

ОСНОВЫ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА



Сварка - это один из ведущих технологических процессов обработки металлов. Большие преимущества сварки обеспечили её широкое применение в промышленности. С помощью сварки осуществляется производство судов, турбин, котлов, самолётов, мостов, реакторов и других необходимых конструкций.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого.

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



При сварке плавлением атомно-
молекулярные связи между деталями
создают, оплавляя их примыкающие
кромки, так, чтобы получилась
смачивающая их, общая ванна.

Эта ванна затвердевает при охлаждении
и соединяет детали в одно целое.

Как правило, в жидкую ванну вводят
дополнительный металл, чтобы
полностью заполнить зазор между
деталями, но возможна сварка и без
него.

Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом

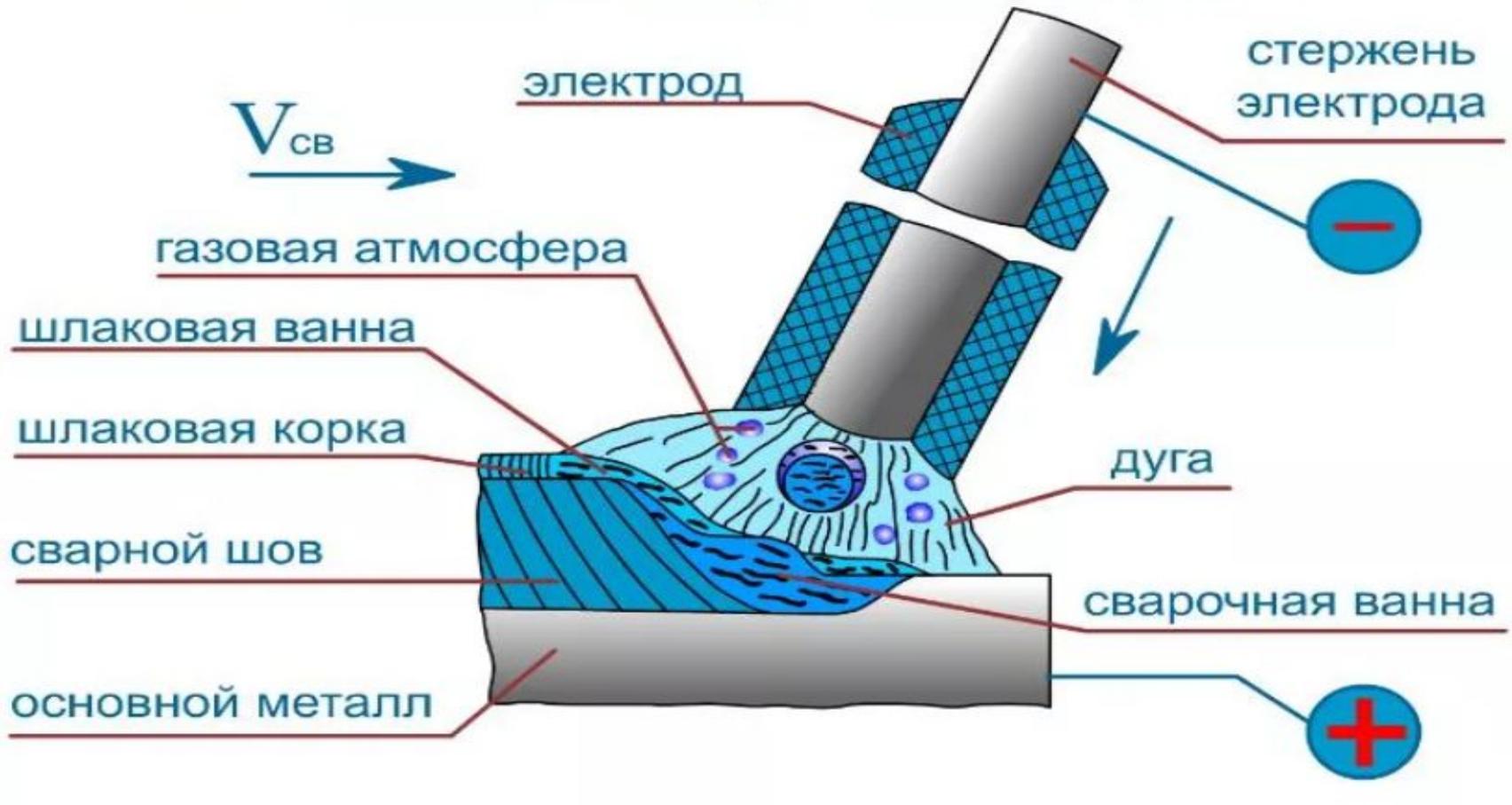


Схема сварки плавлением

При сварке давлением обязательным является совместная пластическая деформация деталей сжатием зоны соединения.

