

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

МЕХАНИКО-МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА «МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА»**

Абралов М.А.

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине «Введение в специальность»
для подготовки бакалавров по направлению
5522700 - «Машины и технология сварочного производства»**

ТАШКЕНТ 2007

УДК 621.791.1

Конспект лекций по дисциплине «Введение в специальность» для подготовки бакалавров по направлению 5522700 - Машины и технология сварочного производства/ТашГТУ; Абралов Махмуд Абралович. Ташкент, 2005.

Курс «Введение в специальность» по учебному плану читается в 5 семестре бакалавриата.

В этом конспекте изложены основные вопросы истории развития и теории современных процессов сварки плавлением и давлением, родственных сварки технологиям и новых областей применения сварочных технологий, в объеме необходимом для изучения студентами высшего специального заведения по направлению бакалавриата 5522700 - Машины и технология сварочного производства

Составитель: проф., д.т.н. Абралов М.А.

Конспект лекций обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машины и технология сварочного производства».

Протокол № _____ от «_____» _____ 2006 г

Заведующий кафедрой: проф., д.т.н. Абралов М.А.

Конспект лекций рассмотрен и утвержден на заседании Методического Совета Механико-машиностроительного факультета:

Протокол № _____ от «_____» _____ 2006г

Председатель Методического Совета факультета:

Содержание

Введение	5
Лекция № 1. История развития и сущность сварки	7
1.1. История развития сварки и сварочных технологий.....	
1.2. Сущность сварки.....	
Лекция № 2. Сварка плавлением (сущность и классификация способов)	13
2.1. Сущность сварки плавлением.....	
2.2. Классификация способов сварки плавлением.....	
2.3. Ручная дуговая сварка.....	
Лекция № 3. Сварка плавлением (Дуговая сварка под флюсом и в защитных газах. Электрошлаковая сварка)	20
3.1. Дуговая сварка под флюсом.....	
3.2. Дуговая сварка в защитном газе.....	
3.3. Электрошлаковая сварка.....	
Лекция № 4. Сварка плавлением (Плазменная сварка. Газовая сварка)	25
4.1. Плазменная сварка.....	
4.2. Газовая сварка.....	
Лекция № 5. Сварка плавлением (Лазерная сварка. Электроннолучевая сварка)	29
5.1. Лазерная сварка.....	
5.2. Электроннолучевая сварка.....	
Лекция № 6. Сварка давлением (сущность и классификация способов)	35
6.1. Сущность сварки давлением.....	
6.2. Классификация способов сварки давлением.....	
6.3. Классификация способов контактной сварки.....	
Лекция № 7. Сварка давлением (Точечная и шовная контактная сварка)	39
7.1. Точечная контактная сварка.....	
7.2. Шовная контактная сварка.....	
Лекция № 8. Сварка давлением (Рельефная и стыковая контактная сварка)	43
8.1. Рельефная контактная сварка.....	
8.2. Стыковая контактная сварка.....	
Лекция № 9. Сварка давлением (Холодная сварка. Диффузионная сварка)	50
9.1. Холодная сварка.....	
9.2. Диффузионная сварка.....	
Лекция № 10. Сварка давлением (Ультразвуковая сварка. Сварка трением)	54
10.1. Ультразвуковая сварка.....	
10.2. Сварка трением.....	

Лекция № 11. Сварка давлением (Сварка прокаткой и взрывом. Высокочастотная сварка).....	59
11.1. Сварка прокаткой.....	
11.2. Сварка взрывом.....	
11.3. Высокочастотная сварка.....	
Лекция № 12. Родственные сварки технологии (Пайка. Термическая резка).....	64
12.1. Пайка.....	
12.2. Термическая резка.....	
Лекция № 13. Родственные сварки технологии (Наплавка. Напыление).....	68
13.1. Наплавка.....	
13.2. Напыление.....	
Лекция № 14. Особые случаи сварки (Сварка в космосе. Сварка под водой).....	72
14.1. Сварка в космосе.....	
14.2. Сварка под водой.....	
Лекция № 15. Особые случаи сварки и родственных технологий..	75
15.1. Сварка биологических тканей.....	
15.2. Газопламенная обработка биологических объектов.....	
Ключевые понятия.....	80
Список используемой литературы.....	83

Введение

Производственное использование некоторых простейших способов сварки началось еще в глубокой древности. Уже в бронзовом веке возникает искусство соединения металлов. Способы сварки развивались очень медленно и часто трудно уловить на протяжении столетий сколько-нибудь заметные изменения методов и технических приемов сварки, применяемых приспособлений и оборудования.

Резкий перелом в этой области техники наступает лишь в конце XIX - начале XX века.

В 1802 г. русский ученый - академик В.В. Петров открыл явление электрической дуги и впервые указал на возможность при помощи ее нагревать и расплавлять металлы.

В 1882 г. русский инженер Н.Н. Бенардос изобрел способ электродуговой сварки неплавящимся угольным электродом, а в 1888 - 1890 гг. другой русский инженер Н.Г. Славянов предложил выполнять дуговую сварку плавящимся металлическим электродом. Способы Н.Н. Бенардоса и Н.Г. Славянова являются основой современных видов электросварки металлов.

Особенные заслуги в области электродуговой сварки механизации и автоматизации ее процесса принадлежат русскому ученому академику Е.О. Патону. Во время Второй Мировой войны автоматическая сварка под слоем флюса была широко освоена на наших оборонных заводах и сыграла большую роль в увеличении производства танков и артиллерийского вооружения.

Быстрое развитие промышленности и всех отраслей техники вызвало появление новых средств нагрева, пригодных для сварки металлов, таких, например, как электрический ток, дуговой разряд, ацетилено-кислородное пламя, термитные смеси, электронный луч, лазер, высокотемпературная плазма, ультразвук и др. и соответственно новых эффективных способов сварки.

Машины и технология сварочного производства – направление в области науки и техники, которое включает совокупность средств, способов, методов и приемов человеческой деятельности, используемых для изготовления изделий машиностроительной промышленности, строительных металлических конструкций, монтажа и восстановления оборудования нефтегазового комплекса, диагностики и контроля качества сварных соединений, а также нанесения специальных покрытий.

Объектами профессиональной деятельности бакалавра по направлению 5522700 – *Машины и технология сварочного производства* являются высокопроизводительное сварочное оборудование и эффективные производственные процессы сварочного производства, методы и средства их разработки, методы диагностики и контроля качества сварных соединений; новые сварочные материалы, восстановление и упрочнение изношенных деталей машин и аппаратов, создание и нанесение антикоррозионных и других специальных покрытий.

Бакалавр подготовлен к обучению в магистратуре направления 5522700 - *Машины и технология сварочного производства* продолжительностью не менее двух лет по следующим специальностям:

- 5A522701 - Производство сварных конструкций;
- 5A522702 - Технология и оборудование сварки;
- 5A550703 - Восстановление и упрочнение деталей машин и аппаратов;
- 5A550704 - Сварка в строительстве;
- 5A550705 - Сварка пластмасс и склеивание металлов;
- 5A550706 - Сварка в нефтегазовом комплексе;
- 5A550707 - Микросварка в приборостроении;
- 5A550708 - Механизация и автоматизация сварочного производства;
- 5A550709 - Диагностика и контроль качества сварных соединений;
- 5A550710 - Методика преподавания профессиональных дисциплин направления.

Лекция № 1.

История развития и сущность сварки

План:

- 1.1. История развития сварки и сварочных технологий.
- 1.2. Сущность сварки.

1.1. История развития сварки и сварочных технологий

Простейшие приемы сварки были известны в 8 - 7-м тысячелетии до н.э. В основном сваривались изделия из меди, которые предварительно подогревались, а затем сдавливались. При изготовлении изделий из меди, бронзы свинца благородных металлов применялась так называемая литейная сварка. Соединяемые детали заформовывали, подогревали и место соединения заливали заранее приготовленным расплавленным металлом. Изделия из железа и его сплавов получали их нагревом до «сварочного жара» в кузнечных горнах с последующей проковкой. Это способ известен под названием горновая или кузнечная сварка. Способы сварки развивались очень медленно и часто трудно уловить на протяжении столетий сколько-нибудь заметные изменения методов и технических приемов сварки, применяемых приспособлений и оборудования.

Резкий перелом в этой области техники наступает лишь в конце XIX - начале XX века. В 1802 г. русский ученый академик В.В. Петров впервые открыл и исследовал явление дугового разряда. Среди других явлений в классическом труде «Известие о гальвани-вольтовых опытах», опубликованной им в 1803 г., описано плавление металла дуговым разрядом. Дуговой разряд, как источник тепла высокой температуры и света высокой яркости, не сразу получил практическое применение из-за отсутствия достаточных мощных и экономичных источников тока для питания дуги. Такие источники появились лишь в конце XIX века.

К моменту открытия дугового разряда электротехника только начинала создаваться, электротехнической промышленности не было.

Выдающийся английский физик М. Фарадей экспериментально изучая электромагнетизм, открыл явление электромагнитной индукции и отсюда вывел принципы устройства электродвигателя (1821 г.) и электрического генератора.

Английский физик Д. Максвелл провел математическую обработку исследований и вывел уравнения, характеризующие электромагнитные поля и происходящие в них процессы.

В 1870 г. французский ученый З.Т. Грамм создал кольцевой якорь для электромагнитной машины, которая может быть электрическим генератором, превращающим механическую энергию в электрическую.

В 1882 г. русский инженер Н.Н. Бенардос изобрел способ электродуговой сварки неплавящимся угольным электродом. Своему изобретению Н.Н. Бенардос дал название «Электрогезфест». В 1886 г. он получил русский патент на «Способ соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока». Н.Н. Бенардос разработал технологию дуговой сварки и типы сварных соединений, применяемых и в настоящее время (встык, внахлестку и др.); при сварке металла значительных толщин он применял скос кромок. Подготовка кромок при сварке тонких листов заключалась в отбортовки их краев. Для улучшения качества сварки им применялись флюсы: при сварке сталей – кварцевый песок, мрамор, при сварке меди – бура и нашатырь.

В 1888 -1890 гг. другой русский инженер Н.Г. Славянов предложил выполнять дуговую сварку плавящимся металлическим электродом. В начале XX века дуговая электросварка постепенно стала ведущим промышленным способом соединения металлов.

Созданию газовой сварки способствовали исследования процессов горения газовых смесей французским ученым Анри Луи Ле Шателье. В 1895 г. он доложил французской академии наук о получении им

высокотемпературного пламени при сжигании смеси ацетилена и кислорода. К началу XX века относятся первые попытки применения для сварки и резки горючих газов в смеси с кислородом. Первую ацетилено-кислородную горелку сконструировал Эдмонд Фуше, который получил на нее патент в Германии в 1903г. В 1904 во Франции была обнаружена возможность использования ацетилено-кислородной горелки для резки. Впервые газовая сварка демонстрировалась в 1906г. в Московском техническом училище. С 1911г. пионером развития автогенного дела в России являлся завод «Перун» в Петербурге, на котором изготавливалась некоторая аппаратура для газовой сварки и резки и обучались первые газосварщики.

Особенные заслуги в области электродуговой сварки, механизации и автоматизации ее процесса принадлежат русскому ученому академику Е.О. Патону. Во время Второй Мировой войны автоматическая сварка под слоем флюса была широко освоена на наших оборонных заводах и сыграла большую роль в увеличении производства танков и артиллерийского вооружения.

Быстрое развитие промышленности и всех отраслей техники вызвало появление новых средств нагрева, пригодных для сварки металлов, таких как, термитные смеси, электронный луч, лазер, высокотемпературная плазма, ультразвук и других новых эффективных способов сварки.

1.2. Сущность сварки

Сварка – технологический процесс соединения твердых материалов в результате действия межатомных сил, которое происходит при местном сдавливании или совместном пластическом деформировании свариваемых частей

Сваркой материалов называется процесс их соединения за счет сил взаимодействия атомов. Как известно, поверхностные атомы металлических деталей имеют свободные, ненасыщенные связи, которые захватывают различные атомы или молекулу, приблизившиеся на расстояние действия

межатомных сил. Если сблизить поверхности двух металлических деталей на расстояние действия межатомных сил, на каком они находятся внутри металла, то получим по поверхности соприкосновения сращивание их в одно целое, равное прочности цельного металла. Процесс соединения протекает самопроизвольно без затрат энергии и весьма быстро, практически мгновенно.

Обычные металлы при комнатной температуре не соединяются не только при простом контакте, но и при сжатии значительными усилиями. Соединению твердых металлов мешает, прежде всего, их твердость, при их сближении действительный контакт происходит лишь в немногих точках, как бы тщательно она не была обработана.

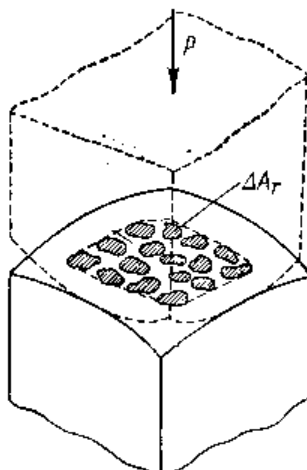


Рис. 1.1. Механический контакт металлических деталей:

ΔA_r - площадь элементарного (единичного) микроконтакта.

На процесс соединения сильно влияют загрязнения поверхности металлов - окислы, жировые пленки и пр., а также адсорбированные слои молекул газов, и сколько-нибудь длительно сохранить ее чистоту можно лишь в высоком вакууме (не менее $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт.ст.).

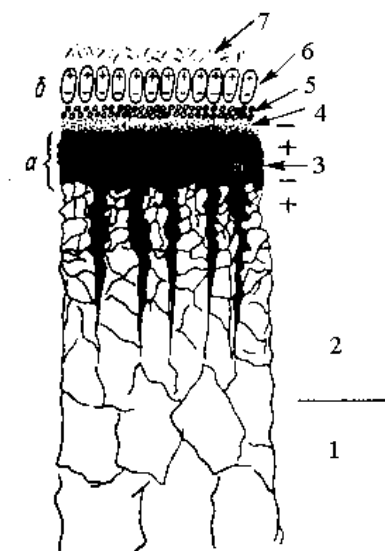


Рис. 1.2. Поверхность металла на воздухе:

1 — глубинный слой металла, не затронутый пластическими деформациями; 2 — поверхностный слой полностью разориентированных кристаллитов с прослойками окислов; 3 — оксидный слой; 4 — адсорбированный слой кислородных анионов и нейтральных молекул воздуха; 5 — слой водяных молекул; 6 — слой жировых молекул; 7 — ионизированные пылевые частицы.

Для преодоления приведенных затруднений при сварке применяют нагрев и давление.

При нагреве с повышением температуры металл становится пластичным. Дальнейшим повышением температуры металл можно довести до расплавления; в этом случае объемы жидкого металла самопроизвольно сливаются в общую сварочную ванну.

Давление, прилагаемое к соединяемым частям, создает значительную пластическую деформацию металла, и он начинает течь подобно жидкости. Металл перемещается вдоль поверхности раздела, унося с собой поверхностный слой с загрязнениями и пленками адсорбированных газов; в тесное соприкосновение вступают выходящие на поверхность свежие слои и образуют одно целое.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы сварки применялись до XIX века?

2. Кто является создателем способа дуговой сварки угольным электродом?
3. Кто является создателем способа дуговой сварки плавящимся электродом?
4. Дайте определение процессу сварки.
5. Что препятствует сваривать металлы?

