

ГБПОУ МО «Раменский колледж»  
преподаватель Богданов Сергей Викторович

# *Сварочное производство*

2024 ГОД

**Сварка** — процесс получения неразъёмного соединения за счет расплавления и совместной кристаллизации двух свариваемых материалов или без расплавления в результате электронного взаимодействия в зоне контакта свариваемых материалов



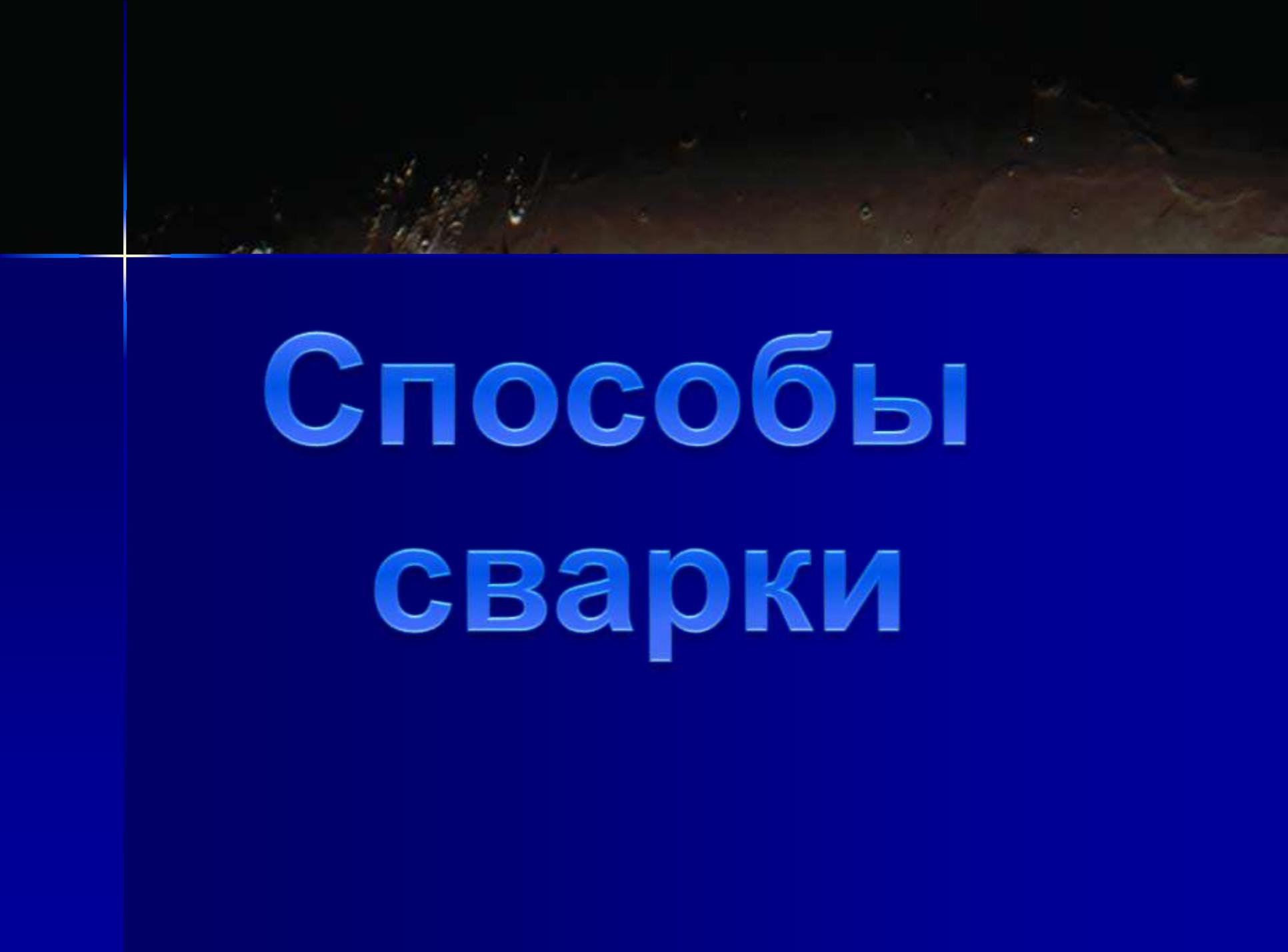
Сварку применяют в машиностроении вместо литья, штамповки или обработки металлов резанием для изготовления отдельных машинных узлов, служащих заготовками, и для окончательной сборки машин. Сварку осуществляют двумя способами: плавлением и давлением.

