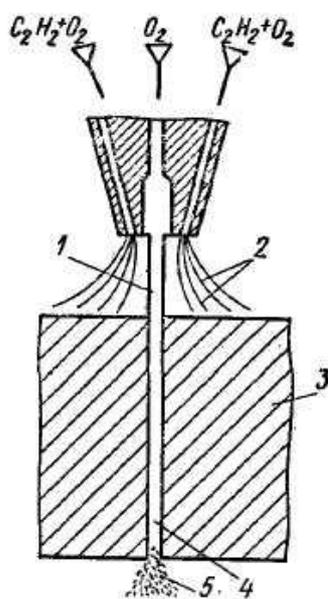
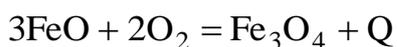


Рис. 8. Схема газокислородной резки

Для начала горения металл подогревают до температуры его воспламенения в кислороде (например, сталь до 1000...1200 °С). На рис. 8 показан процесс газокислородной резки. Металл 3 нагревается в начальной точке реза до

температуры воспламенения специальным подогревающим ацетилено-кислородным пламенем 2, затем направляется струя режущего кислорода 1, и нагретый металл начинает гореть. Горение металла сопровождается выделением теплоты, которая вместе с подогревающим пламенем разогревает лежащие ниже слои и распространяется на всю толщину металла. Образующиеся окислы 5 в расплавленном состоянии выдуваются струей режущего кислорода из зоны реза 4. Конфигурация перемещения струи соответствует заданной форме реза. Металл будет разрешаться по заданной линии.

Для обеспечения нормального процесса резки металл должен отвечать следующим требованиям:

1. температура его плавления должна быть выше температуры горения в кислороде;
2. температура плавления окислов металла должна быть ниже температуры его плавления;
3. количество теплоты, выделяющейся при сгорании металла и кислородной струе, должно быть достаточным для поддержания непрерывного процесса резки;
4. теплопроводность не должна быть слишком высокой, в противном случае слишком интенсивно отводится теплота и процесс резки прерывается;
5. образующиеся окислы должны быть достаточно жидкотекучими и легко выдвигаться вниз струей режущего кислорода.

Практически указанным требованиям отвечают железо, низкоуглеродистые и низколегированные стали.

Процесс газовой резки затрудняется при содержании в стали свыше 0,7% «С», так как температура воспламенения в связи с этим повышается и достигает температуры плавления сплава. Содержание легирующих примесей не должно превышать 5 %, так как они способствуют образованию тугоплавких окислов.

Чугуны, медные и алюминиевые сплавы, высокохромистые и хромоникелевые стали не поддаются нормальному процессу резки. Чугун имеет температуру горения, равную температуре плавления. Медь и ее сплавы не режутся вследствие высокой теплопроводности и малой теплоты сгорания. Алюминий и его сплавы и высоколегированные стали покрыты тугоплавкой пленкой окислов, поэтому процесс резки затруднен.

По характеру и направленности кислородной струи существуют три основных вида резки: разделительная, образующая сквозные разрезы; поверхностная, при которой на поверхности металла образуются канавки круглого очертания; кислородным копьём, заключающаяся в прожигании в металле глубоких отверстий.

При разделительной резке режущая струя направлена нормально к поверхности металла и прорезает его на всю толщину. Разделительной резкой раскраивают листовую сталь, режут профильный материал, вырезают косынки, круги, фланцы и т.п.

При поверхностной резке режущая струя направлена под очень малым углом к поверхности металла (почти параллельно ей) и обеспечивает грубую его строжку или обдирку. Ею удаляют поверхностные дефекты отливок.

Резку кислородным копьём выполняют тонкостенной стальной трубкой (копьём), присоединенной к рукоятке. Кислород проходит через стальную трубку, прижатую свободным концом к прожигаемому металлу. Начинается резка с

подогрева конца отливки или места реза на металле сварочной дугой или горелкой. При пропускании кислорода конец копы быстро загорается, и дальнейший подогрев не нужен. Копье прижимают к металлу и углубляют в него. Таким образом, выжигают отверстие круглого сечения. Кислородным копьем прожигают летки в металлургических печах, отверстия в бетоне и т. п.

Резка может быть ручной и машинной. Для ручной резки применяют универсальный резак типа УР со сменными мундштуками (рис. 9). В резак конструктивно объединены подогревающая и режущая части. Подогревающая часть аналогична таковой у сварочных горелок. Режущая часть состоит из дополнительной трубки 4 для подачи режущего кислорода. В мундштуке находятся два концентрически расположенных отверстия для выхода подогревающего пламени 1 и режущей струи 2. Мундштук резака 3 образует прямой угол со стволом и в него впаяна трубка 4 для подачи режущего кислорода. Газы в мундштук резака подаются с помощью вентиляей.

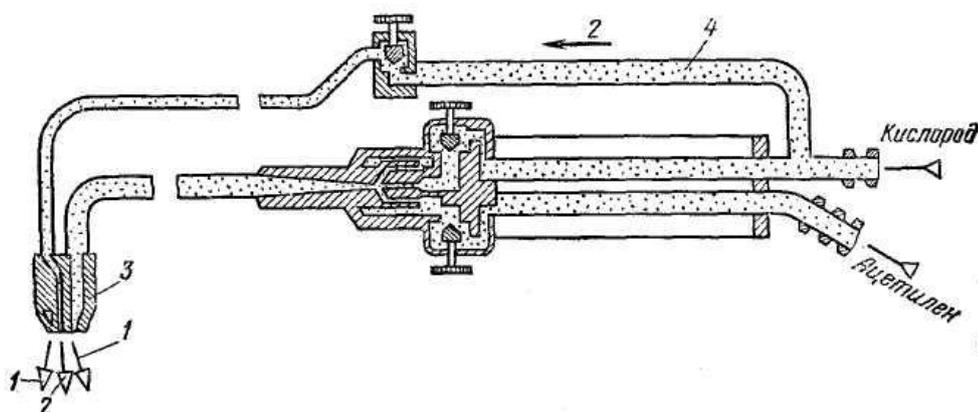


Рис. 9. Схема газокислородного резака.