Лекция № 2.

Сварка плавлением (сущность и классификация способов)

План:

- 2.1. Сущность сварки плавлением.
- 2.2. Классификация способов сварки плавлением.
- 2.3. Ручная дуговая сварка

2.1. Сущность сварки плавлением

При сварке плавлением расплавленный металл соединяемых частей самопроизвольно, без приложения внешних сил соединяется в одно целое.

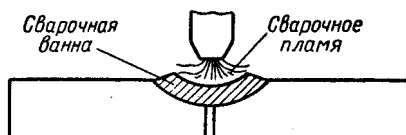


Рис. 2.1. Схема сварки плавлением

Во время сварки жидкий металл энергично взаимодействует с азотом и кислородом воздуха, что снижает прочность шва и приводит к образованию дефектов. Чтобы изолировать зону сварки от окружающего воздуха, а иногда для того, чтобы ввести в шов элементы, улучшающие его качество на поверхность металлического стержня наносят специальные вещества или запрессовывают их в порошкообразном состоянии внутрь полого стержня. Для защиты зоны сварки от окружающего воздуха широко используют инертные и активные газы и их смеси. Для этой же цели вокруг электрода плотным слоем наносят зернистый материал – флюс. Расплавляясь в процессе сварки, флюс или специальные вещества создают шлаковый покров, надежно изолирующий расплавленный металл от окружающего воздуха.

2.2. Классификация способов сварки плавлением

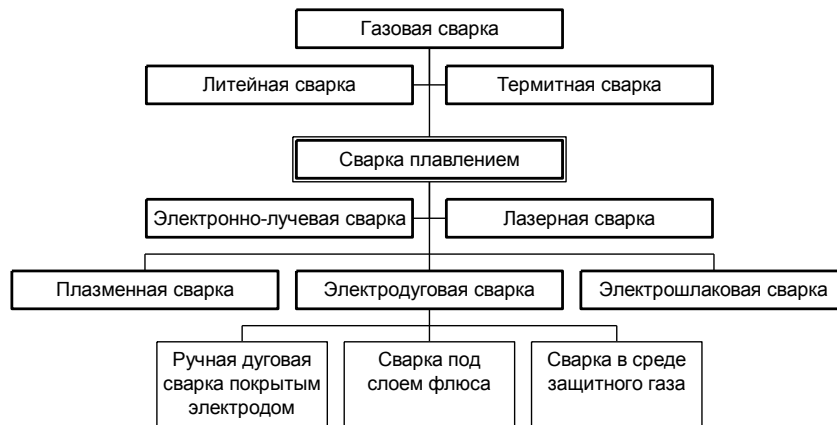


Рис. 2.2. Классификация способов сварки плавлением.

2.3. Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварка – дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение проводятся вручную.

При РДС зажигание дуги, поддержание ее длины во время сварки, перемещение вдоль свариваемых кромок и подача электрода в зону горения дуги по мере его расплавления осуществляется сварщиком вручную. Нормальная длина дуги не превышает 0,5 – 1,1 диаметра электрода. Диаметр электрода обычно составляет 3 – 6 мм. Основной объем сварочных работ выполняется при токе 90-350 А и напряжении 18-30 В.

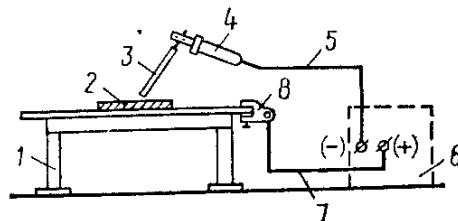


Рис. 2.3. Схема поста для ручной дуговой сварки:

1 – рабочий стол; 2 – свариваемое изделие; 3 – электрод; 4 – электрододержатель; 5 – сварочный провод; 6 – источник питания дуги; 7 – сварочный провод; 8 – трубина

Покрытый металлический электрод для ручной дуговой сварки представляет собой металлический стержень, на поверхность которого нанесено специальное покрытие (рис. 2.4).

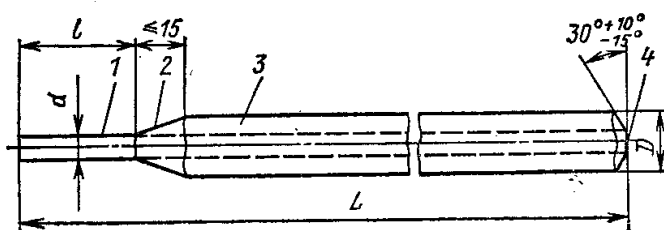


Рис. 2.4. Покрытый электрод:

1 – стержень; 2 – участок перехода; 3 – покрытие; 4 – контактный торец без покрытия

Основными требованиями для всех типов электродов являются:

- 1) обеспечение стабильного горения дуги и хорошего формирования шва;
- 2) получение металла сварного шва заданного химического состава;
- 3) спокойное и равномерное расплавление электродного стержня и покрытия;
- 4) минимальное разбрызгивание электродного металла и высокая производительность сварки;
- 5) легкая отделимость шлака и достаточная прочность покрытий;
- 6) сохранение физико-химических и технологических свойств электродов в течение определенного промежутка времени;
- 7) минимальная токсичность при изготовлении и при сварке.

Электродные покрытия (обмазки) состоят из шлакообразующих, газообразующих, раскисляющих, легирующих, стабилизирующих и связующих (клеящих) компонентов.

Шлакообразующие компоненты защищают расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха и частично рафинируют (очищают) его. Они образуют шлаковые оболочки вокруг капель электродного металла, проходящих через дуговой промежуток, и шлаковый покров на поверхности металла шва, шлакообразующие составляющие уменьшают скорость охлаждения металла и способствуют выделению из него неметаллических включений. Шлакообразующие компоненты могут включать титановый

концентрат, марганцевую руду, полевого шпат, каолин, мел, мрамор, кварцевый песок, доломит.

Газообразующие компоненты при сгорании создают газовую защиту зоны сварки, которая также предохраняет расплавленный металл от кислорода и азота воздуха. Газообразующие компоненты состоят из древесной муки, хлопчатобумажной пряжи, крахмала, пищевой муки, декстрина и целлюлозы.

Раскисляющие компоненты необходимы для раскисления расплавленного металла сварочной ванны. К ним относятся элементы, которые обладают большим сродством к кислороду, чем железо, например марганец, кремний, титан, алюминий и др. Большинство раскислителей вводится в электродное покрытие в виде ферросплавов.

Легирующие компоненты необходимы в составе покрытия для придания металлу шва специальных свойств: жаростойкости, износостойкости, сопротивляемости коррозии и повышения механических свойств. Легирующими элементами служат марганец, хром, титан, ванадий, молибден, никель, вольфрам и некоторые другие элементы.

Стабилизирующими компонентами являются те элементы, которые имеют небольшой потенциал ионизации, например калий, натрий и кальций.

Связующие компоненты применяют для связывания составляющих покрытия между собой и со стержнем электрода. В качестве них применяют калиевое или натриевое жидкое стекло, декстрин, желатин и другие. Основным связующим веществом служит жидкое стекло. Жидкое стекло является силикатом — солью кремниевой кислоты щелочных металлов (натрия или калия).

Покрывтия принято классифицировать по виду основных веществ, входящих в них и определяющих действие покрытия на металл сварочной ванны. По этому признаку все покрытия делят на 4 группы: кислые, основные, рутиловые и целлюлозное.

Кислое покрытие (АНО-1, СМ-5) содержит окислы железа и марганца (преимущественно в виде руд), кремнезем, титановый концентрат и большое количество ферромарганца. Газовую защиту расплавленного металла обеспечивают разложением органических составляющих покрытия (целлюлозы, древесной муки, декстрина, крахмала). Металл, наплавленный электродами с кислым покрытием, по своему составу чаще всего соответствует кипящей стали и содержит от 0,12% С, 0,10% Si, 0,6—0,9% Mn до 0,05% S и P каждого. Electroды этой группы пригодны для сварки во всех пространственных положениях переменным и постоянным током и характеризуются достаточно большой скоростью расплавления. Их не рекомендуется применять для сварки сталей, которые имеют повышенное содержание серы и углерода, так как металл шва, выполненный этими электродами, чувствителен к образованию кристаллизационных трещин. Electroдами с кислым покрытием можно сваривать металл с ржавыми кромками, окалиной (при значительном напряжении дуги), получая при этом плотные швы. Поры в швах при сварке электродами с рудно-кислым покрытием образуются:

- из-за высокого содержания марганца в покрытии;
- при применении ферромарганца с большим содержанием углерода и кремния;
- при сварке металла с высоким содержанием кремния.

Недостатками этих электродов являются пониженная стойкость против образования кристаллизационных трещин, повышенное разбрызгивание металла и выделение в процессе сварки марганцовистых соединений, вредно влияющих на организм человека.

Основное покрытие (УОНИИ-13/45, ДСК-50) состоит из карбонатов кальция (CaCO_3), магния (мрамор, мел, доломит, магнезит) и плавикового шпата (CaF_2), а также из ферросплавов (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан и др.). Расплавленный металл защищается углекислым газом и окисью углерода, которые образуются вследствие диссоциации карбонатов.

Электроды с основным покрытием применяют преимущественно при сварке постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях. Металл, наплавленный такими электродами, чаще всего соответствует спокойной стали и содержит незначительное количество кислорода, водорода и азота. Содержание серы и фосфора в нем обычно не превышает 0,035% каждого, а содержание марганца и кремния зависит от назначения электродов (от 0,5 до 1,5% Mn и от 0,3 до 0,6% Si). Металл шва, стойкий против образования кристаллизационных трещин, старения, имеет достаточно высокие показатели ударной вязкости как при положительных, так и при отрицательных температурах. Электроды с основным покрытием применяют для сварки металлов большой толщины, для изделий, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях или транспортирующих газы, а также для сварки литых углеродистых, низколегированных высокопрочных сталей и сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Электроды с основным покрытием весьма чувствительны к образованию пор во время сварки, если кромки свариваемых изделий покрыты окалиной, ржавчиной, маслом, а также если электродное покрытие увлажнено и большая длина дуги. Механические свойства металла шва регулируют введением в покрытие хрома, молибдена, ферромарганца и ферросилиция.

Рутиловое покрытие (АНО-3, АНО-4, МР-3, ОЗС-4) содержит концентрат природного минерала рутила, кремнезем, карбонаты кальция, магния и ферромарганец. Концентрат рутила состоит в основном из двуокиси титана TiO_2 . Кремнезем в состав покрытия вводится в виде гранита, полевого шпата и слюды. Содержание водорода в металле шва зависит от присутствия в покрытии органических веществ. Стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин такая же, как у электродов с кислым покрытием. Электроды этой группы при сварке мало склонны к образованию пор при изменении длины дуги или по окисленным поверхностям, а также по металлу, наплавленному ранее электродами со

стабилизирующим покрытием. В процессе сварки рутиловое покрытие обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва, а также минимальное разбрызгивание металла. Выделение вредных газов при сварке небольшое. Electroдами с рутиловым покрытием можно сваривать изделия во всех пространственных положениях как переменным, так и постоянным током. Металл, наплавленный электродами с рутиловым покрытием, содержит до 0,12% С; 0,4—0,7% Мn; 0,10—0,30% Si; 0,04% S и Р каждого.

Целлюлозное покрытие (BCЦ-1, BCЦ-2, ОМА-2) состоит главным образом из горючих органических материалов (целлюлозы, крахмала), которые в процессе разложения в дуге обеспечивают газовую защиту расплавленного металла. Шлакообразующими являются рутил, титановый концентрат, марганцевая руда и силикаты, а раскислителем — ферромарганец. Эти электроды обеспечивают небольшое разбрызгивание металла и малое количество шлака. Они пригодны для сварки во всех пространственных положениях как переменным, так и постоянным током.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность сварки плавлением?
2. Приведите классификацию способов сварки плавлением.
3. В чем состоит сущность ручной дуговой сварки?
4. Какие компоненты входят в состав покрытия электрода?

Лекция № 3.**Сварка плавлением (Дуговая сварка под флюсом и в защитных газах. Электрошлаковая сварка)****План:**

- 3.1. Дуговая сварка под флюсом
- 3.2. Дуговая сварка в защитном газе
- 3.3. Электрошлаковая сварка

3.1. Дуговая сварка под флюсом

Дуговая сварка под флюсом – дуговая сварка плавлением, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса.

Способ сварки под флюсом разработан в 1939 в Институте электросварки АН Украины при участии Е.О. Патона на основе идей, выдвинутых Н.Г. Славяновым, и получил тогда название «скоростная автоматическая сварка голым электродом под слоем флюса».

При сварке под слоем флюса сварочная дуга горит между изделием и концом сварочной проволоки. Под воздействием дуги проволока плавится и по мере расплавления подается в зону сварки. Дуга закрыта слоем флюса. Сварочная проволока (а вместе с ней и дуга) перемещается в направлении сварки с помощью специального механизма (автоматическая сварка) или вручную (полуавтоматическая сварка). Под влиянием теплоты дуги плавится также основной металл и флюс. Расплавленные проволока, флюс и основной металл образуют сварочную ванну. Флюс в виде жидкой пленки покрывает зону сварки, изолируя ее от воздуха. Расплавленный дугой металл сварочной проволоки каплями переносится в сварочную ванну, где смешивается с расплавленным основным металлом. По мере удаления дуги металл сварочной ванны начинает охлаждаться, так как поступление теплоты к нему уменьшается, а затем затвердевает, образуя шов. Расплавленный флюс (шлак) затвердевает, образуя на поверхности шва шлаковую корку.

Избыточная нерасплавленная часть флюса отсасывается и используется повторно.

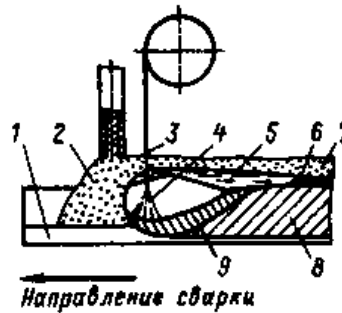


Рис. 3.1. Схема сварки под флюсом:

1 – свариваемые детали; 2 – слой флюса; 3 – сварочная проволока; 4 – сварочная дуга; 5 – расплавленный флюс; 6 – шлаковая корка; 7 – остаток флюса; 8 – сварочный шов; 9 – сварочная ванна.

3.2. Дуговая сварка в защитном газе

Дуговая сварка в защитном газе – дуговая сварка, при которой дуга и расплавленный металл, а в некоторых случаях, и остывающий шов, находятся в защитном газе, подаваемом в зону сварки с помощью специальных устройств.

Идея сварки в защитном газе предложена в конце XIX века Н.Н. Бенардосом. В 20-х годах XX века в США инженер Александер и физик Лэнгмюр осуществили сварку стержневым электродом в смесях газов. В 1925 г. Лэнгмюр разработал сварку дугой косвенного действия с неплавящимся вольфрамовым электродом и применением в качестве защитной среды водорода – метод атомно-водородной сварки. В конце 40-х годов XX века в НИАТ была разработана сварка в инертном газе вольфрамовым электродом. В 1949 г. в Институте электросварки была разработана сварка в углекислом газе угольным электродом.

Сварка в среде защитного газа может осуществляться плавящимся и неплавящимся электродом

Сварка в защитных газах неплавящимся электродом – это процесс, в котором в качестве источника тепла применяют дуговой разряд,

возбуждаемый между вольфрамовым или угольным (графитовым) электродом и изделием.

