

## Тема 2.3 Основы сварочного производства

### План

**1.Общая характеристика сварочного производства. Физические основы получения сварочного соединения. Классификация видов сварки. Свариваемость.**

2.Ручная дуговая сварка. Электрическая дуга. Электроды для ручной сварки. Оборудование. Основные виды сварных соединений. Виды электродуговой сварки.

3.Газовая сварка металлов. Резка металлов.

4.Физическая сущность процесса пайки. Материалы для пайки. Способы пайки. Типы паяных соединений.

### Основная литература

1. Фетисов Г.П.,Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов. Учебник (3 издание), - М.: Издательство Оникс, 2017.. -624с :ил.

2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М.:Машиностроение,1993

### Дополнительная литература

1. Никифоров В.Н. Технология металлов и конструкционные материалы. Л.: Машиностроение,1987.

2.Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И, металлургия, материаловедение и конструкционные материалы. М.: Высшая школа,1984.

### Интернет – ресурсы:

1.Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.  
Режим доступа:<http://fcior.edu.ru>

2.Электронная библиотека. Электронные учебники.-Режим доступа:<http://subscribe.ru/group/mehanika-studentam/>

# **1 Общая характеристика сварочного производства. Физические основы получения сварного соединения. Классификация видов сварки. Свариваемость**

*Сваркой* называется технологический процесс получения неразъемных соединений. Сварку применяют для соединения однородных и разнородных металлов и сплавов, металлов с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, карборундом, стеклом и др.), а также пластмасс.

Впервые сварка металлов плавлением была осуществлена в России в 1881 г., когда русский инженер Н.Н. Бенардос использовал электрическую дугу, открытую в 1802 г. В.В. Петровым, для сварки и резки металлов с применением неплавящегося угольного электрода. В 1888 г. другой русский инженер -Н.Г. Славянов разработал способ дуговой сварки плавящимся металлическим электродом и изобрел первый автомат для сварки под флюсом.

В 1887 г. Н.Н. Бенардос запатентовал устройство для точечной контактной сварки, в котором в качестве электродов были использованы угольные стержни.

В 1895 г. химик Ле Шателье получил ацетилено-кислородное пламя, а в 1902 г. инженеры Пикари и Фуше создали промышленные газовые горелки.

Сварка ~ экономичный, высокопроизводительный и в значительной степени механизированный технологический процесс; ее широко применяют практически во всех отраслях машиностроения и строительной промышленности. Сварку как один из основных технологических процессов используют в авиации, ракето- и судостроении (при изготовлении цельносварных корпусов судов), при строительстве домн, резервуаров для хранения жидкости и газов, нефти и газопроводов, в транспортном машиностроении (при изготовлении цистерн, цельнометаллических вагонов), в энергомашиностроении (при производстве котлов, паровых и гидравлических турбин и многих других машин и конструкций). Замена деталей машин на прокатно-сварные или комбинированные, включающие литые, кованные и штампованные элементы, соединенные сваркой, является экономически целесообразной, особенно если конструкция имеет сложную геометрическую форму, а также при единичном и мелкосерийном производстве. Применение сварки в этих случаях приводит к экономии металла, сокращению трудоемкости, снижению себестоимости и улучшению условий труда.

## *Физические основы получения сварного соединения*

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами на поверхности соединяемых заготовок. Для получения сварного соединения требуется сблизить соединяемые поверхности на расстояния, в пределах которых начинают действовать межатомные силы сцепления, и создать необходимые для

возникновения межатомных или межмолекулярных связей условия: определенные температуру, время контакта и качество поверхности.

Таким образом, сварочный процесс, как и пайка, направлен на получение монолитного соединения, которое возникает в случае установления связей между атомами свариваемых деталей на границе их раздела, аналогично связям, действующим в твердом теле.

Определения понятия сварки могут быть различными — в зависимости от основных признаков, которые в данном определении преобладают. Например, сварка определяется как процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании. В данном определении указывается и на физическую сущность процесса, и на технологические принципы его реализации.