Этим обеспечивается очистка свариваемых поверхностей от пленок загрязнений, изменение их рельефа и образование атомно-молекулярных связей.

Пластической деформации обычно предшествует нагрев, так как с ростом температуры уменьшается значение деформации, необходимой для сварки и повышается пластичность металла.

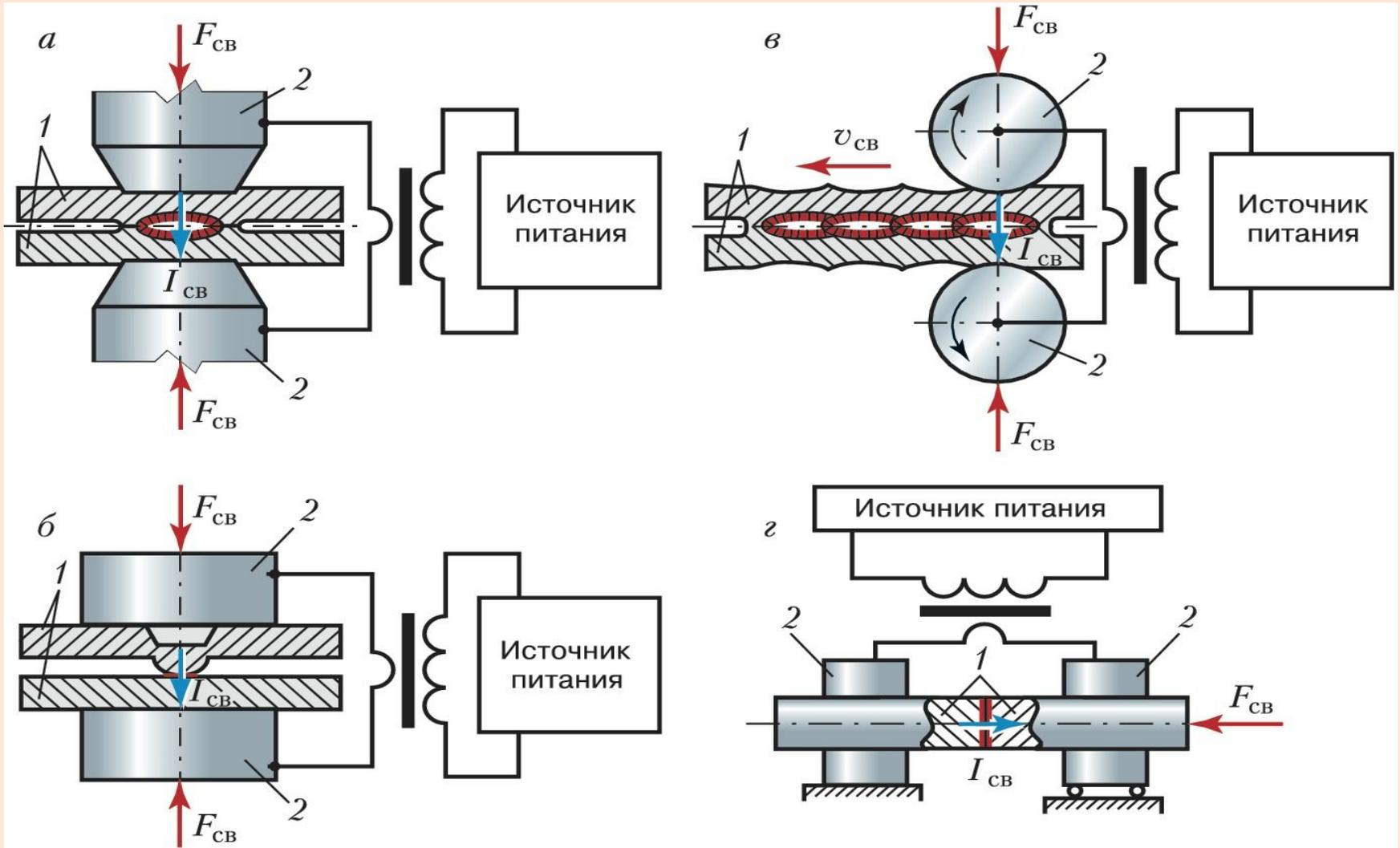


Схема сварки давлением

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

**Свариваемость оценивается
степенью соответствия шва
одноименным свойствам
основного металла,
конструкторским требованиям,
склонностью к образованию
сварочных дефектов
(пор, трещин)**