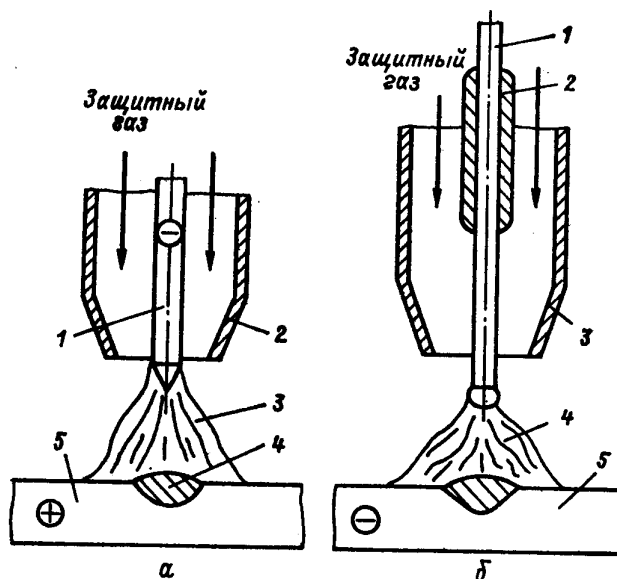


Рис. 3.2. Схема процесса сварки в среде защитных газов:

а — неплавящимся электродом; б — плавящимся электродом; 1 — электрод; 2 — сопло; 3 — дуга; 4 — металл шва; 5 — изделие.

Сварка в защитных газах плавящимся электродом — дуговая сварка, выполняемая электродом, который, расплавляясь при сварке, служит присадочным металлом.

При сварке плавящимся электродом в защитных газах дуговой разряд существует между концом непрерывно расплавляемой проволоки и изделием. Проволока подается в зону сварки с помощью механизма со скоростью равной средней скорости ее плавления; этим поддерживается постоянство длины дугового промежутка. Расплавленный металл электродной проволоки переходит в сварочную ванну и таким образом участвует в формировании шва.

3.3. Электрошлаковая сварка

Электрошлаковая сварка — сварка плавлением, при которой для нагрева используется тепло, выделяющееся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак.

Способ электрошлаковой сварки был разработан в 50-е годы 20 в. в Институте электросварки АН Украины. Впервые электрошлаковую сварку электродными проволоками осуществил в 1949г. Г.З. Волошкевич. Электрошлаковую сварку пластинчатыми электродами в промышленных условиях впервые удалось осуществить Ю.А. Стеренбогену на Новокраматорском машиностроительном заводе в 1955г.

При ЭШС электрический ток, проходя через шлаковую ванну, расплавляет основной и присадочный металл и поддерживает высокую температуру расплава. Электрошлаковый процесс устойчив при глубине шлаковой ванны 35 – 60 мм, которую легче создать при вертикальном положении оси шва и принудительном формировании его поверхности. Для принудительного охлаждения и формирования поверхности шва используются, как правило, медные водоохлаждаемые устройства. При ЭШС почти вся электрическая мощность передается шлаковой ванне, а от нее – электроду и свариваемым кромкам. Устойчивый процесс возможен только при постоянной температуре шлаковой ванны 1900-2000°C. Диапазон толщин свариваемых металлов 20 – 3000 мм.

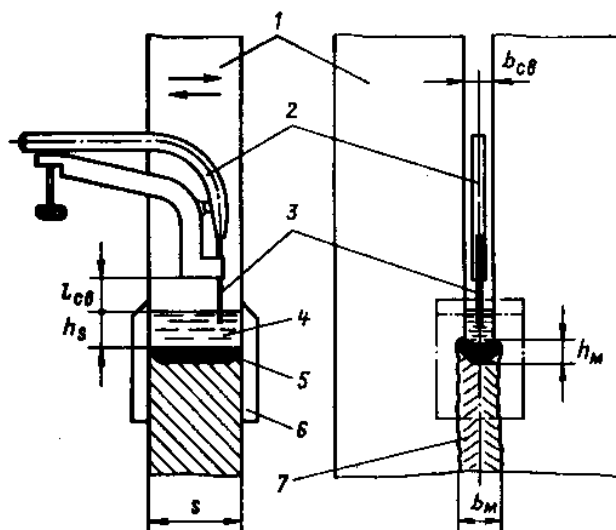


Рис. 3.3. Схема электрошлаковой сварки:

1 - свариваемые детали толщиной s ; 2 – мундштук для подачи электрода; 3 - электрод; 4 – шлаковая ванна глубиной h_s ; 5 – металлическая

ванна глубиной h_m ; b – формирующий ползун. Детали выбраны с зазором b_c ; l_c – вылет электрода.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность сварки под слоем флюса?
2. Как классифицируются способы дуговой сварки в среде защитного газа?
3. В чем состоит сущность электрошлаковой сварки?

Лекция № 4.**Сварка плавлением (Плазменная сварка. Газовая сварка)****План:**

4.1. Плазменная сварка

4.2. Газовая сварка

4.1. Плазменная сварка

Плазменная сварка – сварка плавлением, при которой нагрев металла производится сжатой дугой. При плазменной сварке в качестве источника теплоты используется электрическая дуга, столб которой принудительно обжат с целью повышения концентрации его тепловой энергии на обрабатываемом изделии. Основным инструментом при плазменной сварке является плазматрон – генератор плазмы, т.е. ионизированного газа, обладающего высокой температурой.

В 1921 г. Химес запатентовал дуговую горелку, предназначенную для синтеза химических веществ и являющуюся прообразом современных плазмотронов. В этот же период Гердиен и Лотц в столбе дуги, стабилизированной водяным вихрем, получили температуру около 50000°C. Применение плазмотронов в сварочной техники началось с середины 50-х годов 20 в., после того как для сварки тонколистовых металлов получили широкое распространение аргоно-дуговые горелки с неплавящимся вольфрамовым электродом.

В разрядной камере плазмотрона, внутри которой горит мощная дуга, в результате теплообмена с дугой газ нагревается, ионизируется и истекает через сопло в виде плазменной струи. В сварочных плазмотронах истекающая из сопла плазменная струя совмещена со столбом дуги; опорным пятном (вторым электродом) дуги служит обрабатываемый металл. Таким образом при плазменной сварке теплопередача в обрабатываемый металл осуществляется как путем его конвективного нагрева плазменной струей, так

и за счет тепловыделения в опорном пятне, что и обуславливает высокий энергетический КПД этих процессов.

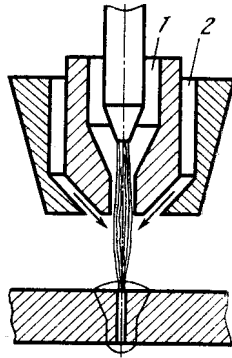


Рис. 4.1. Схема плазменной сварки:

1 — канал плазмообразующего газа; 2 — канал защитного или фокусирующего газа.

4.2. Газовая сварка

Газовая сварка — сварка плавлением, при которой нагрев свариваемого и присадочного металла осуществляется высокотемпературным газокислородным пламенем посредством специальных сварочных горелок.

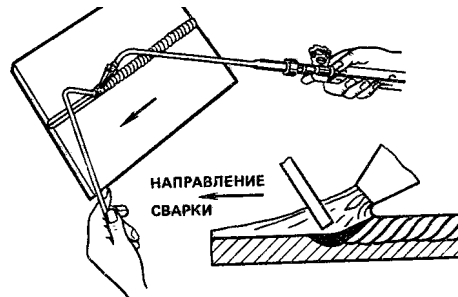


Рис. 4.2. Схема газовой сварки.

Источником тепла является сварочное пламя, получаемое при сжигании ацетилена в смеси с кислородом, имеющее температуру 3000—3150° С. Для сварки стали небольшой толщины, легкоплавких металлов и сплавов (алюминия, магния, свинца и др.), а также для пайки и подогрева при резке применяют и другие горючие-заменители ацетилена: пропан, природный, нефтяной, пиролизный газы, водород, керосин, коксовый газ и

др. При сгорании этих горючих в кислороде температура пламени достигает 2000—2450° С

Газовая сварка сравнительно проста, не требует сложного, дорогого оборудования и источника электроэнергии. Недостатком газовой сварки является меньшая по сравнению с дуговой скорость нагрева металла и большая зона теплового воздействия, на металл. При газовой сварке концентрация тепла меньше, а коробление свариваемых деталей больше.

Вследствие сравнительно медленного нагрева металла пламенем и невысокой концентрации тепла производительность газовой сварки снижается с увеличением толщины свариваемого металла. Например, при толщине стали 1 мм скорость газовой сварки составляет около 10м/ч, при толщине 10 мм—только 2 м/ч. Поэтому газовая сварка стали толщиной свыше 6 мм менее производительна, чем дуговая сварка.

Стоимость ацетилена и кислорода выше стоимости электроэнергии, поэтому газовая сварка обходится дороже электрической. К недостаткам газовой сварки относится также взрывоопасность и пожароопасность при нарушении правил обращения с карбидом кальция, горючими газами и жидкостями, кислородом, баллонами со сжатыми газами и ацетиленовыми генераторами.

Газовую сварку применяют при следующих работах:

- изготовлении и ремонте изделий из стали толщиной 1—3 мм;
- сварке сосудов и резервуаров небольшой емкости, заварке трещин, сварке заплат и пр.;
- ремонте литых изделий из чугуна, бронзы, силумина;
- сварке стыков труб малых и средних диаметров;
- изготовлении изделий из алюминия, и его сплавов, меди, латуни и свинца;
- изготовлении узлов конструкций из тонкостенных труб;
- наплавке латуни на детали из стали и чугуна;

- соединении ковкого и высокопрочного чугуна с применением присадочных прутков из латуни и бронзы, низкотемпературной сварке чугуна.

Газовой сваркой можно соединять почти все металлы, применяемые в технике. Чугун, медь, латунь, свинец легче поддаются газовой сварке, чем дуговой.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность плазменной сварки?
2. Что такое плазма?
3. Какова температура газового пламени?
4. В каких случаях применяют газовую сварку?

Лекция № 5.

Сварка плавлением (Лазерная сварка. Электроннолучевая сварка)

План:

5.1. Лазерная сварка

5.2. Электроннолучевая сварка

5.1. Лазерная сварка

Лазерная сварка – сварка плавлением, при которой для нагрева используется энергия излучения лазера

В начале 60-х годов на основе работ физиков Н.Г. Басова и А.М. Прохорова и американского физика Ч. Таунса были созданы оптические квантовые генераторы или лазеры. Первые сообщения о лазерной сварке металлов относятся к 1962 г. В 1964 – 1966 гг. вскоре после создания рубинового твердотельного лазера были разработаны лазерные установки.

При лазерной сварке в качестве источника теплоты используют мощный концентрированный световой луч, получаемый в специальной установке, называемой технологическим лазером.

Твердотельный технологический лазер - рубиновый кристалл имеет форму цилиндрического стержня; полированные и посеребренные поверхности которого являются оптическими отражателями. Выходной конец стержня частично прозрачен для световых лучей. Розовый рубин состоит из Al_2O_3 с атомами хрома, каждый из которых имеет три энергетических уровня. При вспышке ксеноновой лампы облучающей трубки, атомы хрома возбуждаются и переходят в состояние, характеризующееся повышенным энергетическим уровнем. Примерно через 0,05 мкс часть возбужденных атомов возвращается в первоначальное энергетическое состояние, беспорядочно излучая фотоны красного света. Некоторая часть этих фотонов, излучаемых вдоль оси кристалла, вызывает излучение новых фотонов. Фотоны, испускаемые в других направлениях,

покидают кристалл через боковые плоскости. Поток красных фотонов вдоль оси кристаллов нарастает, отражаясь попеременно от зеркальных торцов граней, пока его интенсивность не станет достаточной, чтобы он смог пройти через полупрозрачную торцовую грань кристалла наружу. В результате через выходной конец кристалла излучается поток красного света в виде когерентного монохроматического излучения.

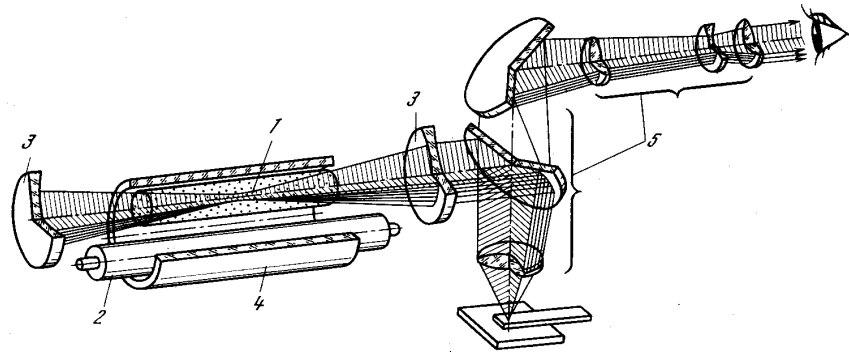


Рис. 5.1. Схема лазерной сварки: 1 – стержень активной среды; 2 – лампа накачки; 3 – зеркала резонатора; 4 – зеркальный цилиндр осветителя; 5 – система фокусировки излучения на свариваемые детали и наблюдения за процессом сварки.

При лазерной сварке в качестве источника теплоты используют мощный концентрированный световой луч, получаемый в специальной установке, называемой технологическим лазером.

Технологические лазеры классифицируют по следующим признакам:

1) по длине волны эмитированного излучения:

а) от 740 нм (красный свет) до 400 нм (фиолетовый свет) – область видимой части электромагнитного спектра;

б) менее 740 нм – область инфракрасного излучения или радиочастот;

2) по непрерывности действия:

а) импульсно – периодического;

б) непрерывного;

3) по агрегатному состоянию:

а) твердотельные:

- с активным элементом в виде стержня из искусственного рубина, генерирующие импульсно – периодическое излучение на длине волны $\lambda=0,69$ мкм, с частотой импульсов $F_{\text{и}}= 10\text{Гц}$ и электрооптическим КПД около 3%;

- с активным элементом в виде стержня из стекла с примесью неодима, генерирующие импульсно – периодическое излучение на длине волны $\lambda=1,06$ мкм, с частотой импульсов $F_{\text{и}}= 0,05 - 50 \text{ кГц}$;

- с активным элементом в виде стержня из иттрий - алюминиевого граната с добавкой неодима, генерирующие импульсно – периодическое и непрерывное излучение на длине волны $\lambda=1,06$ мкм;

б) газовые

- с рабочим телом из углекислого газа, с добавками азота и гелия при давлении 2,66 – 13,3 кПа, генерирующие импульсно – периодическое и непрерывное излучение на длине волны $\lambda=10,6$ мкм с электрооптическим КПД 5 - 15%. Возбуждение рабочего тела осуществляется электрическим разрядом. Азот и гелий обеспечивают передачу энергии возбуждения молекуле углекислого газа и благоприятные условия горения разряда.

5.2. Электроннолучевая сварка

Электронно-лучевая сварка – сварка плавлением, при которой нагрев металла производится потоком - лучом быстро движущихся электронов, ускоряемых электрическим полем. Попадая на поверхность изделия, электроны отдают свою кинетическую энергию, превращающуюся в тепловую и нагревают металл до температуры 5000-6000⁰С. Толщина заготовок, свариваемых электронным лучом, может достигать от 0,01 до 100 мм и более.