Наиболее общим определением процесса сварки является ссылка на ее термодинамическую сущность: сварка — это процесс получения монолитного соединения материалов за счет термодинамически необратимого превращения тепловой и механической энергии и вещества в стыке.

Процесс сварки включает в себя две стадии: образование физического контакта между соединяемыми деталями и возникновение электронного взаимодействия между их поверхностями. Далее происходит развитие диффузионных процессов.

В идеальном случае сварка должна происходить после того, как соединяемые поверхности сблизилась на межатомные расстояния. На рис. 33.1 показано, каким образом изменяются межатомные силы взаимодействия (притяжения и отталкивания), а также потенциальная энергия по мере сближения атомов. Как видно, на первой стадии сближения силы притяжения  $P$  больше сил отталкивания  $P_m$  (рис. 2.36, *a*). Затем начинается процесс взаимного перекрытия электронных оболочек атомов и наблюдается резкое возрастание сил отталкивания.

При  $z = z_0$  силы притяжения и отталкивания сравниваются. В дальнейшем сближение атомов будет сопровождаться интенсивным возрастанием сил отталкивания. В идеальном случае атомы после некоторых колебательных движений должны самопроизвольно установиться на расстоянии  $z = z_0$ , когда  $P - P_{от} = 0$ .

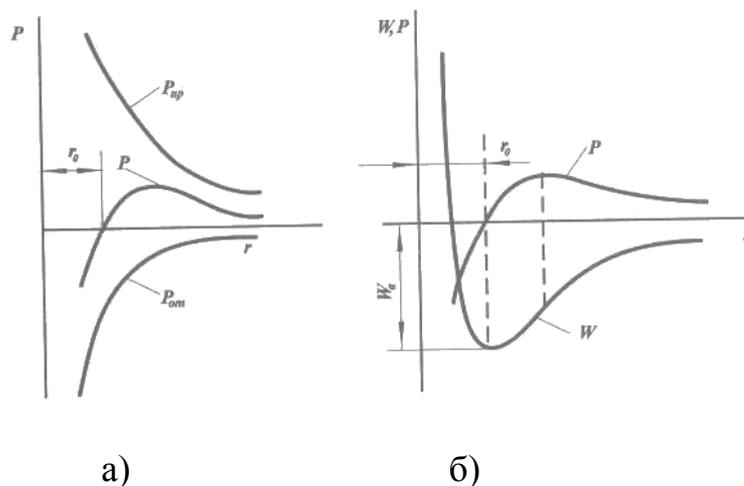


Рисунок 2.36 - Характер изменения сил взаимодействия (а) и потенциальной энергии (б) при сближении атомов

В этот момент величина потенциальной энергии системы  $W$  будет минимальна, что характерно для устойчивого равновесия (рис. 2.36, б). Стремление системы к минимуму свободной энергии соответствует второму закону термодинамики, а минимум потенциальной энергии  $W_B$  — энергии ван-дер-ваальсовой связи. Если энергию поверхности монокристалла принять за  $W_w$  то после соединения монокристаллов между ними устанавливается одна поверхность раздела с энергией  $W_B$ . Эта энергия меньше суммарной энергии двух поверхностей, т. е.  $W_B \ll 2W_w$ .

Рассмотренная схема образования монолитного соединения при сварке, не противоречащая второму закону термодинамики, возможна, однако при наличии некоторой энергии активации, а не только в результате сближения соединяемых поверхностей. Поэтому в любом случае для сварки обязательно потребуется затратить энергию активации  $W_n$ , например в виде теплоты (термическая активация) или упругопластической деформации (механическая активация).

Образование монолитного соединения в реальных условиях затруднено из-за наличия на поверхностях деталей микронеровностей, оксидных пленок, адсорбированных газов, различного рода загрязнений.

При сварке пластмасс на их поверхности происходит объединение молекулярных цепей.

В зависимости от характера вводимой энергии все сварочные процессы можно отнести к термическим (Т), термомеханическим (ТМ) и механическим (М) методам (табл.1).

