

К. К. ХРЕНОВ

СВАРКА,
РЕЗКА И ПАЙКА
МЕТАЛЛОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
КИЕВ 1952 МОСКВА

В книге излагаются основы современной техники сварки, пайки и огневой резки металлов. Дается описание основных технологических процессов важнейших видов электрической и газовой сварки, а также пайки, огневой резки металлов и необходимого оборудования и материалов. Приводится краткий обзор второстепенных способов сварки, дается описание особенностей сварки специальных сталей, чугуна, цветных металлов, наплавки твердых сплавов и рассматриваются вопросы контроля качества сварки.

Книга предназначена для инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих, имеющих достаточную подготовку, а также может служить пособием для студентов вузов.

Рецензент лауреат Сталинской премии
канд. техн. наук *П. Г. Гребельник*

УКРАИНСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Ведущий редактор иж. *Я. А. Самохвалов*

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение сварки металлов характерно для современной техники и современных методов промышленного производства. Особенно быстрое и интенсивное развитие промышленного применения сварки началось во второй четверти нашего столетия и продолжается и сейчас со всё нарастающими темпами.

Возникновение и начало производственного использования некоторых простейших способов сварки теряется в глубокой древности. Уже в бронзовом веке возникает искусство спайки металлов, а первобытный способ производства железа основан на применении процесса сварки, в результате которого рыхлый губчатый продукт восстановления железной руды превращался в монолитный кусок стали. В древности способы сварки развивались очень медленно, и на протяжении столетий часто трудно уловить сколько-нибудь заметные изменения методов и технических приёмов сварки, применяемых приспособлений и оборудования. Резкий перелом в этой отрасли техники, после многих столетий затишья, наступает лишь в конце XIX и начале XX веков. Быстрое развитие промышленности и всех отраслей техники вызывает появление новых мощных средств, пригодных для сварки металлов, таких, например, как мощные электрические токи, дуговой разряд, ацетилено-кислородное пламя, термитные смеси и т. п. С этого времени почти ежегодно делаются существенные открытия и изобретения в сварочной технике, которая на протяжении двух-трёх десятилетий обогащается во много раз больше, чем на протяжении предшествующих тысячелетий. Поэтому, хотя основы сварочной техники и заложены несколько тысяч лет тому назад, почти всё, чем пользуется сейчас промышленное производство, создано на протяжении всего лишь нескольких последних десятилетий, а поэтому сварочная техника может по праву считаться новой молодой отраслью техники.

В развитии всех видов и способов сварки виднейшую роль сыграли русские и советские учёные и техники. Промышленное применение новых способов сварки в нашей стране до Октябрьской революции было незначительным, несмотря на то, что родиной многих способов была Россия.

Блестящий расцвет сварочной техники в нашей стране наступил после Великой Октябрьской социалистической революции вместе с огромными успехами индустриализации в годы сталинских пятиле-

ток. Бурное развитие новой советской сварочной техники началось примерно в 1929—1930 гг. и продолжается и сейчас непрерывно возрастающими темпами.

В настоящее время Советский Союз, бесспорно, занимает ведущее место по объёму применений и техническому совершенству сварки. В создании новейшей современной сварочной техники совершенно исключительную роль играли и играют советские научные работники, инженеры, стахановцы-сварщики, и по многим способам сварки Советский Союз занимает сейчас первое место в мире.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ

Сваркой называется процесс получения неразъёмного соединения отдельных частей из твёрдых материалов за счёт междуатомных сил сцепления как с применением нагрева, так и без него.

Сварка в промышленности особенно широко применяется для соединения металлов, но могут свариваться и многие другие материалы: стёкла, пластмассы, смолы, некоторые горные породы и т. д. В настоящей книге рассматривается только сварка металлов.

Силы сцепления, связывающие в одно целое элементарные частицы, из которых состоят твёрдые или жидкие тела, могут быть объяснены взаимодействием электронных оболочек атомов, составляющих тело. Для осуществления сварки, т. е. соединения твёрдых металлических частей в одно целое, необходимо привести в действие силы сцепления. Для этого прежде всего нужно достаточно сблизить атомы соединяемых частей на расстояние порядка атомного радиуса, а затем активизировать силы сцепления, т. е. заставить взаимодействовать электронные оболочки соединяемых частиц.

По общим законам термодинамики частицы взаимодействуют так, что в конечном счёте уменьшают свободную энергию системы. К процессам, уменьшающим свободную энергию системы, относятся, например, распределение атомов в определённом правильном порядке пространственной кристаллической решётки, которая обладает известной прочностью. Для деформирования решётки необходимо затратить определённую работу, т. е. подвести к твёрдому кристаллическому телу достаточное количество энергии. Деформированная кристаллическая решётка при подходящих условиях возвращается к нормальному состоянию, уменьшая свободную энергию системы и возвращая работу, затраченную на её деформирование. Во время перестройки деформированной кристаллической решётки частицы приходят во взаимодействие, вызывая срастание в одно целое соединяемых металлических частей.