В 1879 г. Крукс показал возможность нагрева и плавления платины катодными лучами. В 1897 г. Томпсон установил, что катодные лучи являются электрически заряженных частиц. Милликен в 1905 – 1917 гг. окончательно доказал особую природу электронов и установил их заряд. Разработка техники и технологии электронно-лучевой сварки связывается с

именем Д.А. Стора, который работал во французской комиссии по атомной энергии и опубликовал результаты работы в 1957 г.

Процесс электроннолучевой сварки обычно ведется в герметически закрытой камере, в которой поддерживается вакуум 10^{-1} - 10^{-3} Па. Вакуум необходим для свободного движения электронов, уменьшения числа их столкновения с газовыми молекулами в процессе ионизации. Вакуум также необходим для обеспечения чистоты наплавляемого металла, предупреждения его окисления и азотирования, уменьшения количества растворенных в нем газов. Вакуум поддерживается непрерывно работающими вакуумными насосами. Источником электронов служит накаливаемый катод, питаемый от низковольтного трансформатора. Электроны ускоряются от низковольтного трансформатора высоким напряжением 10-100 кВ; обычно применяют напряжения не более 30 кВ, т.к. при более высоком напряжении возникает значительное рентгеновское излучение и требуется дополнительная защита обслуживающего персонала.

При интенсивной бомбардировке металла или какого-либо др. материала ускоренными электронами в высоком вакууме около 99% их кинетической энергии переходит в тепловую, расходуемую на нагрев.

Сварку тонколистового металла ($s \leq 1 - 3$ мм) обычно выполняют расфокусированным пучком электронов при небольших значениях удельной мощности в пятне нагрева (рис. 5.2, а). При сварке толстолистового металла используют острофокусированные пучки электронов (рис. 5.2, б)

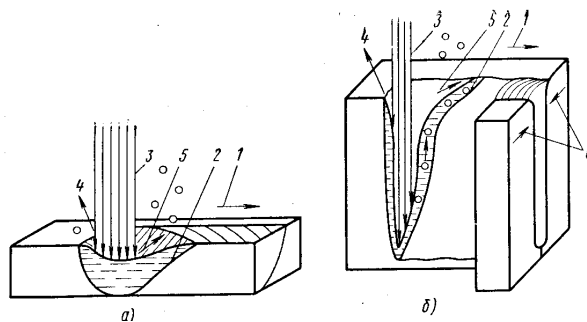


Рис. 7.6.1. Схема электроннолучевой сварки металлов малой (а) и большой (б) толщины:

1 – направление перемещения изделия; 2 – фронт кристаллизации; 3 – пучок электронов; 4 – направление испарения металла; 5 – направление выноса металла в верхней части сварочной ванны; 6 – поперечная усадка металла сварного шва

Преимущество электронно-лучевой сварки:

1) Для сварки электронным лучом характерна высокая концентрация энергии, поэтому количество теплоты, расходуемое на расплавление металла, в десятки раз меньше, чем при других способах.

2) Зона расплавления при электронно-лучевой сварке имеет форму вытянутого клина, а отношение глубины проплавления к ширине может достигать 26:1. Этот эффект называется кинжальным проплавлением.

3) Отсутствие загрязнений, попадающих в шов из окружающей среды.

4) Возможность сварки разнородных металлов со значительной разницей толщин.

Комплекс устройств, служащих для формирования и фокусировки электронного луча, называют сварочной электронной пушкой.

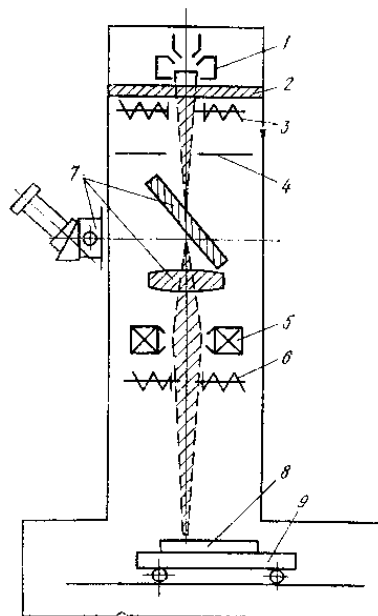


Рис. 2.8. Схема электронно-лучевой установки:

1 – вольфрамовый катод; 2 – дисковый анод; 3 – катушки, фокусирующие электронный луч вдоль оси; 4 – диафрагма, отсекающая энергетически малоэффективные краевые зоны луча; 5 – магнитная линза,

фокусирующая луч в круглое пятно на поверхности детали; 6 – отклоняющие катушки, перемещающие луч по поверхности детали; 7 – система наблюдения за процессом сварки; 8 – свариваемые детали; 9 – стол для фиксации и перемещения деталей.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность лазерной сварки?
2. В чем состоит необходимость проведения электронно-лучевой сварки в вакуумной камере?
3. Почему напряжение, ускоряющее электроны, ограничивается 30 кВ?
4. В чем состоит сущность электроннолучевой сварки?

Лекция № 6.**Сварка давлением (сущность и классификация способов)****План:**

- 6.1. Сущность сварки давлением
- 6.2. Классификация способов сварки давлением
- 6.3. Классификация способов контактной сварки

6.1. Сущность сварки давлением

При сварке давлением соединение заготовок достигается путем совместной пластической деформации соединяемых поверхностей, осуществляемой за счет приложения внешнего усилия; при этом материал в зоне соединения, как правило, нагревают с целью повышения его пластичности. В процессе деформации происходит смятие неровностей, разрушение окисных пленок, в результате чего увеличивается площадь соприкосновения чистых поверхностей. Возникновение межатомных связей приводит к прочному соединению деталей.

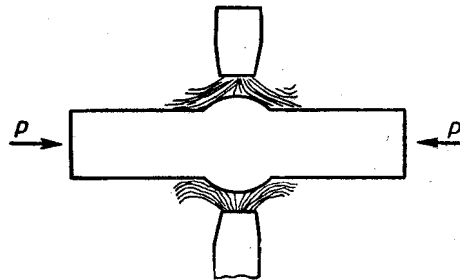


Рис. 6.1. Схема сварки давлением.

3.2. Классификация способов сварки давлением.

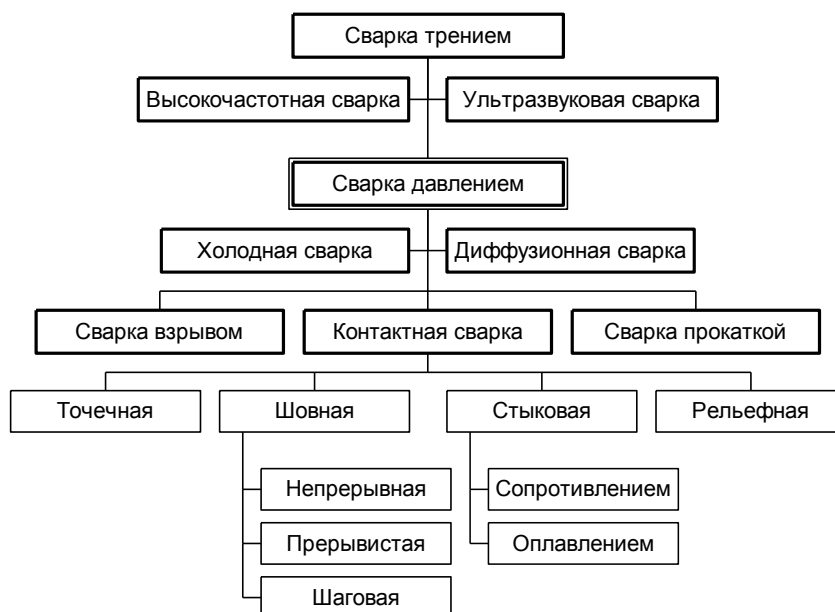


Рис. 6.2. Классификация способов сварки давлением.

Контактная сварка - это технологический процесс получения неразъемных металлических соединений деталей в результате их кратковременного нагрева электрическим током, протекающим через эти детали, и пластического деформирования усилием сжатия.

Открыл и впервые применил стыковую контактную сварку сопротивлением в 1856 г. английский физик Уильям Томсон (Кельвин), член Лондонского королевского общества. В 1877 г. Э. Томсон (США) независимо от У. Томсона изобрел стыковую контактную сварку сопротивлением. В 1877 г. Н.Н. Бенардос предложил один из наиболее распространенных способов контактной сварки – точечную сварку.

Контактная сварка производится с местным нагревом соединяемых деталей до температуры, лежащей ниже или выше точки плавления свариваемого материала.

При контактной сварке соединение осуществляется за счет действия сил межатомного сцепления. Для проявления этих сил между двумя металлическими деталями или для сварки необходимо сблизить их на расстояние, сравнимое с параметром кристаллической решеткой. Например, холодная сварка - высокопластичных металлов: алюминия, меди и её

сплавов. Менее пластичные материалы, например, сталь, в холодную практически не сваривается, так как значительные упругие напряжения, возникающие при сжатии деталей, разрушают при снятии внешнего усилия образовавшиеся в отдельных точках элементарные соединения.

Контактная сварка отличается от холодной сварки главным образом тем, что при нагреве увеличивается подвижность атомов, уменьшается необходимая для сварки степень пластической деформации. Деформация горячего металла осуществляется при меньших удельных давлениях и устраняются затрудняющие сварку упругие силы.

Контактная сварка даже с расплавлением без приложения давления не возможна. Роль давления состоит в:

- 1) сближении свариваемых деталей до плотного соприкосновения, позволяющего регулировать состояние, образующегося между ними контакта, влияющего на интенсивность тепловыделения в зоне сварки;
- 2) уплотнении металла, кристаллизующегося в замкнутом объёме без образования литейных пороков (рыхлости, усадочных раковин и т.д.);
- 3) удалении из зоны сварки загрязнённого и окисленного металла.

Известные способы контактной сварки классифицируют по ряду признаков (ГОСТ 19521-74):

1) по технологическому:

- точечная;
- рельефная;
- шовная;
- стыковая;

2) по конструкции соединения:

- нахлесточное;
- стыковое;

3) по предельному состоянию металла в зоне сварки:

- с расплавлением;
- без расплавления;

3) по способу подвода тока:

- контактный;
- индукционный;

4) по роду сварочного тока:

- переменным;
- постоянным;
- униполярным – ток одной полярности с переменной силой в течение импульса;

5) по числу одновременно выполняемых соединений:

- однотоочечная и многотоочечная;
- одним швом или многошовная;
- одновременная сварка одного или нескольких стыков;

6) по характеру перемещения роликов при шовной сварки:

- непрерывная (с постоянным вращением роликов);
- шаговая (с остановкой роликов на время сварки).

Преимущества контактной сварки:

- 1) высокая производительность процесса;
- 2) возможность легкой механизации и автоматизации процесса сварки;
- 3) благоприятный термомодеформационный цикл, обеспечивающий высокое качество соединений большинства конструкционных материалов;
- 4) хорошие гигиенические условия технологического процесса.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность сварки давлением?
2. Как можно классифицировать способы сварки давлением?
3. Как можно классифицировать способы контактной сварки?

Лекция № 7.

Сварка давлением (Точечная и шовная контактная сварка)**План:**

7.1. Точечная контактная сварка

7.2. Шовная контактная сварка

7.1. Точечная контактная сварка

Точечная сварка – способ контактной сварки, при котором детали свариваются по отдельным ограниченным участкам касания (по ряду точек).

При точечной сварке детали собирают внахлестку, сжимают усилием F электродами, к которым подключен источник электрической энергии (например, сварочный трансформатор). Детали нагреваются при кратковременном прохождении сварочного тока $I_{св}$ до образования зоны взаимного расплавления деталей, называемой ядром. Нагрев зоны сварки сопровождается пластической деформацией металла в зоне контакта деталей (вокруг ядра), где образуется уплотняющий поясок, надежно предохраняющий жидкий металл от выплеска и от окружающего воздуха. Поэтому специальной защиты зоны сварки не требуется. После выключения тока расплавленный металл ядра быстро кристаллизуется, и образуются металлические связи между соединяемыми деталями. Таким образом, соединение при точечной сварке происходит с расплавлением металла.

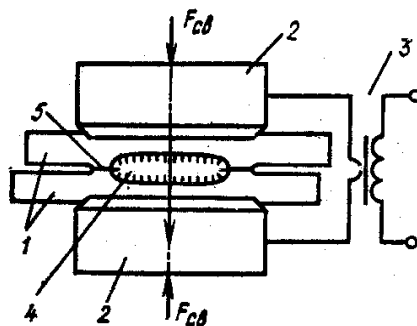


Рис. 7.1. Схема точечной контактной сварки:

1 – свариваемые детали; 2 – электроды; 3 - трансформатор; 4 – ядро; 5 – уплотняющий поясок

Нагрев при точечной сварке проводят импульсами переменного тока промышленной частоты 50 Гц, а также импульсами постоянного или униполярного тока.

При точечной сварки образование сварного соединения происходит в четыре этапа.

На первом подготовительном этапе (сжатие) свариваемые поверхности входят в соприкосновение при определенном усилии. Происходит деформация микронеровностей в местах контакта и частичное разрушение оксидных пленок. Уменьшаются и стабилизируются контактные сопротивления. Соединение готовится к включению сварочного тока.

Второй этап начинается с момента включения сварочного тока и заканчивается началом расплавления литого ядра. Во время этого этапа металл нагревается и расширяется в месте соединения. С нагревом металла развиваются пластические деформации, под влиянием которых металл вытесняется в зазор и образуется поясok, уплотняющий ядро.

Третий этап начинается с возникновения расплавленной зоны и ее увеличения до номинального диаметра литого ядра. На этом этапе происходит дробление и разрушение оксидных пленок, которые замешиваются в расплавленном металле ядра. Действие электродинамических сил способствует этому процессу и приводит к интенсивному перемешиванию жидкого металла и выравниванию состава ядра при сварке разнородных металлов. При таком перемешивании нерастворимые частицы оксидных пленок и загрязнений концентрируются на периферии расплавленного металла.

Четвертый этап начинается с момента выключения тока. Во время этого этапа происходят охлаждение и кристаллизация металла и проковка зоны сварки.

Точечная сварка широко применяется в штампо-сварных конструкциях, в которых две или более деталей, штампованные из листа,

свариваются в жесткий узел (например, пол и кузов легкового автомобиля, кабины грузового автомобиля и т.д.).

Точками обычно свариваются каркасные конструкции (например, боковины и крыша пассажирского вагона, бункер комбайна, узлы самолета и др.).

Точечная сварка дает лучшие результаты при изготовлении узлов из относительно тонкого металла. Важная область применения точечной сварки - соединение очень тонких деталей в электровакуумной технике, приборостроении и др.

7.2. Шовная контактная сварка

Шовная сварка – способ получения герметичного соединения (шва) путем образования ряда перекрывающихся точек. Подвод тока и перемещение деталей осуществляют с помощью вращающихся дисковых электродов – роликов. Как и при точечной сварке, детали собирают внахлестку и нагревают кратковременными импульсами сварочного тока. Перекрытие точек достигается соответствующим выбором паузы между импульсами тока и скорости вращения роликов.