Таблица 1- Классификация видов сварки

Виды сварки	Класс		
	термический	термомеханический	механический
	Дуговая Электрошлаковая Электронно-лучевая Плазменная Ионно-лучевая Тлеющим разрядом Световая Индукционная Газовая Термитная Литейная	Контактная Диффузионная Индукционно-прессовая Газопрессовая Дугопрессовая Шлакопрессовая Термокомпрессионная Печная	Холодная Взрывом Ультразвуковая Трением Магнитно-импульсная

При термических методах сварки с помощью внешнего источника нагрева кромки расплавляются, образуя так называемую сварочную ванну. Расплавление металла способствует его объединению в единое целое.

После прекращения поступления теплоты к сварочной ванне (удаление источника теплоты или его отключение) происходят быстрое охлаждение и последующая кристаллизация расплавленного металла при максимальном теплоотводе в стенки ванны. Процесс кристаллизации заканчивается образованием монолитного шва, который связывает свариваемые детали в единое целое. Аналогично при пайке вследствие кристаллизации припоя, заполняющего зазор между деталями и смачивающего нагретые поверхности, образуется паяное соединение.

При механических методах сварки необходимо приложить давление, под влиянием которого в месте сварки возникают значительные упруго-пластические деформации, вызывающие разрушение оксидной пленки, смягчение микронеровностей, обеспечение физического контакта и образование между атомами прочных связей, соответствующих связям при расстоянии между ними, равном параметру кристаллической решетки.

При термомеханических методах сварки металл в месте соединения деталей нагревается от внешних источников теплоты до температуры плавления или пластического состояния. Нагревание позволяет снизить удельное давление, уменьшить величину минимальной относительной деформации, необходимой для сварки.

В соответствии с термодинамическим определением процессов сварки основными признаками для их классификации должны служить форма вводимой энергии, наличие давления и вид инструмента — носителя энергии, на основании чего классифицируют виды сварки.

Кроме того, сварку классифицируют и по другим признакам:

- по способу защиты металла в зоне сварки (сварка на воздухе, в вакууме, в защитном газе, под флюсом и т. п.);
- по непрерывности сварки (непрерывные и импульсные процессы);
- по степени механизации (ручная, механизированная, автоматическая);
- по технологическим отличиям (вид электрода или дуги, род сварочного тока, полярность, тип и количество электрических дуг и т. п.).

*Свариваемость* — технологическое свойство материалов (металлов) или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям к ним. Это определение следует отличать от свариваемости как простой возможности получить соединение.

Свариваемость — сложное, комплексное свойство материала. Она в основном определяется типом и свойством структуры, возникающей в сварном соединении при сварке. При сварке однородных металлов и сплавов в месте соединения, как правило, образуется структура, идентичная или близкая структуре соединяемых заготовок. При сварке разнородных материалов в зависимости от различия их физико-химических свойств в месте соединения образуется твердый раствор с решеткой одного из материалов либо химическое или интерметаллидное соединение с решеткой, резко отличающейся от решеток исходных материалов. Механические и физические свойства твердых растворов (особенно химических или интерметаллидных соединений), например твердость, пластичность, электропроводность и другие свойства, могут значительно отличаться от свойств соединяемых материалов. Различие свойств может также вызываться образованием закалочных структур в зоне сварного соединения материалов вследствие локального высокотемпературного сварочного нагрева и быстрого охлаждения. Наличие хрупких и твердых структур в сварном соединении в условиях действия сварочных напряжений в ряде случаев приводит к возникновению трещин в шве или в околошовной зоне. В последнем случае материалы относят к категории удовлетворительно или плохо сваривающихся.

По мере совершенствования технологии сварки и разработки новых способов сварки с использованием интенсивных высокотемпературных

источников теплоты, высоких давлений, глубокого вакуума, промежуточных сред и материалов и т. п. удастся получать работоспособные в отношении заданных свойств соединения плохо сваривающихся материалов. При этом возможна также сварка некоторых сочетаний материалов, ранее считавшихся практически несваривающимися.