При выборе способа сварки необходимо учитывать чувствительность свариваемых материалов к тепловому воздействию. Сварка в машиностроении должна отвечать ряду требований.

Сварные соединения должны обладать точным взаиморасположением, а в ряде случаев должны быть герметичными, стойкими против коррозионного разрушения, обладать прочностью, хорошо сопротивляться воздействию ударных, вибрационных нагрузок, резкой смене температур.

**Свариваемость** – способность материалов образовывать сварные соединения.

Свариваемость оценивается степенью сходства свойств шва и основного металла, соответствием шва конструкторским и иным требованиям, склонностью шва к образованию сварочных дефектов.



# Способы сварки

# Сварка плавлением

При сварке плавлением расплавляют кромки заготовок, в результате образуется общая сварочная ванна расплавленного металла. После застывания формируется сварной шов.

# *Сварка плавлением включает в себя*

- ☑ дуговую сварку
- ☑ ручную дуговую сварку
- ☑ автоматическую и полуавтоматическую дуговую сварку под флюсом
- ☑ сварку в среде защитных газов
- ☑ плазменную сварку
- ☑ электрошлаковую сварку
- ☑ сварку в вакууме
- ☑ газовую сварку

# Дуговая сварка

Источником теплоты при *дуговой сварке* является электрическая дуга. В зависимости от числа сварочных электродов и их подключения различают следующие схемы сварки:

- сварка прямой дугой, при которой в электрическую цепь подключены электрод и свариваемые заготовки. Электрическая дуга возникает между электродом и свариваемыми заготовками. Сварной шов получается за счет плавления электрода или присадочного прутка. Возможны три варианта сварки: сварка переменным током; сварка постоянным током, прямое включение (электрод подключен к отрицательному полюсу источника тока); сварка постоянным током, обратное включение (электрод подключен к положительному полюсу источника тока);
- сварка косвенной дугой — два электрода включены в цепь переменного тока, дуга возникает между электродами;
- сварка трехфазной дугой — дуга возникает между двумя электродами и заготовками.

*Электрическая дуга* —  
мощный, стабильный разряд в  
ионизированной атмосфере  
газов и паров металла.



# *Ручная дуговая сварка (РДГ)*



Выполняется электродами с электродным покрытием (обмазкой).

При дуговой сварке электродами со стабилизирующим тонким покрытием возможно взаимодействие находящегося в расплавленном состоянии металла сварочной ванны с кислородом и азотом воздуха, что приводит к изменению химического состава и ухудшению механических свойств и коррозионной стойкости швов.

Ручную дуговую сварку применяют для соединения металлов толщиной от 1 мм и выше в любых пространственных положениях любой протяженности и при любой конфигурации швов.

Ручной дуговой сваркой сваривают стали, серые чугуны, алюминиевые и медные сплавы и некоторые титановые сплавы с применением специальных покрытий.



## *Автоматическая и полуавтоматическая сварка под слоем флюса*

При автоматической сварке возбуждение дуги, поддержание дугового разряда и перемещение дуги в направлении шва осуществляют автоматически. Автомат состоит из сварочной головки, тележки, механизмов перемещения тележки и подачи проволоки, размещенных на тележке, и кассеты с проволокой.

К проволоке подводят ток через токоподводящий мундштук в непосредственной близости от дуги, благодаря чему можно значительно увеличить плотность тока без опасения перегрева проволоки. При применении больших плотностей тока значительно увеличивается скорость расплавления электродной проволоки и глубина проплавления свариваемого металла, а вместе с тем повышается и производительность процесса. Качество шва при автоматической сварке выше, чем при ручной и полуавтоматической, процесс более экономичен.

Автоматическую сварку можно проводить неплавящимся вольфрамовым или угольным электродом и плавящимся электродом.

Автоматическая сварка неплавящимся угольным электродом имеет ограниченное применение. Вольфрамовые электроды применяют главным образом для автоматической сварки в защитных газах металлов малых толщин.

Автоматическая сварка плавящимся электродом проводится сварочной проволокой диаметром от 1 до 6 мм, намотанной в кассету и подаваемой из нее в сварочную головку.



# Полуавтоматическая сварка

При **полуавтоматической сварке** плавящимся электродом механизмируют операцию подачи сварочной проволоки (диаметром от 0,8 до 2 мм) в зону дуги. Для подачи проволоки используют подающий механизм, с помощью которого проволоку из кассеты подают к сварочной головке (держателю, пистолету). Манипуляция дугой для поддержания заданного режима, придания шву нужной формы и перемещения дуги по шву осуществляется вручную.