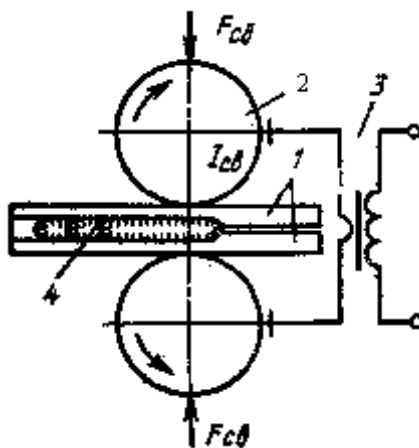


Рис. 7.2. Схема шовной контактной сварки:

1 – свариваемые детали; 2 – ролики; 3 – трансформатор; 4 – ядро.

Шовная сварка бывает: непрерывной, прерывистой и шаговой.

- При непрерывной роликовой сварке свариваемые детали непрерывно перемещаются с постоянной скоростью при непрерывно включенном сварочном токе.

- При прерывистой роликовой сварке кратковременные импульсы тока ($t_{и}$) чередуются с паузами ($t_{п}$) при непрерывном движении деталей.

- При шаговой роликовой сварке в момент включения сварочного тока ролики временно останавливаются - детали не перемещаются, что дает возможность уменьшить износ роликов, остаточные напряжения и склонность к образованию трещин и раковин.

Наиболее часто при шовной сварке детали собирают и сваривают внахлестку. Однако используют в некоторых случаях и шовную сварку в стык, которая обеспечивает большую циклическую прочность соединений. При этом часто используют накладки из фольги для получения полного проплавления свариваемых деталей.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность точечной контактной сварки?
2. Каковы области применения точечной контактной сварки?
3. В чем состоит сущность шовной контактной сварки?
4. По каким параметрам можно классифицировать процессы шовной сварки?

Лекция № 8.**Сварка давлением (Рельефная и стыковая контактная сварка)****План:**

8.1. Рельефная контактная сварка

8.2. Стыковая контактная сварка

8.1. Рельефная контактная сварка

Рельефную сварку можно определить как разновидность контактной сварки, при которой необходимая плотность тока в месте будущего сварного соединения создается не рабочей поверхностью электрода, а соответствующей формой свариваемых изделий. Эта форма изделия создается искусственно, путем получения местных выступов (рельефов) различной формы или является естественной в связи с конструктивными особенностями соединения.

При рельефной сварке соединяемые детали свариваются одновременно в одной или нескольких точках или по всей площади соприкосновения, определяемых специальными выступами (рельефами), предварительно изготовленными в одной из детали, или конфигураций свариваемых деталей в месте сварки.

После включения сварочного тока в месте сварки создается высокая концентрация тока, и металл быстро нагревается. Это способствует интенсивному развитию пластических деформаций.

При рельефной сварке сварное соединение формируется с образованием литого ядра или в твердой фазе.

При этом способе сварки, как правило, увеличивается производительность процесса, если за один ход машины образуется несколько сварных соединений или одно соединение большой площади.

В некоторых случаях применение этого способа позволяет улучшить внешний вид сварного соединения, расширить область применения сварки,

заменить менее экономичные способы сварки плавлением и увеличить стойкость электродов.

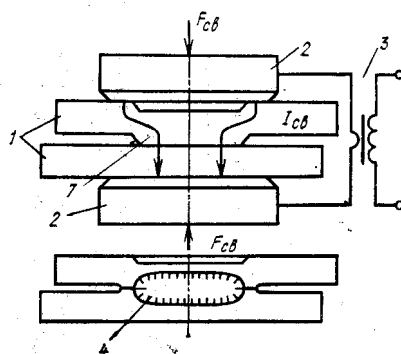


Рис. 8.1. Схема рельефной сварки:

1 — свариваемые детали; 2 — токоведущие электроды; 3 — трансформатор; 4 — ядро; 5 — рельеф.

Наиболее эффективна рельефная сварка при постановке сразу группы точек (до 10 - 15). Сжатые по всем рельефам с помощью массивных электродов детали нагреваются. Выступы под действием усилия сжатия одновременно оседают. Во внутреннем контакте образуется литое ядро нормальных размеров. Таким образом, за один цикл получается многоточечный сварной шов без дополнительной разметки и с заданным расположением точек.

Преимущества рельефной сварки:

- одновременная сварка нескольких точек за один ход машины, что увеличивает производительность труда. Число точек, свариваемых одновременно, определяется возможностью оборудования создать необходимый сварочный ток и усилие на электродах (на тонколистовых сталях одновременно сваривает до 20 рельефов);

- более компактное расположение сварных соединений, чем при точечной сварке на многоэлектродных машинах, при сварке деталей небольших размеров из листовых металлов;

- размещение рельефов с меньшим шагом и ближе к кромке свариваемых деталей, чем при точечной сварке. Это позволяет использовать

рельефную сварку для приварки различных крепежных деталей к деталям из листовой стали при их малой опорной поверхности;

- расположение точек на заранее определенных рельефах мест.

Меньшие следы от сварки, улучшают внешний вид соединения;

- возможность сварки листовых металлов с отношением толщин 1:6 и более;

- лучшая свариваемость листовых сталей с окисленной поверхностью, т.к. штамповка рельефа и большое давление частично разрушают пленку окислов, снижают и стабилизируют контактное сопротивление;

- оборудование для рельефной сварки менее сложное по сравнению с многоэлектродными машинами для точечной сварки.

Наиболее широкое применение рельефная сварка находит для соединения различных мелких деталей крепежа, втулок, скоб, осей и др. с более крупными изделиями из листовой стали. Рельефы обычно получают на мелких деталях холодной высадкой одновременно в процессе их изготовления. В зависимости от назначения и требуемой прочности эти детали имеют разную форму и число рельефов. С увеличением общей их площади увеличивается соответственно и прочность сварного соединения. В изделиях с кольцевыми рельефами возможно получение герметичных соединений.

8.2. Стыковая контактная сварка

Стыковой сваркой называется вид контактной сварки, при которой сваривание происходит по всей совмещаемой поверхности деталей, по всему стыку.

Для осуществления сварки детали с помощью зажимного устройства прижимаются к нижним токоведущим электродам, являющимся разноименными полюсами вторичной обмотки трансформатора контактной машины. Замыкая с помощью переключателя тока цепь первичной обмотки

трансформатора, пропускают через приведенные в сопротивление детали ток большой силы. Сопутствующее этому весьма интенсивное выделение тепла за счет контактного сопротивления двух деталей обеспечивает быстрый разогрев свариваемых поверхностей до температур, близких к температуре плавления металла. По достижении требуемого нагрева детали с помощью осадочного устройства сдавливаются.

Совместное действие высокой температуры и давления обеспечивает сварку деталей благодаря образованию общей кристаллической решетки из материала свариваемых частей.

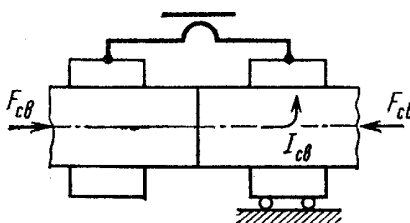


Рис. 8.2. Схема стыковой сварки.

По способу выполнения стыковая сварка подразделяется на две основные разновидности:

- 1) стыковая сварка сопротивлением;

При стыковой сварки сопротивлением детали предварительно сжимают усилием F и включают в сеть сварочный трансформатор. По деталям протекает сварочный ток $I_{св}$, и происходит постепенный нагрев стыка деталей до температуры близкой к температуре плавления. Затем сварочный ток выключают и резко увеличивают усилие осадки деталей, которые деформируются в стыке. При этом из зоны сварки частично выдавливаются поверхностные пленки, формируется физический контакт, и образуется соединение.

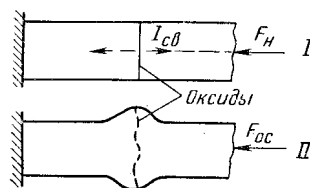


Рис. 8.3 Схема образования соединения при стыковой сварке сопротивлением (F_H – начальное усилие; $F_{ос}$ – усилие осадки).

При стыковой сварке сопротивлением на первом подготовительном этапе детали входят в соприкосновение при существенном усилии.

На втором этапе включают ток и торцовые поверхности соединения нагревают до $(0,8—0,9) T_{пл}$ основного металла. Прилегающие зоны металла прогреваются на определенную глубину, и происходит совместная пластическая деформация. При таком способе сварки во время пластической деформации происходит частичное выдавливание оксидов с торцевой поверхности. Термическая активация атомов в этот момент способствует образованию активных центров взаимодействия и окончательному формированию сварного соединения в твердой фазе.

Значительное влияние на образование сварного соединения оказывают оксидные пленки на торцевой поверхности. Во время нагрева воздух почти беспрепятственно проникает к нагретым торцевым поверхностям, окисляя их и препятствуя образованию межатомных связей. Применяемая защита места сварки при некоторых разновидностях этого способа замедляет процессы окисления. При стыковой сварке сопротивлением в месте соединения обычно остается часть оксидов, которые и ухудшают качество соединения.

2) стыковая сварка оплавлением.

При стыковой сварке оплавлением вначале на детали подают напряжение от сварочного трансформатора, а затем их сближают. При соприкосновении деталей в отдельных местах контакта вследствие большой плотности тока металл контактов быстро нагревается и взрывообразно разрушается. Нагрев торцов деталей происходит за счет непрерывного образования и разрушения контактов – перемычек, т.е. оплавление торцов. К концу процесса на торцах образуется сплошной слой жидкого металла. В этот момент резко увеличивают скорость сближения и усилие осадки; торцы смыкаются, большая часть жидкого металла вместе с поверхностными пленками выдавливается из зоны сварки. Образуя утолщение – грат. Сварочный ток выключается автоматически во время осадки.

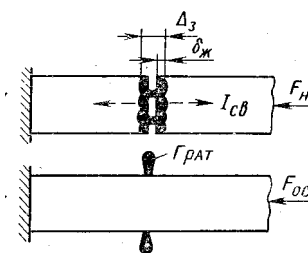


Рис. 8.4. Схема образования соединения при стыковой сварке оплавлением (F_n – начальное усилие; $F_{ос}$ – усилие осадки; Δ_3 – зазор между деталями; $\delta_{жс}$ – слой расплавленного металла).

При стыковой сварки оплавлением на первом этапе происходит соприкосновение торцовых поверхностей под небольшим усилием, достаточным только для электрического контакта. Второй этап — нагрев и оплавление зоны сварки. Между торцами возникают контакты вначале в твердом состоянии, затем в виде перемычек расплавленного металла, которые периодически разрушаются. Температура торцов при нагреве оплавлением близка к температуре плавления. Детали больших сечений перед этим этапом предварительно подогревают кратковременным замыканием торцов или токами высокой частоты (ТВЧ) через торцовый индуктор. На третьем этапе производится осадка. При быстром сближении торцов пленки расплавленного металла, покрывающие торцы, объединяются в общую жидкую прослойку и образуются общие связи в жидкой фазе. При дальнейшей осадке и пластической деформации жидкий металл выдавливается из зазора и соединение окончательно формируется уже в твердой фазе. Часть расплавленного металла может остаться не выдавленной и в этом месте сварное соединение образуется в результате совместной кристаллизации. При сварке оплавлением удалить оксидные пленки значительно легче. Большинство из них находится на поверхности расплавленного металла, покрывающего торцы деталей, и легко удаляется при осадке вместе с расплавленным металлом.

Способ стыковой сварки выбирают в зависимости от материала, величины и формы поперечного сечения свариваемых деталей, а также с учетом имеющегося оборудования и требований к качеству соединений:

- сваркой сопротивлением соединяют в основном детали небольшого сечения (не более 250 мм^2);

- непрерывным оплавлением сваривают детали сечением до 1000 мм^2 (большее сечение не возможно из-за плохого саморегулирования процесса оплавления);

- сварка оплавлением с подогревом сопротивлением ограничивается сечениями $5000-10000 \text{ мм}^2$. Детали с площадью сечения более 10000 мм^2 сваривают непрерывным оплавлением на машинах с программным управлением напряжением сварочного трансформатора и скорости подачи подвижного зажима.

Контактная стыковая сварка широко применяется:

- для получения из проката длинномерных изделий (трубчатых змеевиков поверхностей нагрева котлов, железнодорожных рельсов, арматуры железобетона, заготовок в условиях непрерывной прокатки);

- для изготовления сложных деталей из простых заготовок (элементов шасси летательных аппаратов, тяг, валов, кожухов карданных валов автомобилей и др.);

- для изготовления сложных деталей замкнутой формы (ободьев автомобильных колес, колес жесткости реактивных двигателей, шпангоутов, звеньев цепей и др.);

- с целью экономии легированных сталей (рабочую часть инструмента изготавливают из быстрорежущей стали, а хвостовую - из углеродистой или низколегированной стали).

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность рельефной сварки?
2. Какова область применения рельефной сварки?
3. Какие этапы включает образование соединения при стыковой сварке сопротивлением?
4. Какова сущность стыковой сварки оплавлением?

Лекция № 9.**Сварка давлением (Холодная сварка. Диффузионная сварка)****План:**

9.1. Холодная сварка

9.2. Диффузионная сварка

9.1. Холодная сварка

Холодная сварка – сварка давлением при значительной пластической деформации без нагрева свариваемых частей внешними источниками тепла.

Холодная сварка металлов применялась с глубокой древности. Например, золотые коробочки, хранящиеся в Национальном музее в Дублине (Ирландия), по заключению экспертов, изготовлены в эпоху поздней бронзы с применением холодной сварки. Современный период истории холодной сварки начинается с исследований, выполненных в Англии в 1948 г. Первой гипотезой холодной сварки, отражающей представление о свойствах деформируемых металлов, была рекристаллизационная гипотеза Соутера, получившая дальнейшее развитие в работах Паркса.

Метод холодной сварки основан на использовании пластической деформации, с помощью которой разрушают на свариваемых поверхностях хрупкую пленку окислов - основное препятствие для соединения металлов. Образование цельнометаллического соединения происходит за счет возникновения металлических связей между соединяемыми металлами. Эти связи возникают между атомами при сближении поверхностей соединяемых металлов на расстоянии порядка $(2\div 8)\cdot 10^{-7}$ мм в результате образования общего электронного облака, взаимодействующего с ионизированными атомами обеих металлических поверхностей.

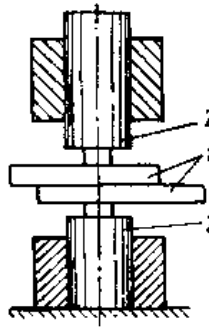


Рис. 9.1. Схема холодной сварки:

1 – свариваемые детали; 2 – пуансон.

Преимущества холодной сварки:

- малая стоимость;
- высокая производительность;
- возможность автоматизации работ во взрыво- и огнеопасной среде;
- возможность сварки деталей с нанесенной изоляцией;
- высокая гигиеничность процесса.

Холодной сваркой можно сваривать металлы, имеющие высокие пластические свойства: алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы, кадмий, никель, свинец, олово, цинк, титан, серебро и др. Этот способ сварки применяют при сварке разнородных металлов, например, меди с алюминием.

9.2. Диффузионная сварка

Диффузионная сварка входит в группу способов сварки давлением, при которых соединение за счет пластической деформации свариваемых частей осуществляется при температуре ниже температуры плавления, т.е. в твердой фазе. Отличительной особенностью является применение повышенной температуры при сравнительно небольшой остаточной деформации.

Способ диффузионной сварки был разработан в 1953г. Н.Ф. Казаковым. Большой научный и практический вклад в дальнейшее развитие этого способа сварки и представлений о его природе внесли работы М. Х. Шоршорова, А. С. Гельмана, Э.С. Каракозова и других ученых.