Ацетилен можно заменить более дешевыми газами: природными, светильным, парами бензина и керосина. При замене ацетилена другими газами увеличивают в резак сечения каналов инжектора и смесительной камеры.

Ручная резка вследствие неравномерности перемещения режущей струи не обеспечивает высокого качества поверхности реза, поэтому ее затем механически обрабатывают.

Для получения реза высокого качества применяют машинную резку, которая обеспечивает равномерное перемещение резака по линии реза, строгую перпендикулярность режущей струи по отношению к разрезаемой поверхности и постоянное расстояние мундштука от поверхности металла.

Машинную резку выполняют на специальных автоматах и полуавтоматах с одним или несколькими резаками, при вырезке прямолинейных и криволинейных фасонных заготовок — по металлическому копиру. Копир изготавливают по чертежу вырезаемой заготовки, по ребру копира катится копирный ролик, сообщающий соответствующее перемещение резаку.

Управление движением копирного ролика может быть ручное, механическое и электрическое. Наша промышленность для кислородной резки выпускает машины всех типов.

Обычной кислородной резкой режут металлы толщиной 5–300 мм. При резке металла толщиной более 300 мм применяют специальные резаки.

Кислородно-флюсовая резка

При этом способе в зону резки вместе с режущим кислородом вдувают порошкообразный флюс с железной основой. При сгорании флюса в кислородной струе выделяется дополнительное количество теплоты. Окислы железа, образующиеся при сгорании железного порошка, сплавляясь с окислами разрезаемого металла, образуют более легкоплавкий и жидкотекучий шлак. В то же время частицы флюса, выходя из сопла резака с большой скоростью механически удаляют тугоплавкие окислы. Для получения флюса к железному порошку примешивают флюсующие добавки, поэтому, кроме термического и механического удаления окислов, происходит флюсование, т. е. перевод тугоплавких окислов в более легкоплавкие соединения.

Кислородно-флюсовой резкой режут металлы и сплавы, не поддающиеся обычной газовой резке, например высокохромистые и хромоникелевые стали, чугуны, медные сплавы. Кислородно-флюсовую резку выполняют с помощью специальной аппаратуры: флюсопитателя и кислородного резака с приспособлениями для подачи флюса. Флюс в место реза подают из бункера через инжектирующее устройство вместе с режущим кислородом по дополнительной трубке через мундштук. Наша промышленность выпускает установки типа УФР и УРХС.

Наряду с кислородной и кислородно-флюсовой резкой в современной технике применяют термические способы резки: электрической дугой; газоэлектрическую; проникающей плазменной струей; струей дуговой плазмы.

Дуговая электрическая резка

Эта резка основана на выплавлении металла по линии реза теплотой электрического дугового разряда. Дуга возбуждается угольным или стальным электродом. Расплавленный металл стекает по стенкам образующегося углубления — реза под действием собственной массы и незначительного давления дуги. Качество реза и производительность резки низкие. Этот способ является подсобным процессом при сварочно-монтажных работах.

Воздушно-дуговая резка

При этом способе металл расплавляется дугой с неплавящимся угольным или графитовым электродом, а расплавленный металл выдувается из полости реза потоком сжатого воздуха, подаваемого параллельно электроду. Воздушно-дуговую резку можно выполнять во всех пространственных положениях. Основная область ее применения — поверхностная обработка металла (различные углубления в виде канавок, снятие лишнего или дефектного металла и т. п.). Применяют разделительную воздушно-дуговую резку.

Для воздушно-дуговой резки используют специальные резаки, представляющие собой держатель электродов; головка его имеет сопла для воздуха. Рукоятку держателя можно присоединять к токоподводящему кабелю и воздушному шлангу; она имеет устройство для пуска и выключения воздуха.

Плазменно-дуговая резка

Эту резку выполняют проникающей дугой и струей дуговой плазмы. При резке проникающей дугой металл выплавляется из полости реза направленным потоком плазмы, совпадающим с токоведущим столбом создающей его дуги прямого действия. Этим способом режут толстые листы алюминия и его сплавов (до 80...120 мм), коррозионно-стойкую сталь и медные сплавы.

При резке струей дуговой плазмы используют струю свободной газовой плазмы полученной в столбе дугового разряда независимой дуги. Плазменной струей независимой дуги режут неэлектропроводные материалы (например, керамику), тонкие стальные листы, алюминиевые и медные сплавы, жаропрочные сплавы и т. д. При плазменно-дуговой резке используют аргон и его смесь с водородом (до 35% H_2). Скорость резки зависит от толщины разрезаемого металла, параметров плазменной головки и режима. Скорость резки проникающей дугой при прочих равных условиях выше скорости резки струей плазмы независимого действия.

Плазменную резку выполняют специальным резаком, называемым плазмотроном. Плазмотрон отличается от плазменной сварочной горелки размерами, большей электрической мощностью, большим расходом газа, обязательным водяным охлаждением. В установку для плазменной резки, помимо плазменной горелки, входят устройства для перемещения плазмотрона по линии реза, источники питания током, устройства для питания газом, подачи охлаждающей воды и др.