- ▶ При полуавтоматической сварке металл шва защищают от доступа воздуха слоем *флюса* или струей газа.



- ▶ Полуавтоматическая сварка обладает большей производительностью, чем ручная, она применяется главным образом для сварки коротких и криволинейных швов на горизонтальных и наклонных плоскостях.

# СВАРКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ



При сварке в атмосфере защитных газов или газоэлектрической сварке электрод, зону дуги и сварочную ванну защищают струей защитного газа. Газ подают с помощью сварочной горелки через сопло (из керамики или меди), в центре которого помещают электрод.

- ◆ **Защитные газы, как правило, обладают хорошей ионизирующей способностью, поэтому обеспечивают стабильное горение дуги, в том числе и при малых сварочных токах.**
- ◆ **В качестве защитных газов применяют инертные газы (аргон и гелий) и активные газы (углекислый газ, азот, водород и др.), иногда — смеси двух газов или более. У нас в стране наиболее распространен аргон и углекислый газ**
- ◆ **Эти способы сварки можно использовать для соединения практически всех металлов. Возможность проводить сварку плавящимся и неплавящимся электродом определяет и широкий диапазон толщин свариваемого материала.**

## К достоинствам дуговой сварки в защитных газах относятся:

- ◆ высокая производительность процесса;
- ◆ широкие возможности автоматизации;
- ◆ надежность защиты сварочной ванны и отсутствие необходимости во флюсах и покрытиях;
- ◆ высокая степень концентрации теплоты сварочной дуги и возможность наблюдать за открытой дугой, что облегчает управление процессом;

Защитный газ выбирают исходя из состава и чувствительности свариваемых металлов к примесям, содержащимся в газе.

# СВАРКА В ВАКУУМЕ

*Сущность способа диффузионной сварки в вакууме заключается в следующем: свариваемые заготовки помещают на стол в камеру в которой создают вакуум  $0,13...0,0013$  МПа, и сдвливают их небольшим усилием при помощи штока поршня гидроцилиндра.*



*Затем заготовки нагревают нагревателем и выдерживают некоторое время при заданной температуре. Время выдержки и температура нагрева определяются родом свариваемого металла, размерами и конфигурацией свариваемых заготовок. После медленного охлаждения (на камере закреплен трубопровод, по которому пропускают воду) давление снимают.*

# Достоинства диффузионной сварки:

- 1. Для образования соединения не нужно применять припои, флюсы, электроды и прочие вспомогательные материалы.*
- 2. Возможность соединять заготовки не только по плоским, но и по рельефным поверхностям — коническим, сферическим и другой сложной формы.*
- 3. Возможность применения для сварки магнитных сплавов. Методом диффузионной сварки изготавливают биметаллические, триметаллические и тетраметаллические детали.*

При диффузионной сварке соединение образуется в результате взаимной диффузии атомов в поверхностных слоях контактирующих металлов

*Диффузионную сварку чаще выполняют в вакууме, но она возможна и в атмосфере инертных и защитных газов.*

*Установки для диффузионной сварки в вакууме состоят из камеры вакуумной системы для создания требуемого вакуума в камере, системы сжатия заготовок и аппаратуры управления.*



# ГАЗОВАЯ СВАРКА



*При газовой сварке в качестве источника тепла используют газовое пламя, образующееся при сгорании какого-либо горючего газа, а также паров бензина, бензола и др., в атмосфере технически чистого кислорода. При этом высокотемпературным пламенем горелки расплавляют кромки заготовок и присадочный материал, применяемый в виде прутка или проволоки.*

Для газовой сварки сталей присадочную проволоку выбирают в зависимости от состава сплава свариваемого изделия. Для сварки чугуна применяют специальные литые чугунные стержни; для наплавки износостойких покрытий — литые стержни из твердых сплавов. Для сварки цветных металлов и некоторых специальных сплавов используют флюсы, которые могут быть в виде порошков и паст; для сварки меди и ее сплавов — кислые флюсы (буру, буру с борной кислотой); для сварки алюминиевых сплавов — бескислородные флюсы на основе фтористых, хлористых солей лития, калия, натрия и кальция.



При увеличении толщины металла производительность газовой сварки резко снижается, свариваемые изделия значительно деформируются. Это ограничивает применение газовой сварки.

# Сварка давлением

---

При сварке давлением заготовки соединяются путем совместной пластической деформации поверхностей. В процессе деформаций сминаются микронеровности, разрушаются и удаляются оксидные пленки, обеспечивается плотный контакт между заготовками и условия для действия межатомных сил. Для снижения сопротивления деформации зону сварки обычно нагревают.