**По признаку свариваемости
конструкционные материалы можно
разделить:**

- **хорошо свариваемые (обычно однородные сплавы со структурой шва, идентичной заготовки)**
- **удовлетворительно свариваемые (обычно сплавы с разными физико-химическими свойствами)**
- **плохо свариваемые (материалы, не вступающие во взаимодействие друг с другом)**

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ СВАРКИ

I .По состоянию металла в процессе сварки:

- 1) Сварка плавлением;
- 2) Сварка давлением;

II. По виду энергии, используемой для нагрева свариваемых частей:

2.1) Электрическая:

- а) дуговая;
- б) контактная;
- в) электрошлаковая;
- г) индукционная;
- д) плазменная;

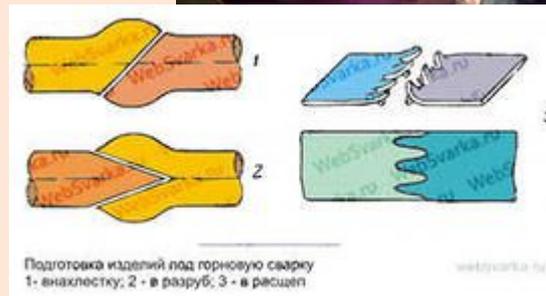
2.2 Химическая

- а) газовая;
- б) термитная;



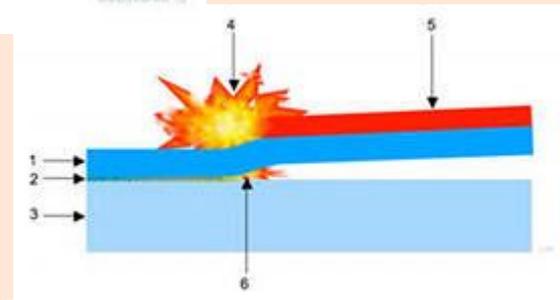
2.3 Механическая

- а) горновая (кузнечная);
- б) холодная давлением;
- в) трением;
- г) взрывом;
- д) ультразвуком;



2.4 Лучевая:

- а) электронно-лучевая;
- б) лазерным лучом;
- в) гелиосварка (сварка солнечными лучами)



1. СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ

1.1 Дуговая сварка

Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом (катодом) и заготовкой (анод).

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



Зажигание дуги при ручной дуговой сварке происходит в три этапа:

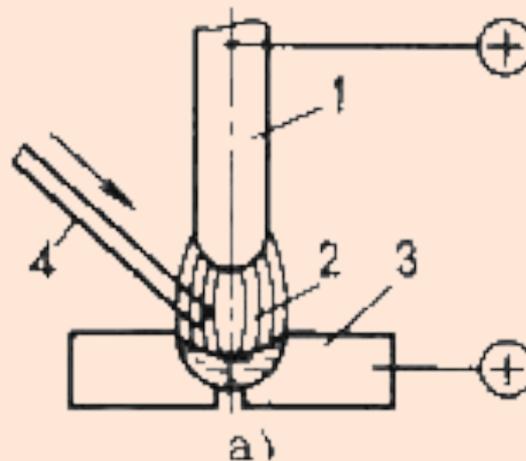
- 1. Короткое замыкание электрода на заготовку**
- 2. Отвод электрода от заготовки на 3-6 мм**
- 3. Возникновение устойчивого дугового разряда**

При коротком замыкании разогревается конец электрода и воздушное пространство вокруг него. После отвода электрода с его разогретого конца начинается эмиссия электронов и зажигается дуга.