Процесс можно осуществлять с использованием большинства тепловых источников, известных при сварке. Чаще всего диффузионную сварку проводят в вакууме.

Процесс сварки с помощью диффузионного соединения условно подразделяют на две стадии.

На первой стадии происходит нагрев материалов до высокой температуры и приложение давления, что вызывает пластическую деформацию микровыступов, разрушение и удаление различных пленок на контактируемых поверхностях. При этом образуются многочисленные участки непосредственного металлического контакта (металлические связи).

Вторая стадия – ликвидация оставшихся микронеровностей и образование объемной зоны взаимного соединения под действием диффузии.

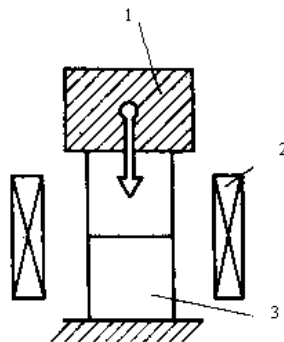


Рис. 9.2. Схема диффузионной сварки:

1- система нагружения; 2 – нагреватель; 3 – детали.

Преимущества диффузионной сварки:

- возможность соединять разнородные материалы без каких – либо особых трудностей (сталь с чугуном, титаном, ниобием, вольфрамом, металлокерамикой; платину с титаном; золото с бронзой и т.д.);
- возможность выполнения соединений разнотолщинных деталей;
- обеспечение равнопрочности основного металла и сварного соединения;
- в процессе сварки отсутствует плавление металла, что исключает влияние неблагоприятных металлургических явлений на сварное соединение, удешевляет изготовление конструкции (за счет отсутствия флюсов, припоев)

Ограничения применения и недостатки технологии:

- низкая производительность процесса из-за высокой длительности цикла сварки;
- сложность оборудования (особенно вакуумного) и технологической оснастки, подвергающейся одновременно нагреву и нагружению;
- высокие требования к качеству контактных поверхностей.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность холодной сварки?
2. Какие металлы можно сваривать холодной сваркой?
3. В чем состоит сущность диффузионной сварки?

Лекция № 10.**Сварка давлением (Ультразвуковая сварка. Сварка трением)****План:**

10.1. Ультразвуковая сварка

10.2. Сварка трением

10.1. Ультразвуковая сварка

Ультразвуковая сварка – сварка давлением, осуществляемая при воздействии ультразвуковых колебаний. Неразъемное соединение при ультразвуковой сварки металлов получают в процессе сжатия соединяемых элементов с относительно небольшим усилием при одновременном воздействии на зону контакта механических колебаний с частотой 15 – 80 кГц.

Ультразвуковая сварка – изобретение, развитие которого следует отнести к 30 - 40-м годам 20 века. Открытие этого процесса связано с использованием ультразвуковых колебаний для очистки поверхностей, соединяемых с помощью контактной сварки.

При ультразвуковой сварке необходимые условия для образования соединения создаются в результате наличия механических колебаний в зоне контакта соединяемых элементов. Энергия вибрации создает сложные напряжения растяжения, сжатия и среза. При превышении предела упругости соединяемых металлов происходит пластическая деформация в зоне их контактирования. В результате пластической деформации и диспергирующего действия ультразвука происходит разрушение и удаление поверхностных пленок различного происхождения, а также образование сварного соединения. Температура нагрева в зоне контакта обычно не превышает 0,3 – 0,5 температуры плавления соединяемых металлов.

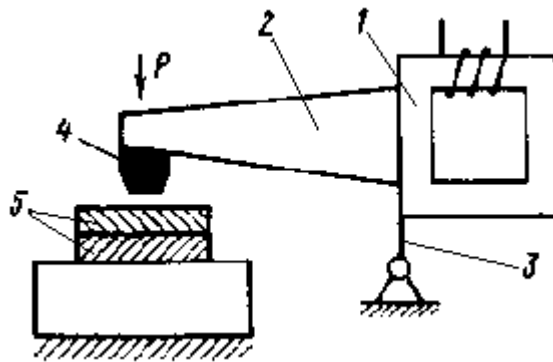


Рис. 10.1. Схема ультразвуковой сварки:

1 – преобразователь; 2 – волноводное звено; 3 – акустическая развязка; 4 – сварочный наконечник; 5 – свариваемые детали.

Преимущества ультразвуковой сварки:

- сварка осуществляется в твердом состоянии металла без существенного нагрева места сварки, что дает возможность соединять химически активные металлы и разнородные металлы, склонные к образованию хрупких интерметаллидов в зоне соединения;
- возможность получения сварных соединений, которые трудно получить с помощью других видов сварки из-за больших энергетических и технологических затрат;
- возможность получения сварных соединений тонких и ультратонких деталей, возможность приварки тонких листов и фольг к деталям практически неограниченной толщины, сварки пакетов из фольг;
- снижение требований к чистоте свариваемых поверхностей дает возможность проводить сварку деталей с плакированными и оксидированными поверхностями, а также деталей, поверхности которых покрыты разными изоляционными пленками;
- незначительная деформация поверхности детали в месте их соединения вследствие применения небольших сварочных усилий;
- простота автоматизации процесса сварки.

Ультразвуковая сварка позволяет соединять разные элементы изделий толщиной 0,005 – 3,0 мм или диаметром 0,01 – 0,5 мм. При приварке тонких

листов и фольг к деталям, толщина последних практически не ограничивается. Разнотолщинность свариваемых деталей при ультразвуковой сварке может достигать 1:100.

Областями использования ультразвуковой сварки являются: производство полупроводников, микроприборов и микроэлементов для электроники, конденсаторов, предохранителей, реле, трансформаторов, нагревателей бытовых холодильников, приборов точной механики и оптики, реакторов, а также автомобильная промышленность.

10.2. Сварка трением

Сваркой трением называют технологический процесс получения неразъемного соединения, осуществляемый за счет использования теплоты, образующейся на поверхности контакта двух заготовок, прижатых одна к другой, и участвующих в относительном движении. После прерывания или полного прекращения относительного движения сварка трением завершается приложением усилия проковки.

Мысль об использовании теплоты трения для сварки металлов высказывалась неоднократно (известны упоминания об этом в трудах Джеймса Джоуля, что явилось основой патента США 1891г. и др.). Однако в те годы эта мысль не была реализована. Толчком для возникновения сварки трением послужила публикация токаря А.И. Чудикова о возможности осуществления сварки трением встык двух стержней из низкоуглеродистой стали на обычном токарном станке.

Как и при других способах сварки давлением, сварное соединение образуется в результате пластического деформирования приконтактных объемов свариваемых заготовок. Отличительной особенностью сварки трением является получение теплоты за счет прямого преобразования работы, затрачиваемой на преодоление сил трения, возникающих при взаимном перемещении трущихся поверхностей.

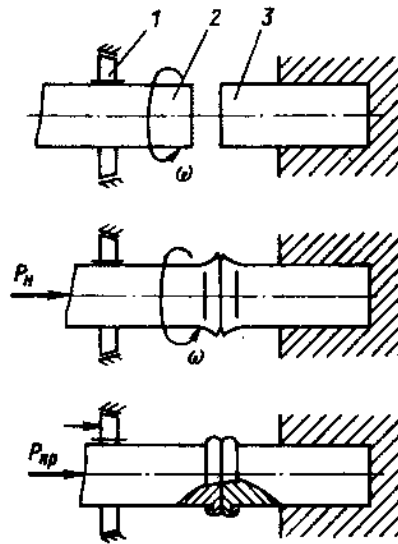


Рис. 10.2. Схема сварки трением с непрерывным приводом:

1- тормоз; 2,3 – свариваемые заготовки.

Преимущества и недостатки сварки трением.

Преимущества сварки трением:

- высокое качество сварного соединения;
- высокая производительность процесса;
- возможность сварки металлов в однородных и разнородных сочетаниях.

Недостатки сварки трением:

- масса и длина подвижной заготовки ограничена возможностями конкретной машины;
- существующие машины сварки трением не позволяют соединять заготовки с площадью поперечного сечения большей 150 мм^2 .

Сварка трением применяется в машиностроении, ядерной энергетике, в инструментальном производстве, в электротехнической промышленности, тракторо- и автомобилестроении, а также в самолетостроении, космической технике, химическом и нефтяном машиностроении.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность ультразвуковой сварки?
2. В чем состоит сущность сварки трением
2. Назовите основные преимущества и недостатки сварки трением.
4. Нужно ли осуществлять подготовку поверхностей к сварке трением?

Лекция № 11.**Сварка давлением (Сварка прокаткой и взрывом.****Высокочастотная сварка)****План:**

11.1. Сварка прокаткой

11.2. Сварка взрывом

11.3. Высокочастотная сварка

11.1. Сварка прокаткой

Сваркой прокаткой получают металлические конструкции, состоящие из двух или более слоев (компонентов), которые выполняют различные функции. Слой, выполняющий функцию силового элемента, называется основным. Слой, имеющий специальные свойства, которые определяются требованиями, предъявляемыми к конструкции, называется плакирующим. Основной слой, как правило, имеет большую по сравнению с плакирующим толщину и изготавливается из более дешевого материала.

Сварка может производиться при нагреве соединяемых материалов (горячая сварка прокаткой) и в холодном состоянии при получении многослойных материалов из пластичных металлов (холодная сварка прокаткой).

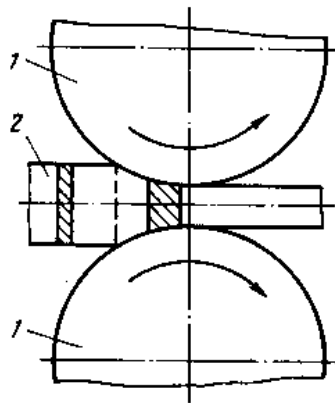


Рис. 11.1. Схема сварки прокаткой:

1 – валик; 2 – свариваемые заготовки.

Сварка прокаткой является разновидностью сварки давлением и характеризуется тем, что соединение осуществляется в условиях принудительного деформирования при малых длительностях взаимодействия.

11.2. Сварка взрывом

Сварка взрывом – вид сварки давлением, осуществляемый под действием энергии, выделяемой при взрыве заряда взрывчатого вещества.

В 1944 – 1946 гг. М.А. Лаврентьевым и его сотрудниками в Институте математики АН Украины в Киеве при проведении экспериментов по кумуляции были получены осесимметричные биметаллические образцы с весьма характерным для сварки взрывом явлением волнообразования на поверхности контакта соударяющихся тел. В 1944 г. в американском журнале Л.Р. Карл описал случай соединения двух латунных дисков, метаемых с помощью детонатора. Первое сообщение в американской литературе о сварке взрывом как о потенциально полезном в технологическом отношении процессе принадлежит Филиппчуку, который наблюдал эффект соединения алюминиевого листа с матрицей при штамповке взрывом. В 1964 г. Г. Кован, А. Хольман, Дж. Дуглас из американской фирмы Дюпон Де Немур в результате исследований косых соударений пластин, метаемых плоским зарядом взрывчатого вещества, разработали и запатентовали весьма совершенную технологию сварки взрывом.

Принципиальная схема осуществления сварки взрывом приведена на рис. 1.7. Неподвижную пластину 4 и метаемую пластину 3 располагают под углом α на заданном расстоянии h от вершины угла. На метаемую пластину укладывают заряд 2 взрывчатого вещества. В вершине угла устанавливается детонатор 1. Сварка производится на опоре 5 (металл, песок). Площадь метаемой пластины, как правило, больше площади основной пластины. Нависание метаемой пластины над основой необходимо для уменьшения

влияния эффекта бокового разлета продуктов взрыва при детонации плоского заряда взрывчатого вещества.

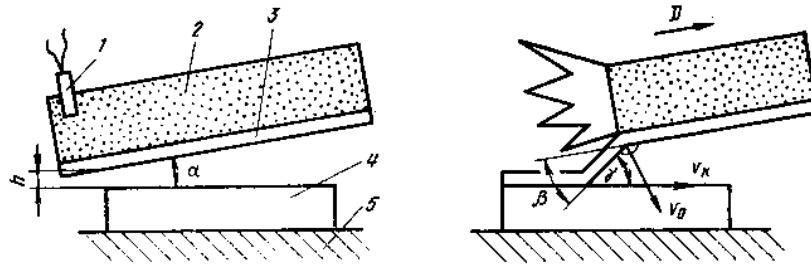


Рис. 11.2. Схема сварки взрывом под углом:

1 – детонатор; 2 - заряд взрывчатого вещества; 3 - перемещаемый элемент; 4 – неподвижный элемент; 5 – опора.

11.3. Высокочастотная сварка

Высокочастотная сварка – сварка давлением, при которой для нагрева свариваемых поверхностей используются токи высокой частоты. Этот ток может подводиться к свариваемым поверхностям деталей двумя способами:

- при помощи проводников (кондуктора), подключающих свариваемые детали к источнику ТВЧ (кондуктивный способ подачи энергии);
- за счет индуктирования в свариваемых деталях тока высокой частоты с помощью токопроводящего витка (индуктора), подключенного к источнику ТВЧ (индукционный способ подачи энергии).

В 30 – 40-х годах 20 в. были сделаны попытки применения токов высокой частоты для сварки металлов. Работы по сварке металлов токами высокой частоты были начаты в 1944 г. в лаборатории профессора В.П. Вологодина по стыковой сварке труб

При пропускании тока высокой частоты по проводнику вокруг и внутри проводника создается магнитное поле, которое, согласно закону электромагнитной индукции, вызывает в проводнике э. д. с. самоиндукции, которая будет направлена противоположно э. д. с. источника питания. При этом э. д. с. самоиндукции, действующая на внутренние линии тока, будет

больше, чем э. д. с. самоиндукции воздействующая на поверхностные линии тока. Это приводит к тому, что плотность тока на поверхности будет больше, чем во внутренней области проводника. Такая неравномерность будет увеличиваться по мере повышения частоты тока, т.е. величина э. д. с. самоиндукции пропорциональна частоте тока. Таким образом, с повышением частоты тока концентрация тока на поверхности проводника будет увеличиваться. Этот эффект называется поверхностным эффектом.

При сильном проявлении поверхностного эффекта ток по центральной части проводника практически не течет, что приводит к увеличению активного сопротивления и усилению нагрева проводника.

Эффект близости заключается в перераспределении линий тока, протекающих в соседних проводниках, вследствие их взаимного влияния. Это явление имеет место только в случае достаточно сильного проявления поверхностного эффекта, т.е. при условии, что глубина проникновения тока достаточно мала по сравнению с поперечными размерами проводника и поперечное сечение проводника лишь частично занято током.

Если проводник с током высокой частоты (индуктор) расположить над проводящей пластиной, то максимальная плотность тока в пластине будет под индуктором. Ток на поверхности пластины будет как бы следовать за индуктором. Это явление позволяет управлять распределением тока в свариваемых телах и играет большую роль при высокочастотной сварке.

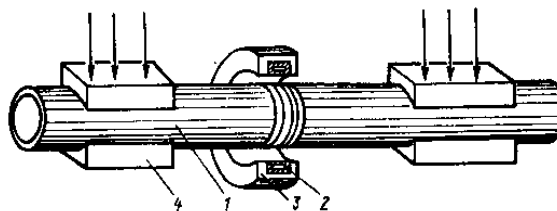


Рис. 3.12. Схема высокочастотной сварки труб:

1 – свариваемая труба; 2 – индуктор; 3 – магнитопровод; 4 – зажимы для фиксации свариваемых труб и создания осадки.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность сварки прокаткой?