К процессам, идущим самопроизвольно, с уменьшением свободной энергии системы, относятся, например, растворение и диффузия, которые часто играют основную роль в процессе сварки. Важным фактором увеличения свободной энергии системы является нагрев свариваемых тел. С повышением температуры сначала происходит уменьшение прочности твёрдого тела, ослабляются упругие свойства, растёт способность к пластическим деформациям, а затем про-

исходит плавление металла. При дальнейшем повышении температуры металл переходит в газообразное состояние. Способность объёмов вещества к объединению в одно целое меняется с температурой, возрастая с её повышением. Любые газы, приведённые в соприкосновение и находящиеся в любых соотношениях, самопроизвольно образуют смесь, однородную по всему объёму, с наиболее вероятным равномерным распределением различных газовых молекул по всему объёму. В жидком состоянии способность к диффузии частиц уже сильно ограничена: существуют многочисленные примеры взаимно нерастворимых жидкостей и жидкостей с ограниченной взаимной растворимостью. Все расплавленные металлы являются достаточно однородными жидкостями и обладают хоть и очень ограниченной, но достаточной для осуществления сварки взаимной растворимостью.

Нагрев металла облегчает выполнение процесса сварки и применяется в широких размерах и разнообразнейших формах в сварочной технике, поэтому в обычном представлении сварка неразрывно связана с нагревом металла до высоких температур его плавления или перехода в пластическое состояние. Однако нагрев не является необходимым для осуществления процесса сварки и применяется из соображений практического удобства. Принципиально сварка возможна при низких температурах и в некоторых случаях осуществляется в промышленных масштабах. Срастание частиц металла в монолитное твёрдое тело при низких температурах наблюдается достаточно часто, так, например, при комнатной температуре формируются плотные и прочные массы металла при электролитическом его осаждении из водных растворов.

Нанося гальваническим путём осадок металла на соединяемые части, можно их соединить в одно целое и принимать осуществляемый таким образом процесс за сварку. Плотные прочные осадки металлов могут быть получены иногда и посредством химических реакций восстановления металла из его соединений, протекающих при низких температурах. При комнатной температуре возможно превращение металлических порошков в монолитный металл приложением значительного давления. За счёт пластической деформации осуществляется холодная сварка многих металлов при комнатной температуре, находящая промышленное применение.

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СВАРКИ

Современная промышленность располагает несколькими десятками видов и разновидностей способов сварки металлов, для изучения, оценки и определения рациональных областей применения которых целесообразно классифицировать их, разделив на две основные группы: 1) сварка давлением (пластическая); 2) сварка плавлением.

В первой группе весьма важную, доминирующую роль играет давление, прилагаемое к месту сварки, создающее пластическую деформацию и возбуждающее силы сцепления. Нагрев металла при

этом играет хотя и важную, но всё же подчинённую роль; в ряде случаев сварка может быть осуществлена и без применения нагрева.

Во второй группе процесс сварки основан на расплавлении металла местным нагревом. Давление к месту сварки не прилагается, а если иногда и применяется, то играет второстепенную роль.

Группу способов сварки давлением можно, в свою очередь, разделить на три подгруппы, в зависимости от степени нагрева места сварки. Первая — холодная сварка давлением, при которой металл в зоне сварки остаётся всё время холодным, например сварка при нормальной комнатной температуре. Вторая — сварка давлением без оплавления, при которой металл не доводится до расплавления, а лишь подогревается до температуры так называемого сварочного жара, при этом несколько снижаются механическая прочность, упругие свойства и повышается пластичность. Процесс сварки давлением при этой температуре протекает успешно и даёт хорошие результаты. Понятие сварочный жар выработано практикой и является довольно неопределённым. Вообще говоря, любой металл или любая пара разнородных металлов при подходящих условиях (достаточном удельном давлении и пр.) могут быть сварены и при комнатной температуре без всякого подогрева.

Переходя от принципиальной возможности сварки к достаточно удобным процессам сварки давлением, пригодным для промышленного использования, следует отметить, что подогрев металла значительно облегчает процесс сварки давлением и в большинстве случаев является практически необходимым. При этом, чем выше температура подогрева, тем лучше протекает процесс сварки, однако повышение температуры ограничивается различными дополнительными соображениями.

Обычно металл нагревают до так называемых сварочных температур, т. е. температур, лежащих лишь немного ниже температуры плавления металла. Дальнейшее повышение температуры не допускается, так как начавшееся плавление металла может нарушить нормальный процесс сварки, ухудшить структуру металла и т. п. Иногда температура нагрева ограничивается невозможностью дальнейшего её повышения при нагреве в разных горнах, печах и т. п.