ВИДЫ ДУГОВОЙ СВАРКИ

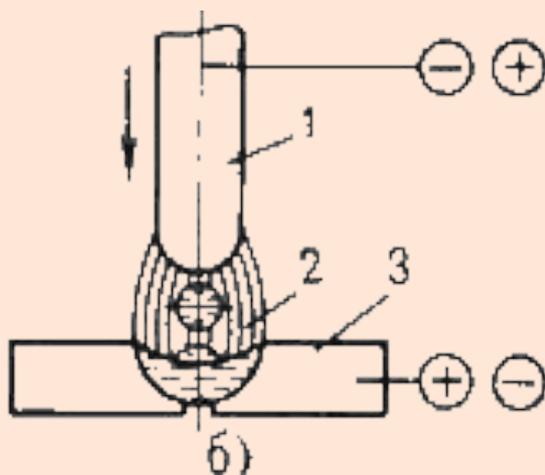
1.1.1. Сварка неплавящимся электродом прямого действия

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



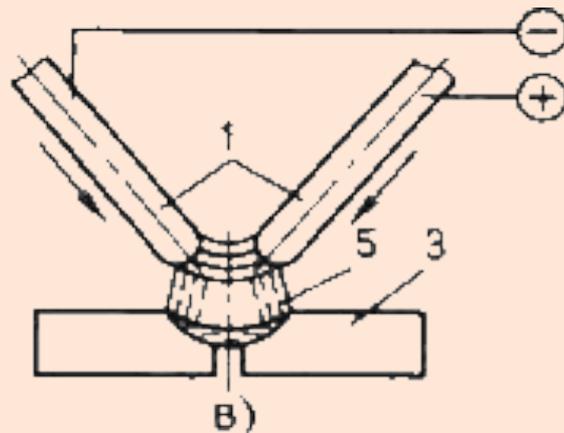
1.1.2 Сварка плавящимся электродом прямого действия

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



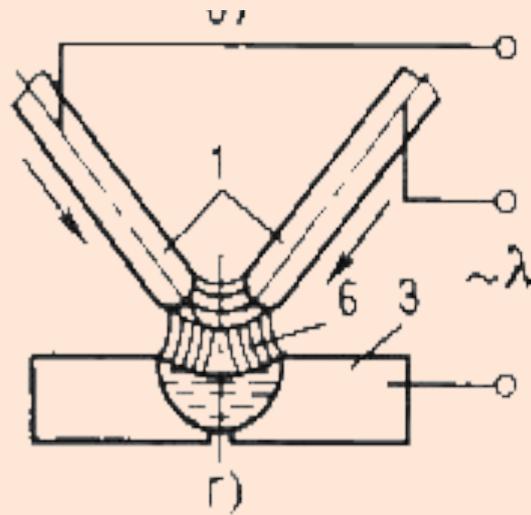
1.1.3 Сварка косвенной дугой

сварка косвенной дугой 5, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги

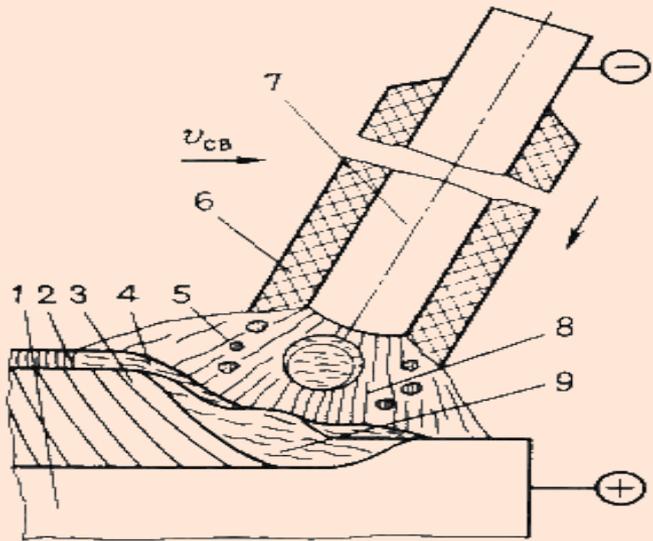


1.1.4 Сварка трехфазной дугой

Сварка трехфазной дугой , при которой дуга δ горит между каждым электродом и основным металлом Γ



РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА



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

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

Температура катода(электрода) и анода
составляет соответственно 2400 °С и 2600 °С

Температура дуги 6000 °С - 7000 °С

Электроды. Состав покрытия

В зависимости от толщины свариваемого изделия
используется проволока 0.3 ... 12 мм

Покрытие толщиной 0.7 ... 2.5 мм



Электродная проволока

Делится на три группы по хим. составу:

- Углеродистая (до 0.12 %C) Предназначена для сварки низко и средне углеродистых сталей, некоторых низколегированных сталей
- Легированная Предназначена для сварки соответствующих легированных сталей
- Высоколегированная Предназначена для сварки специальных сталей, для наплавки.