# Сварка давлением включает в себя:

---

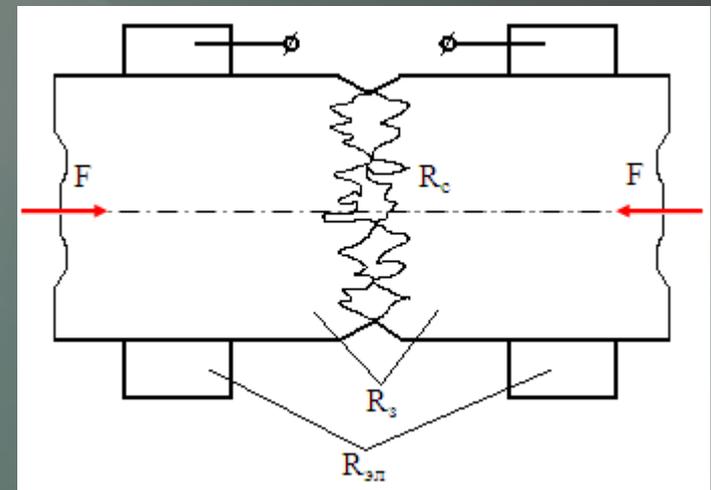
- Электрическую контактную сварку;
- Стыковую сварку;
- Точечную сварку;
- Шовную (роликовую) сварку;
- Холодную сварку;
- Сварку трением;
- Ультразвуковую сварку;
- Сварку взрывом.

# Электрическая контактная сварка

Контактная сварка – это сварка давлением с кратковременным нагревом места соединения.

Место соединения разогревается проходящим по металлу электрическим током (рис. 3.35), при этом наибольший нагрев наблюдается в стыке заготовок:  $R_3 + R_M \ll R_c$ , где  $R_3$  — омическое сопротивление заготовки;  $R_{3A}$  — омическое сопротивление электрической цепи сварочного станка;  $R_c$  — омическое сопротивление стыка заготовок. В результате высокой плотности тока в зоне контакта металл разогревается до термопластического состояния или оплавления.

При непрерывном сдавливании заготовок происходит сближение поверхностей до расстояний меньших межатомных — происходит сварка.



# Стыковая сварка

При стыковой сварке заготовки соединяются по всей поверхности соприкосновения.

Процесс сварки идет в три этапа:

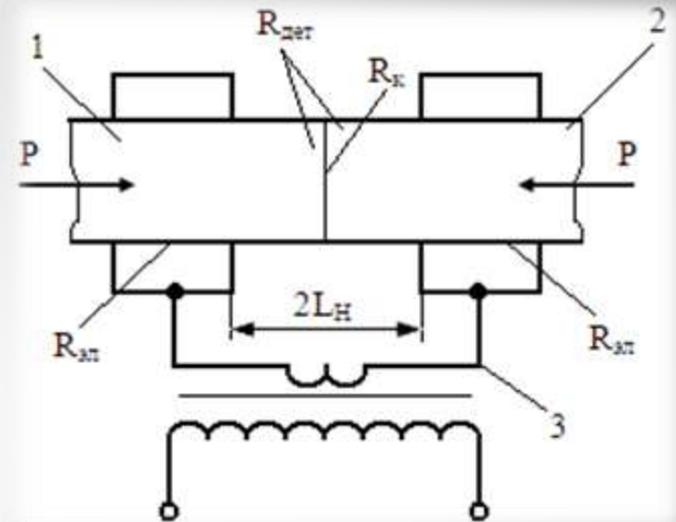
1. Предварительный прижим заготовок;
2. Разогрев торцов;
3. Проковка (прижим заготовок и выдержка);

Различают сварку сопротивлением и сварку оплавлением

## Сварка сопротивлением

Свариваемые сечения должны иметь простую форму (круг, квадрат, кольцо). Максимальная площадь сечения не должна превышать  $100 \text{ мм}^2$ .

При стыковой сварке сопротивлением заготовки  $I$  и  $2$ , предварительно плотно сжатые силой  $P$ , включают в цепь трансформатора  $3$ , нагревают до пластического состояния протекающим током и сдавливают, причем сварка происходит по всей плоскости касания. Перед сваркой торцы свариваемых заготовок должны быть очищены от оксидных пленок и обработаны таким образом, чтобы между ними был плотный контакт.