Во многих случаях оказывается целесообразным усилить подогрев металла в зоне сварки до оплавления. При этом расплавленный металл в процессе осадки может полностью выдавливаться наружу из зоны сварки, и в соприкосновение войдут и будут свариваться слои металла, нагретые лишь до перехода в пластическое состояние. В этом случае при последующем металлографическом исследовании в сварном соединении литого металла не обнаруживается. Иногда расплавленный металл удаляется из зоны сварки осадкой не полностью или совсем не удаляется, например при точечной контактной электросварке. В этом случае при металлографическом исследовании сварного соединения обнаруживается литой металл.

Если при подогреве металл доводится до оплавления, то сварочный процесс называется сваркой давлением с оплавлением.

Группа способов сварки плавлением, в свою очередь, может быть разделена на две подгруппы: 1) сварка плавлением, характеризующаяся расплавлением основного металла и 2) пайка, основная особенность которой заключается в отсутствии плавления основного металла. Соединение осуществляется за счёт расплавления легкоплавкого присадочного металла, имеющего температуру плавления ниже температуры плавления основного металла. Этот легкоплавкий металл называется припоем, а сам процесс — пайкой, которую можно считать разновидностью сварки плавлением. Однако провести резкую границу между собственно сваркой плавлением и пайкой, в особенности для цветных металлов, не всегда возможно.

На основании приведённых определений можно дать краткую характеристику процессам сварки давлением и сварки плавлением и отметить их некоторые особенности.

Процесс сварки давлением с нагревом складывается из двух операций:

1) нагрева соединяемых частей в зоне сварки соответствующим источником тепла до необходимой температуры, чтобы на поверхности соединения была достигнута температура сварочного жара;

2) осадки, состоящей в том, что к соединяемым частям прилагается давление, вызывающее значительную пластическую деформацию нагретого металла, течение которого вдоль поверхности раздела возбуждает силы сцепления и производит сращивание соединяемых частей в одно целое. Выдавливаемый нагретый металл при этом образует утолщение в зоне сварки.

Выполнение сварки давлением без оплавления не требует особенно высоких температур, поэтому свариваемые изделия могут нагреваться разнообразными источниками тепла. Металл в зоне сварки не расплавляется, поэтому его химический состав и структура остаются практически неизменными или меняются сравнительно мало, вследствие чего в сварном соединении более или менее сохраняются первоначальные механические свойства основного металла. В благоприятных случаях сварка давлением может дать совершенно однородный металл в зоне сварного соединения и место сварки не может быть обнаружено металлографическим исследованием; металл зоны сварки не отличается от основного металла по химическому составу, структуре и механическим свойствам.

Соединяемые поверхности должны быть тщательно очищены перед сваркой, так как отсутствие плавления металла затрудняет удаление загрязнений из зоны сварки, в результате чего в процессе осадки часть загрязнений остаётся в сварном соединении и снижает его механические свойства. Иногда целесообразно применять флюсы, переводящие тугоплавкие окислы на поверхности свариваемых металлов в легкоплавкие шлаки, легче удаляемые в жидком виде из зоны сварки в процессе осадки.

Процесс сварки плавлением осуществляется следующим образом. Соединяемые части собираются в нужном положении, к месту соединения подводится достаточной мощности источник тепла с высокой температурой, расплавляющий металл обеих соединяемых частей. Расплавленный металл свариваемых деталей самопроизвольно, без внешних механических воздействий, сливается в общую сварочную ванну. По удалении источника тепла сварочная ванна, охлаждаясь, быстро затвердевает, а наплавленный металл прочно соединяет обе детали в одно целое. Расплавленный металл сварочной ванны весьма интенсивно отдаёт тепло в массу изделия вследствие высокой теплопроводности металлов, поэтому для образования сварочной ванны необходимых размеров требуется источник тепла не только достаточной мощности, но и весьма высокой температуры. Опыт показывает, что для сварки плавлением таких металлов, как сталь, медь, чугун средних толщин, источник тепла должен иметь температуру не менее 3000°; при меньших температурах сварка если и возможна, то даёт посредственные результаты и экономически невыгодна вследствие низкой производительности.

Такие высокие температуры в промышленном масштабе научились получать относительно недавно (около 70 лет назад), поэтому все виды и разновидности сварки плавлением являются сравнительно новыми.