Электродные покрытия. Назначение и состав.

В электродное покрытие входит несколько элементов, различного назначения:

1) Ионизирующие элементы

Элементы облегчают возбуждение сварочной дуги и поддерживают ее стабильное горение Пример: K_2CO_3 ; $CaCO_3$ (мел)

2) *Защитные элементы*

Элементы защищают сварочную ванну от контакта с газами атмосферы. Что, в свою очередь, препятствует возникновению окислов металла. Пример: K_2CO_3 ; $CaCO_3$; крахмал; целлюлоза.

3) *Шлакообразующие элементы* образуют шлак, который затвердевает на поверхности шва и защищает еще горячий шов от воздействия атмосферы. Пример: K_2CO_3 ; CaF_2 .

4) *Раскислители* улучшают качество металла сварного шва (делают зерно металла мельче, как следствие, шов менее хрупкий) Пример: Mn, в зависимости от вида сталей - Si, Al

5) *Легирующие элементы* позволяют получить различные полезные свойства, распространенный легирующий элемент - хром

6) *Связывающий элемент* позволяет наносить на электродную проволоку смесь всех элементов Пример: Na_2O SiO_2 (жидкое стекло)

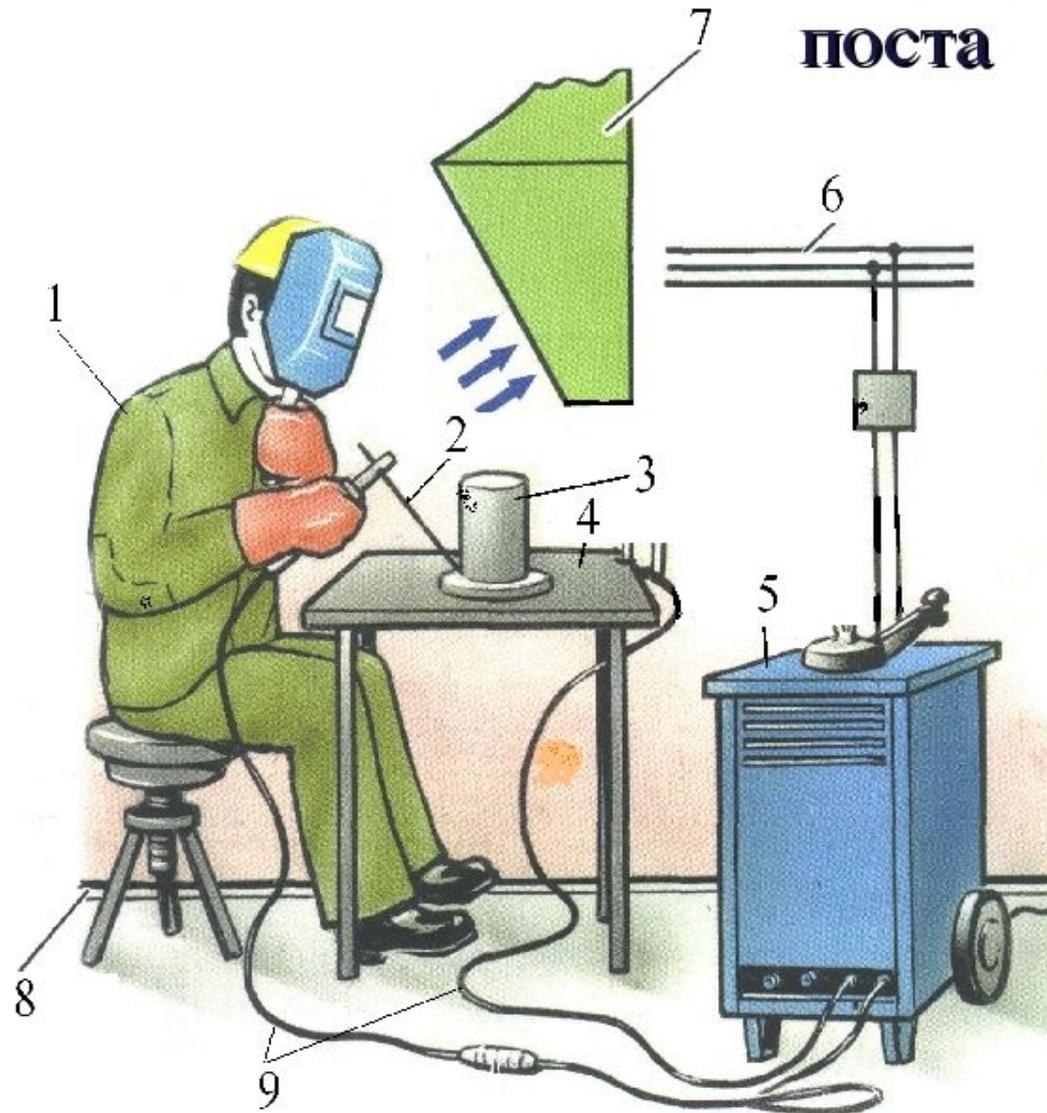
Преимущества.