# Сварка оплавлением

При стыковой сварке оплавлением между торцами свариваемых заготовок оставляют зазор, затем к ним подводят напряжение от сварочного трансформатора и заготовки сближают до соприкосновения. При дальнейшем разведении заготовок на их торцах возникают искровые разряды, которые оплавляют металл. После оплавления всего сечения торца заготовки быстро сдавливают, расплавленный металл вытесняют из зазора между заготовками, и образуется сварное соединение по всей плоскости касания.

# Точечная сварка

*Точечная сварка* — вид контактной сварки, при которой заготовки соединяют в отдельных точках, причем одновременно можно сваривать одну, две или несколько точек. Положение точек определяется размещением электродов точечной машины. Точечная сварка может быть двусторонней или односторонней. При двусторонней сварке необходимый нагрев осуществляется всем током, протекающим между электродами, расположенными по обе стороны заготовок; при односторонней сварке ток распределяется между верхней и нижней заготовками и медной подкладкой; нагрев осуществляется током, протекающим через нижнюю заготовку и медную подкладку, применяемую для увеличения этого тока. Обычно точечную сварку выполняют как одноимпульсную сварку с постоянным давлением.

Процесс сварки идет в три этапа: предварительный прижим заготовок, разогрев торцов, проковка (прижим заготовок и выдержка). Различают сварку в мягких и жестких режимах (табл. 1). Мягкие режимы применяются в бытовых сварочных машинах. В промышленности применяют жесткие режимы, что позволяет сваривать коррозионно-стойкие стали, алюминиевые и медные сплавы.

*Точечная сварка* позволяет соединять листовые и иные заготовки внахлест. Перед началом сварки контактные поверхности зачищают и обезжиривают.

**Таблица 1. Режимы контактной сварки**

<b>Режим</b>		<b>Усилие на электродах, кН</b>	<b>Время протекания тока, с</b>
Мягкий	80... 160	0,6... 12,0	0,5...3,0
Жесткий	120...360	0,9...35,0	0,001...0,01

# Холодная сварка

---

Один из наиболее простых способов получения неразъемных соединений — это *холодная сварка*. Соединение металлов происходит при совместном деформировании свариваемых частей заготовок (сварка давлением) без их нагрева. При деформировании частей заготовки силой осадки разрушаются оксидные пленки, сминаются выступы микронеровностей. Заготовки сближаются на расстояния, при которых действуют межатомные силы.

Способ позволяет сваривать заготовки из однородных или разнородных сплавов, обладающих высокой пластичностью. При сварке малопластичных сплавов возможно применение пластичных прокладок (из алюминия, меди, никеля).

Не рекомендуется обрабатывать поверхности абразивным инструментом или химическим травлением, так как это тормозит развитие пластической деформации.

Холодной сваркой выполняют стыковые, нахлесточные и тавровые соединения. Перед сваркой с поверхностей заготовок удаляются крупные неровности. Для этого используются вращающиеся проволочные щетки.

# Основные достоинства холодной сварки

---

- ◎ Отсутствие плавления или нагрева заготовок
- ◎ Малые затраты энергии
- ◎ Высокая производительность
- ◎ Простота, надежность и портативность оборудования

# Сварка трением

Если жестко закрепить одну деталь в другой, а вторую, прижав к ней, вращать, то за счет механической работы сил трения в месте прикосновения детали сильно разогреются, оплавятся и сварятся.

Способ достаточно экономичный. Автоматизированные установки для сварки трением потребляют энергии в 10 раз меньше, чем установки для контактной сварки. Соединяются детали за считанные секунды.

Этот способ позволяет сваривать разнородные материалы: медь и алюминий, медь и сталь, алюминий и сталь и т.д.

# Процесс образования сварочного соединения:

- 1) Вследствие действия сил трения сдираются оксидные пленки;
- 2) Наступает разогрев кромок свариваемого металла до пластичного состояния, возникает временный контакт, происходит его разрушение и высокопластичный металл выдавливается из стыка;
- 3) Прекращение вращения с образованием сварочного соединения.

Сварка трением является разновидностью сварки давлением, при которой механическая энергия, подводимая к одной из свариваемых деталей, преобразуется в тепловую; при этом генерирование теплоты происходит непосредственно в месте будущего соединения.

# Заключение

Сварочное производство давно стало одной из важнейших отраслей экономики всего мира. Это очень наукоемкий сегмент, развитие которого обеспечивается активной разработкой новых технологий для постоянного расширения сфер применения сварки.

Современное сварочное производство характеризуется высоким удельным весом технологических ноу-хау, сварочные комплексы отличаются максимальной автоматизацией и роботизацией. Кроме непосредственно сварочных функций такие комплексы могут заменять человека также области диагностики, управления и контроля всего производственного процесса, связанного со сваркой.