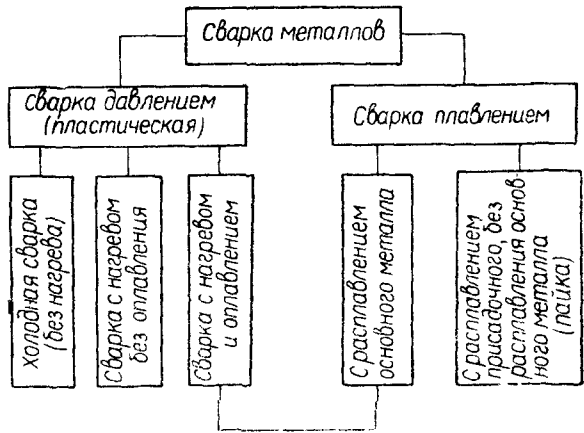
В расплавленной ванне различные загрязнения, бывшие на поверхности металла (окислы, грязь и т. п.), имеют возможность всплыть на поверхность ванны и перейти в шлак, поэтому при сварке плавлением требования, предъявляемые к чистоте поверхности металла, могут быть меньше, чем при сварке давлением.

Процесс плавления металла и воздействие на ванну очень высокой температуры источника нагрева вызывают резкое изменение химического состава, структуры и механических свойств металла сварного шва, по сравнению с основным металлом. Первоначальные свойства металла сварного соединения, сохраняющиеся при сварке давлением, в этом случае не сохраняются. Испаряются и выгорают составные части металла, поглощаются ванной газы из окружающей атмосферы, в результате чего затвердевший металл ванны получает совершенно иные состав и структуру. Изменение механических свойств часто проявляется в резком снижении пластичности металла.

Для устранения неблагоприятных последствий плавления металла и воздействия на него высоких температур часто прибегают к улучшению металла шва, вводя в ванну различные присадки.

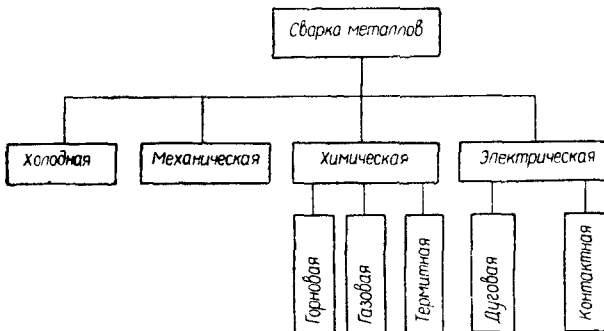
После открытия способов сварки плавлением в конце прошлого столетия особое внимание техников того времени привлекало то, что сварка плавлением выполнялась за одну операцию — нагрев; приложения же давления, т. е. операции осадки, не требовалось. Привычные старые способы сварки давлением требовали двух отдельных операций — нагрева, а затем приложения давления в процессе осадки. Основное значение при этом справедливо приписывалось осадке.

Чтобы подчеркнуть главную отличительную особенность сварки плавлением, её назвали автогенной сваркой. Слово *автогенная* образовано из греческих корней *авто* и *ген* и может быть переведено как самовозникающая. В дальнейшем это слово в разговорной речи стало преимущественно применяться для обозначения лишь одного вида сварки плавлением, именно газовой сварки, и отсюда постепенно образовался своеобразный технически безграмотный разговорный жаргон с выражениями вроде «он варит автогеном», «автогенная резка» и т. п. Поэтому в настоящее время термин «автогенная сварка» не рекомендуется применять в технической литературе.



Фиг. 1. Классификация способов сварки.

Приведённая на фиг. 1 классификация способов сварки недостаточно удобна для дальнейшего развития и детализировки. Для практических целей гораздо удобнее другая система классификации, в основу которой положен способ нагрева металла при сварке. Классификацию по



Фиг. 2. Классификация способов сварки.

способу нагрева можно сильно детализировать, охватив все виды и разновидности сварки, имеющие промышленное значение, если вместе со способами нагрева при классификации принять во внимание и некоторые другие признаки.

Основная схема классификации видов сварки по способу нагрева металла показана на фиг. 2. В основу классификации положен вид

Металлолом

Первый научный сайт про металлы в Рунете

Большое спасибо за чтение ознакомительной версии контента с сайта “Металлолом”. Если вы заинтересованы в полной версии, пожалуйста - нажмите кнопку “Facebook” или “Twitter” и поделитесь своей находкой, чтоб остальным было легче найти наш сайт.

После этого вам нужно будет обновить страницу, где вы расшарили ссылку - и полный контент будет доступен вам для чтения онлайн прямо на сайте!

Если вы находите данный ресурс полезным - пожертвуйте, сколько можете

<https://secure.wayforpay.com/payment/mitalolom>



Важно!

Весь контент защищен авторскими правами и служит только для ознакомительных целей - например, когда вам нужно написать реферат или курсовую.

После прочтения и ознакомления, вам нужно будет удалить скачанный контент или оплатить издателю.