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

Оборудование для ручной сварки:

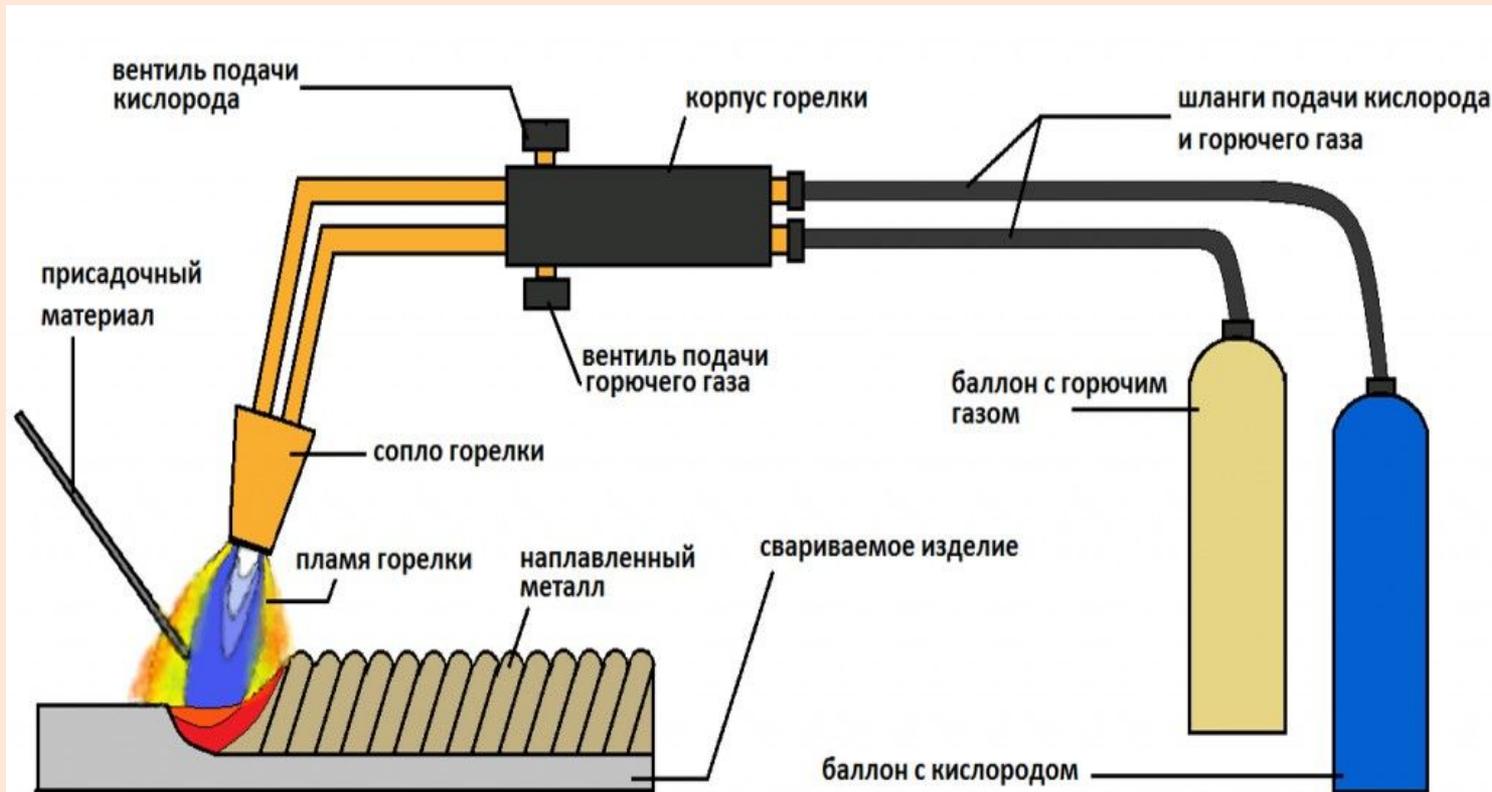
- ⊙ источник питания дуг(сварочные аппараты, генераторы и выпрямители)
- ⊙ электрод
- ⊙ электрододержатель,
- ⊙ гибкие провода
- ⊙ защитная маска или щиток