2. В чем состоит роль поверхностного эффекта и эффекта близости при высокочастотной сварки?
3. Какие функции выполняют основной и плакирующий слой при сварке прокаткой?
4. В чем состоит сущность сварки взрывом?

Лекция № 12.**Родственные сварки технологии (Пайка. Термическая резка)****План:**

12.1. Пайка

12.2. Термическая резка

12.1. Пайка

Пайкой называется процесс соединения металлов в твердом состоянии припоями, которые при расплавлении смачивают паяемые поверхности, заполняют капиллярный зазор между ними и образуют паяный шов при кристаллизации.

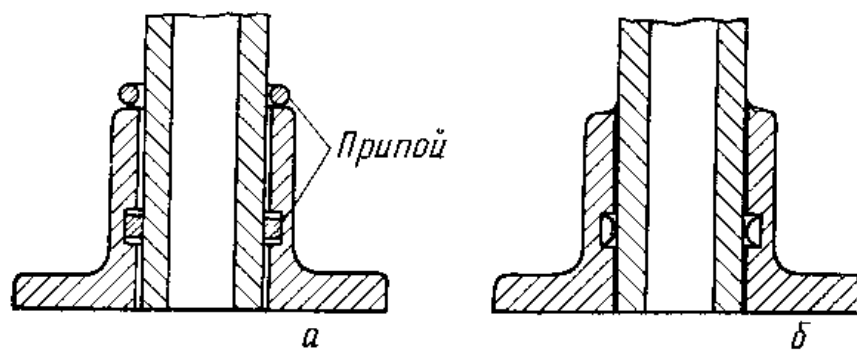


Рис. 12.1. Схема пайки:

а - до пайки; б - после пайки.

Из определения следует, что процесс образования паяного соединения связан с нагревом. Для получения спая наряду с нагревом необходимо обеспечить еще два основных условия:

- 1) удалить с поверхности металла в процессе пайки окисную пленку.
- 2) ввести в соединительный зазор между ними расплавленный связующий металл.

При кристаллизации вступившего во взаимодействие с паяемыми металлами более легкоплавкого связующего металла, образуется паяное соединение.

Процесс пайки имеет много общего со сваркой, и, прежде всего со сваркой плавлением, но, несмотря на внешнее сходство между ними имеются принципиальные различия.

1) Если при сварке плавлением свариваемый и присадочный металл в сварочной ванне находится в расплавленном состоянии, то при пайке паяемый металл не плавится. Образование соединения без кромок паяемых деталей является основной особенностью процесса пайки.

2) При пайке формирование шва происходит путем заполнения припоем капиллярного зазора между соединяемыми деталями, т.е. процесс пайки связан с капиллярным течением присадочного материала, что не имеет места при сварке плавлением.

3) Пайка в отличие от сварки плавлением может быть осуществлена при любых температурах, лежащих ниже температуры плавления основного металла.

Эти различия имеют своим следствием иную, чем при сварке плавлением, природу процессов, протекающих при образовании паяного шва.

Пайка является наиболее древним способом соединения металлов. На основе археологических раскопок установлено, что человек достаточно хорошо владел им еще 3 – 5 тысяч лет назад. Так, при раскопках на территории древнего Египта были найдены паянные медно-серебряным припоем трубы и паяные изделия. На территории СНГ также было найдено большое количество самых различных паяных изделий, относящихся к глубокой древности. Обычно это оружие, предметы домашнего обихода и украшения – особенно в древней Руси, на Южном Урале и Украине (г. Киев).

В развитие пайки металлов огромный вклад внесли русские ученые. Так, например, М.В. Ломоносов впервые наблюдал и описал явление спаивания металлов в разряде атмосферного электричества. Д.И Менделеев в своем труде «Основы химии» первым дал объяснение процесса флюсования при пайке с применением в качестве флюса хлористого цинка.

В XVIII и XIX вв. в связи с развитием промышленности пайка вышла за рамки ремесла; ее стали применять также в производственных условиях. Первыми оценили преимущества высокотемпературной пайки тульские оружейники, начав широко применять ее для соединения ответственных деталей.

Однако, несмотря на эти примеры, пайка оставалась ремеслом, и применение ее в промышленности было весьма ограничено. Только в 30-х годах 20 века, в связи с потребностями массового производства и появлением таких новых источников нагрева, как электрические печи и высокочастотные установки, пайка начала находить широкое промышленное применение.

12.2. Термическая резка

Резка технологически отлична от сварки и противоположна ей по смыслу, но оборудование, материалы, приемы выполнения операций близки к применяемым в сварочной технике. Под термической резкой подразумевают процессы, при которых металл в зоне резки нагревается до высокой температуры и самопроизвольно вытекает или удаляется в виде размягченных шлаков и окислов, а также может выталкиваться механическим действием (струей газа, плазмы, электродом). Промышленное значение термической резки весьма велико: обрезка и обдирка отливок, разрезка проката, обрезка и зачистка отливок, разрезка и раскрой листов, обрезка кромки под сварку, вырезка заготовок и готовых деталей.

В процессе резки металл может удаляться из полости реза чисто термическим процессом, он расплавляется и вытекает. Но наиболее важный для техники металл – железо – легко окисляется, а в чистом кислороде может гореть подобно тому, как магний горит на воздухе; в результате металл превращается в окислы и шлаки, удаляемые из полости реза. В одних процессах резки преобладает термический процесс, в других – химический, но всегда оба эти процесса действуют совместно; в продуктах, удаляемых из

полости реза, всегда можно обнаружить как металлическое железо, так и его окислы.

К термическому и химическому действию может присоединяться механическое действие струи газа, электрода и пр., выталкивающие жидкие и размягченные продукты из полости реза. Резка выполняется несколькими способами.

Наиболее важный и практически распространенный способ – газокислородная резка, основанная на способности железа сгорать в кислороде, применяется обычно при резке стали толщиной от 5 до 100 мм, возможно разделение материала толщиной до 2000мм.

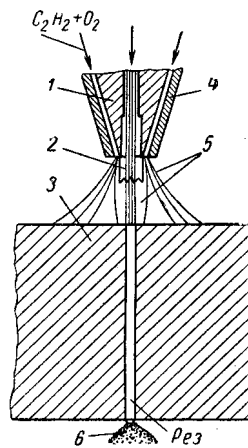


Рис. 12.2. Схема процесса газокислородной резки:

1 – режущий мундштук; 2 – режущий кислород; 3 – разрезаемый металл; 4 – подогревательный мундштук; 5 – подогревающее пламя; 6 – шлаки.

Более новый способ плазменной резки основан на использовании высокотемпературной плазменной струи.

Контрольные вопросы:

1. Какие процессы относятся к родственным сварки технологиям?
2. В чем состоит сущность пайки?
3. Чем отличается пайка от сварки?

Лекция № 13.

Родственные сварки технологии (Наплавка. Напыление)

План:

13.1. Наплавка

13.2. Напыление

13.1. Наплавка

Наплавка – нанесение с помощью сварки слоя металла на поверхности изделия.

Наплавка драгоценных металлов была хорошо известна ювелирам и оружейникам уже в глубокой древности: золото и серебро наплавляли для украшения доспехов и оружия. Наварку железа, по сообщению Геродота, впервые выполнил Главк, уроженец острова Хиос, которому отец царя Креза поручил изготовление большого сосуда для подарка в храм (VI в. до н.э.). наварка кузнечным способом науглероженных пластинок на режущие кромки серпов и ножей использовалась кузнецами Киевской Руси. Наварка изношенных и поврежденных изделий как один из видов кузнечных работ применялась длительное время во всех кузницах. Развитие современных методов наплавки связано с появлением электрической дуги и газового пламени. Н.Г. Славянов считал одним из важнейших применений дуговой сварки «Наливание слоя металла на изношенные поверхности или для какой-либо другой цели. В 30-х годах 20 в. все больше распространяется ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. В 40-х годах 20 в. для выполнения различных наплавочных работ стали использовать сварку под слоем флюса. Электрошлаковая наплавка была впервые осуществлена в конце 50-х годов 20 в.

Наплавка металла на поверхность детали дает возможность придать ей необходимые достаточные механические и физико-химические свойства и

тем самым повысить надежность и долговечность работы и снизить себестоимость.

Наплавочные работы применяются для создания на деталях поверхностных слоев с требуемыми свойствами, а также для восстановления исходных размеров изношенных деталей.

Изготовительная наплавка служит для получения новых биметаллических (многослойных) изделий. Такие изделия состоят из основы (основной металл), обеспечивающей необходимую конструкционную прочность, и наплавленного рабочего слоя (наплавленный металл) с особыми свойствами (износостойкость, термостойкость, коррозионная стойкость). Например, наплавку используют для изготовления деталей из конструкционных, сравнительно дешевых сталей, на рабочие поверхности которых наплавляют износостойкий, жаростойкий или иной специальный сплав.

Восстановительная наплавка применяется для восстановления первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае металл может быть близок по составу и свойствам основному металлу (восстановительная размерная наплавка) или отличаться от них (восстановительная износостойкая наплавка).

При наплавочных работах, как правило, необходимо получать минимальное проплавление основного металла и минимальное перемешивание основного и наплавленного металла для того, чтобы сохранить механические свойства наплавленного слоя.

В то же время наплавленный металл должен прочно соединяться с металлом основы и не должен содержать пор, шлаковых включений, раковин трещин и других дефектов.

13.2. Напыление

Газотермическим напылением называют процесс нанесения покрытий, основанный на нагреве материала до жидкого состояния и распыление его на

изделие - подложку с помощью газовой струи. Покрывают без существенного повышения температуры подложки, что исключает появление деформации напыленных деталей.

Газотермическое напыление можно разделить на газопламенное и газозлектрическое.

Сущность газопламенного напыления заключается в расплавлении напыляемых материалов (порошка, проволоки сплошного сечения и порошковой проволоки) газовым пламенем и распылении их сжатым воздухом. В качестве горючего газа применяют ацетилен, пропан-бутан, природный газ и др. Недостатками газопламенного напыления являются низкое качество покрытий, обусловленное пониженной температурой пламени, малыми скоростями переноса частиц и большим содержанием окислов в покрытии.

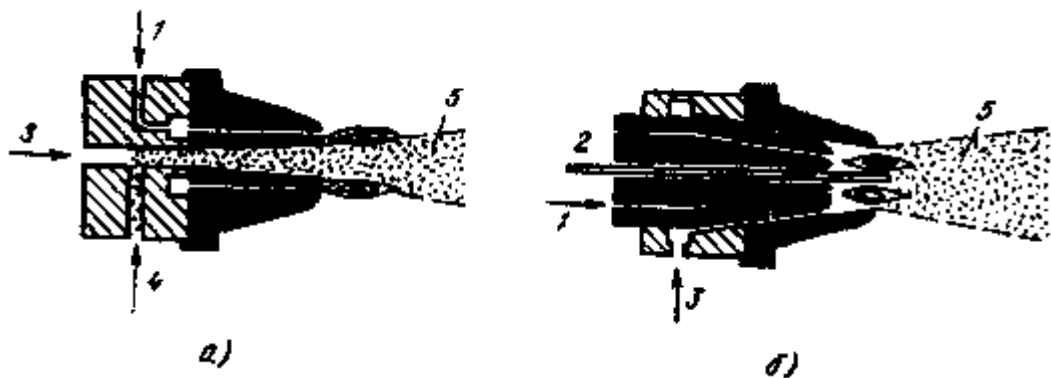


Рис. 13.1. Схема газопламенного напыления

1 - горючая смесь; 2 - распыляемая проволока; 3 - сжатый воздух;
4 - напыляемый порошок; 5- металлизационный факел.

Сущность электрометаллизационного напыления заключается в плавлении проволоки электрической дугой и распылении жидкого металла сжатым воздухом. Распыления сжатым воздухом приводит к значительному выгоранию компонентов и их окислению.

Электрометаллизаторы значительно проще в управлении в сравнении с пламенными. При электродуговом напылении в качестве исходного материала используют проволоку.

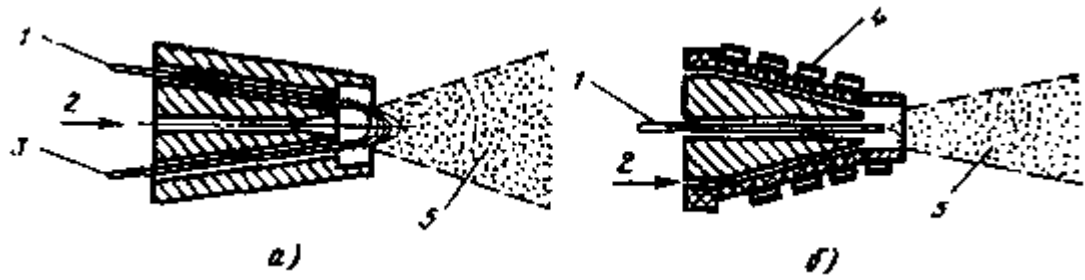


Рис. 13.2. Схема электрометаллизационного напыления:

а - электродугового, б - высокочастотного: 1,3 - напыляемая проволока; 2 - сжатый воздух; 4 - индуктор; 5 - металлизационный факел.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность наплавки?
2. В чем состоит сущность напыления?
3. Какие способы напыления вы знаете?

Лекция № 14.

Особые случаи сварки (Сварка в космосе. Сварка под водой)

План:

14.1. Сварка в космосе

14.2. Сварка под водой

14.1. Сварка в космосе

Сварка в космосе, отличается необычными сложными условиями: вакуум до 10^{-10} Н/м², большая скорость диффузии газов, невесомость и широкий интервал температур (от -150 до 130 °С). Вследствие высокого вакуума и относительно высокой температуры в космических условиях иногда происходит самопроизвольная диффузионная сварка (схватывание) плотно сжатых деталей. При конструировании космических аппаратов предусматривают различные защитные меры, предотвращающие это явление. В космических условиях сварка может применяться при сборке и монтаже крупных космических кораблей и орбитальных станций, ремонте оборудования и аппаратуры космических аппаратов, а также для изготовления материалов и изделий с особыми свойствами, которые не могут быть получены на Земле. Металлы, свариваемые в условиях космического пространства,— алюминий, титановые сплавы, нержавеющие и жаропрочные стали. Условия космического пространства чрезвычайно благоприятны для следующих видов сварки: диффузионной, холодной, электроннолучевой, контактной и гелиосварки. Выполнение же дуговой и плазменной сварки, особенно при большом объёме сварочной ванны, хотя и перспективно, но в ряде случаев технически значительно затруднено из-за невесомости, когда изменяются условия разделения жидкой, твёрдой и газообразной фаз, что может привести к появлению пористости в швах, увеличению неметаллических включений и т. п. Большой градиент температуры в ряде случаев вызывает появление трещин. Преодоление неблагоприятных

воздействий космической среды требует разработки специальных приёмов сварки и оборудования, которое должно отличаться высокой надёжностью и безопасностью, иметь небольшую массу, обладать низкой энергоёмкостью, а также быть простым в эксплуатации. Особенно пригодны автоматические и полуавтоматические сварочные установки. Впервые в мире сварка в космосе была осуществлена 16 октября 1969 лётчиками-космонавтами космического корабля «Союз-6» В. Н. Кубасовым и Г. С. Паниным на автоматической установке «Вулкан», сконструированной в Институте электросварки им. Е. О. Патона.