Общий вид типового сварочного поста



- 1- сварщик;
- 2 – электрод;
- 3 – свариваемые детали;
- 4 – сварочный стол;
- 5 – трансформатор;
- 6 – сеть электропитания;
- 7 – зонт местной вытяжки;
- 8 – шины заземления;
- 9 – сварочные кабели

ГАЗОВАЯ СВАРКА



Процесс газовой сварки состоит в нагревании кромок деталей в месте их соединения до расплавленного состояния пламенем сварочной горелки. Для нагревания и расплавления металла используется высокотемпературное пламя, получаемое при сжигании горючего газа (бутан, ацетилен) в смеси с технически чистым кислородом. Температура в зоне сварке $T=3150^{\circ}\text{C}$

Технология сварки

Выбор способа сварки зависит от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве.

Правый способ используется преимущественно при сварке металла толщиной более 4 мм; левый – при сварке металла толщиной менее 4 мм. Сварка в нижнем положении возможна как правым, так и левым способом. Вертикальные швы удобнее сваривать левым способом, горизонтальные и потолочные швы – правым



Способы газовой сварки



◎ **Преимущества**

простота используемого оборудования (не требуется источник электроэнергии)

универсальность метода, заключающаяся в возможности сварки в различных пространственных положениях всех видов соединений из разнообразных металлов и сплавов.