14.2. Сварка под водой

В 1987 г. Н.Н. Бенардос совместно с проф. Д.А. Лачиновым в лабораторных условиях впервые в мировой практике осуществили дуговую подводную резку угольным электродом. В 1932г. советский ученый К.К. Хренов разработал электроды для подводной сварки и выполнил испытания их в натурных условиях Черного моря. В 1936 – 1938 гг. ручная дуговая сварка под водой нашла применение при подъеме парохода «Борис». В 50 – 60 гг. 20в. в зарубежных странах для подводной сварки трубопроводов разработали «сухую подводную сварку», основанную на применении специальных обитаемых камер, устанавливаемых на ремонтируемом участке трубопровода и герметизируемых в местах входа и выхода труб. «Сухая подводная сварка» является чрезвычайно дорогостоящим процессом, при котором отсутствует маневренность и универсальность.

Анализ ручной дуговой подводной сварки мокрым способом показал, что:

- 1) дуга заключена в постоянно меняющийся парогазовый объем, поддерживаемый парами воды, продуктами их распада и газообразными выделениями электродных материалов. Продукты разложения воды – водород и кислород, находящиеся в зоне дуги, снижают механические свойства сварного соединения;

2) благодаря непосредственному контакту с водой основного металла и металла шва возрастает теплоотдача металла, что может привести к появлению закалочных структур;

3) водолаз-сварщик заключен в водонепроницаемый костюм и находится в плотной среде, стесняющий его движения;

4) через каждые 1 – 2 мин необходимо менять электрод, что в подводных условиях является непростой задачей;

5) дуга, горящая между металлическим стержнем и изделием, закрыта козырьком обмазки, а это ухудшает наблюдение за формированием шва.

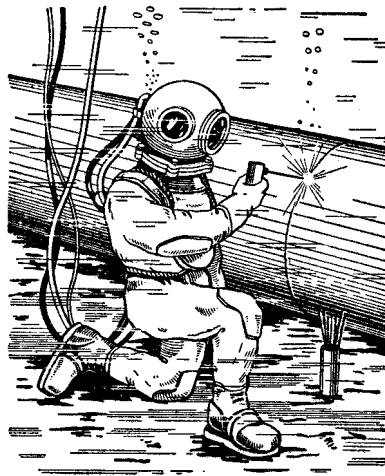


Рис. 14.1. Сварка стыка трубопровода под водой.

Перспективным способом, обеспечивающим равнопрочное основному металлу сварное соединение является полуавтоматическая подводная сварка порошковой самозащитной проволокой, разработанная в Институте электросварки им. Е.О. Патона.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности выполнения сварки в космосе?
2. Каковы трудности при осуществлении сварки под водой?

Лекция № 15.**Особые случаи сварки и родственных технологий****План:**

15.1. Сварка биологических тканей

15.2. Газопламенная обработка биологических объектов

15.1. Сварка биологических тканей.

Одним из выдающихся достижений сварочной науки и техники является разработка новых технологических процессов соединения и разделения биологических тканей с помощью энергии ультразвуковых колебаний. В результате совместной работы инженеров кафедры «Машины и автоматизация сварочных процессов» МВТУ им. Н. Э. Баумана под руководством академика Г. А. Николаева и профессора В. И. Лощилова, а также врачей Центрального института травматологии и ортопедии созданы новые методы соединения и разделения костных и мягких биологических тканей, а также метод замещения дефектов кости — ультразвуковая сварка, резка и наплавка.

Как известно, при операциях соединения костей используются металлические штифты, пластинки, гвозди, болты, проволока, балки и т. д. Металлические конструкции, введенные в кости и мягкие ткани, небезразличны для организма, небезвредны для тканей, соприкасающихся с ними. Кроме того, металлический остеосинтез требует обязательного производства вторичной операции — извлечения скрепляющих конструкций. Не менее важна и другая проблема — заполнение различных дефектов в костях. Известно, что различные хирургические операции на костях предусматривают механические способы разделения и требуют известных физических усилий, затрат времени и нередко приводят к образованию трещин, отломков, сколов в костях и т. п. Не менее важной

проблемой в хирургии является соединение мягких биологических тканей (кровеносные сосуды малого диаметра).

Методы соединения костных и мягких биологических тканей с помощью энергии ультразвука были названы сваркой, так как в результате сложных физикохимических процессов, причем без существенного нагрева, создается неразъемное соединение, несущее рабочие нагрузки, с зоной диффузионного проникновения. Полученное соединение является временным — оно удерживает биологические ткани, замещаясь новообразующейся тканью на период естественных процессов регенерации.

При помощи специальных инструментов-волноводов выполняются четыре основных процесса.

1. Выполняется ультразвуковая сварка отломков костей с применением присадочного материала этил- α -цианакрилата, который в комбинации с костной стружкой и другими жизненно важными компонентами отверждается в прочный конгломерат, представляющий шов, несущий рабочие нагрузки.

2. Производится ультразвуковая наплавка костных тканей. Способ позволяет в короткий промежуток времени получить прочный конгломерат, обеспечивающий замещение костных дефектов, возникающих при поражении костей опухолью, при многоскольчатых переломах и огнестрельных ранениях. Наплавленный объем конгломерата должен замещаться собственной тканью при регенерации.

3. Успешно осуществляется ультразвуковая резка как костных, так и мягких биологических тканей. Наложение на инструменты-волноводы в виде пилки, скальпеля, сверла, трепана и долота продольных ультразвуковых колебаний обеспечивает малотравматическое, малотрудоемкое и маневренное в ограниченных условиях операционного поля разделение тканей.

4. Выполняется ультразвуковая сварка мягких биологических тканей без применения какого-либо синтетического присадочного материала,

позволяющая при соответствующих оптимальных режимах получать сварной шов, способный к последующей регенерации и полному замещению новообразованной тканью.

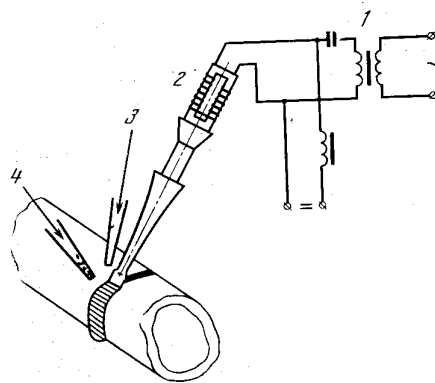


Рис. 15.1. Схема процесса ультразвуковой сварки и наплавки костных тканей:

1 – ультразвуковой генератор; 2 – акустический узел; 3 – подача циакриана; 4 – подача костной стружки.

15.2. Газопламенная обработка биологических объектов

В последнее время широкое распространение получает газопламенная обработка биологических объектов, в частности семян хлопчатника. При переработке хлопка-сырца в процессе джинирования получают прядмое волокно и опушенные семена хлопчатника. Из-за повышенной опушенности семена хлопчатника непосредственно после джинирования не могут быть использованы для посева, из-за образования комков вследствие плохой сыпучести и сцепляемости семян между собой, что не позволяет проводить равномерный машинный высев.

В результате снижения опушенности посевные семена приобретают сыпучесть, при этом уменьшается расход семян, снижаются затраты на их заготовку, транспортировку и протравливание, снижаются трудовые затраты на прореживание всходов. Применяемые в промышленности механические, химические и химико-механические способы снижения опушенности посевных семян хлопчатника имеют высокую механическую повреждаемость

семян, требуют закупки рабочих органов за рубежом, являются дорогостоящими и экологически вредными.

В 1999 г. на кафедре «Машины и технология сварочного производства» Ташкентского Государственного Технического Университета, разработан способ предпосевной обработки семян хлопчатника газокислородным или газовоздушным пламенем, с температурой в зоне обработки около 2000°C в течение $0,2 \dots 0,4$ сек. В процессе обработки длинные волокна сгорают, а короткие сворачиваются. При этом всхожесть, энергия прорастания, угол естественного откоса, угол трения и другие показатели, характеризующие качество посевных семян соответствуют нормативно-технической документации. При обработке семена свободно падают через пламя, создаваемое двумя многорядными, многопламенными горелками, расположенными мундштуками друг против друга на регулируемом расстоянии.

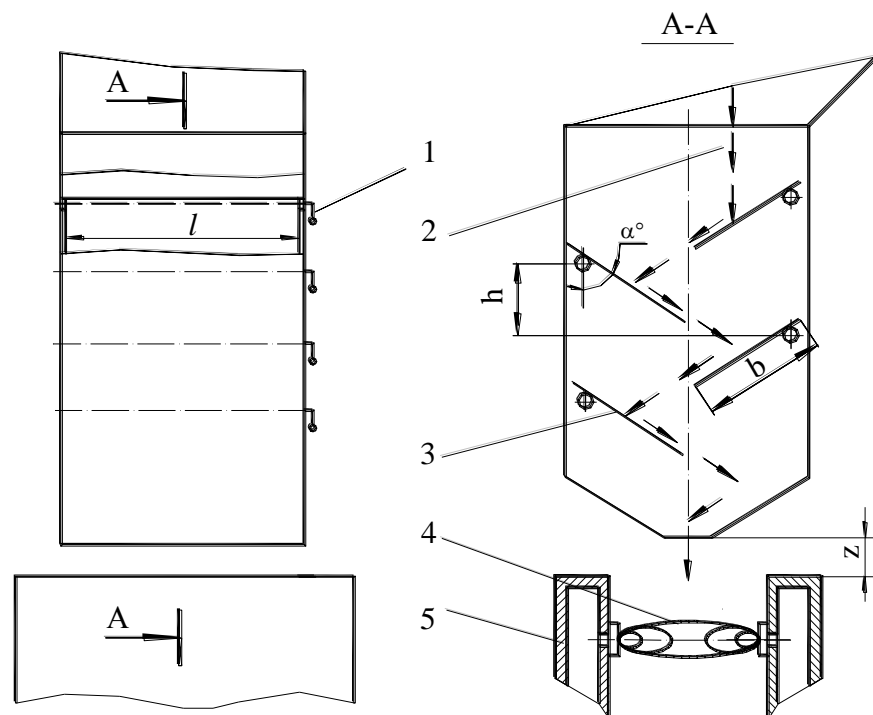


Рис. 15.2. Схема газопламенной предпосевной обработки семян хлопчатника: 1- регулятор угла поворота лопаток – отражателей; 2 – направление прохождения семенного потока через разделительную колонну;

3 – лопатка – отражатель; 4 – пламя; 5 – многопламенная двухкорпусная горелка.

Газопламенный обжиг посевных семян хлопчатника обеспечивает:

- сокращение расхода семян при севе на 20-30 кг с гектара, за счет повышения сыпучести, по сравнению с опушенными семенами;
- повышение урожайности хлопка-сырца в среднем на 2ц/га;
- ускорение развития растений хлопчатника и увеличение энергии всхожести на 5%;
- сохранность семян от загнивания, при плохих погодных условиях, за счет наличия подпушка, по сравнению с оголенными семенами;
- обеззараживание хлопковых семян (биологическая эффективность по обеззараживанию гоммоза около 80%);
- отсутствие механической повреждаемости семян по сравнению с механическими и химико-механическими способами снижения опушенности семян хлопчатника.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность сварки костей?
2. Какова область применения газопламенной обработки биологических объектов?

Ключевые понятия:

Газовая сварка – сварка плавлением, при которой нагрев кромок соединяемых частей производится пламенем газов, сжигаемых на выходе горелки для газовой сварки.

Диффузионная сварка – сварка давлением, осуществляемая за счет взаимной диффузии атомов контактирующих частей при относительно длительном воздействии повышенной температуры и при незначительной пластической деформации.

Дуговая сварка – сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой.

Индукционная сварка – сварка с применением давления, при которой нагрев осуществляется индуктором токами высокой частоты.

Контактная сварка – Сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплом, выделяемым при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части.

Кузнечная сварка – сварка давлением, при которой осадка выполняется ударами молота.

Лазерная сварка – сварка плавлением, при которой для местного расплавления соединяемых частей используется энергия светового луча, полученного от оптического квантового генератора.

Наплавка – нанесение с помощью сварки слоя металла на поверхность изделия.

Плазменная сварка – сварка плавлением, при которой нагрев производится сжатой дугой

Подводная сварка – дуговая сварка, при которой свариваемые части находятся под водой.

Ручная дуговая сварка – дуговая сварка штучными электродами, при которых подача электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок производится вручную.

Сварка – технологический процесс соединения твердых материалов в результате действия межатомных сил, которое происходит при местном сдавливании или совместном пластическом деформировании свариваемых частей.

Сварка взрывом – сварка, при которой соединение осуществляется в результате вызванного взрывом соударения быстро движущихся частей.

Сварка давлением – сварка, осуществляемая при температурах ниже точки плавления свариваемых металлов без использования припоя и с приложением давления, достаточного для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей.

Сварка плавлением – сварка с местным расплавлением соединяемых частей без применения припоя.

Сварка под флюсом – дуговая сварка, при которой дуга горит под слоем флюса.

Сварка прокаткой – сварка давлением, осуществляемая пластическим деформированием в прокатных валках.

Сварка тернием – сварка давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызываемым вращением одной из свариваемых частей.

Стыковая контактная сварка - контактная сварка, при которой соединение свариваемых частей происходит по поверхности стыкуемых торцов.

Стыковая сварка сопротивлением – стыковая контактная сварка, при которой нагрев металла выполняется без оплавления соединяемых торцов.

Стыковая сварка оплавлением – стыковая контактная сварка, при которой нагрев металла сопровождается оплавлением соединяемых торцов.

Рельефная контактная сварка – контактная сварка, при которой соединение элементов происходит на отдельных участках по заранее подготовленным выступам.

Точечная контактная сварка – контактная сварка, при которой соединение элементов происходит на участках, ограниченных площадью торцов электродов, подводящих ток и передающих усилие сжатия.

Электронно-лучевая сварка – сварка плавлением, при которой для нагрева соединяемых частей используется электронный луч.

Электрошлаковая сварка – сварка плавлением, при которой для нагрева металла используется тепло, выделяющееся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак.

Ультразвуковая сварка – сварка давлением, осуществляемая при воздействии ультразвуковых колебаний.

Холодная сварка – сварка давлением при значительной пластической деформации соединяемых частей.

Шовная контактная сварка – контактная сварка, при которой соединение элементов выполняется внахлестку вращающимися дисковыми электродами в виде непрерывного или прерывистого шва.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. М.: Машиностроение, 1973. - 408 с.
2. Сварки и свариваемые материалы: В 3-х т. Т 2. Технология и оборудование. Справочное издание /Под. ред. В.М. Ямпольского. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1998. 574 с.
3. Абралов М.А., Абралов М.М. Пайвандлаш иши асослари, Тошкент: Талкин, 2004, 272с
4. Карагозов Э.С. Сварка металлов давлением. М.: Машиностроение, 1975. 280 с.
5. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. М.: Машиностроение, 1988. 376 с.
6. Петрунин И.Е., Лоцманов С.И., Николаев Г.А. Пайка металлов. М. Машиностроение, 1973. 280с.
7. Технология и оборудование контактной сварки. Под. ред. В.Д. Орлова, М.: Машиностроение, 1986. 325 с.