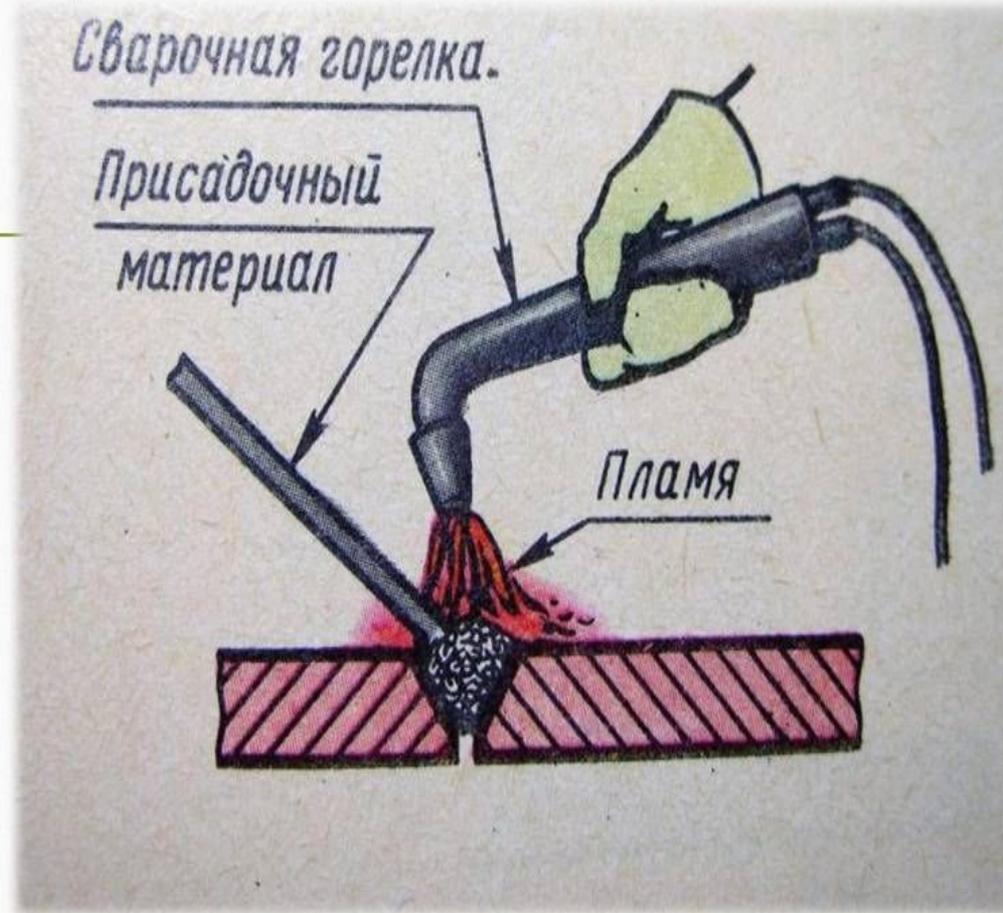
Недостатки

- ◎ К числу недостатков газовой сварки следует отнести невысокую производительность (скорость сварки), большую зону термического влияния,
- ◎ трудность автоматизации.

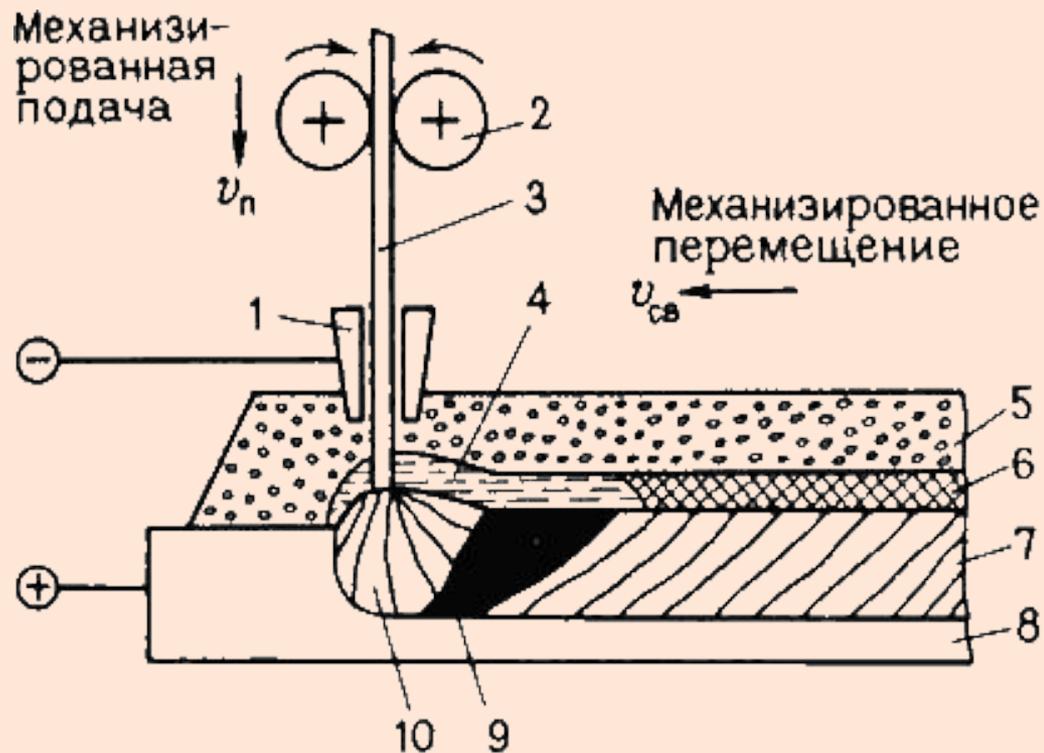
Газовую сварку применяют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали, монтаже труб малого диаметра, сварке соединений и узлов из тонкостенных труб, сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни, свинца и чугуна.

Наибольшее применение газовая сварка получила при строительном-монтажных и ремонтных работах.

Газовая сварка



АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ



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

Дуга *10* горит между проволокой *3* и основным металлом *8*. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла *9* со всех сторон плотно закрыты слоем флюса *5* толщиной 30...50 мм. Часть флюса плавится и образуется жидкий шлак *4*, защищающий жидкий металл от воздуха.

Качество защиты лучше, чем при ручной дуговой сварке. По мере поступательного движения электрода металлическая и шлаковая ванны затвердевают с образованием сварного шва *7*, покрытого твердой шлаковой коркой *6*. Проволоку подают в дугу с помощью механизма подачи *2*. Ток к электроду подводят через токопровод *1*.

Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла

Типовыми составляющими любого сварочного флюса являются кремнезём и марганец. Однако для целей легирования в состав флюсов могут включаться различные ферросплавы и металлы.

/

Преимущества автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной:

- 1.повышение производительности процесса сварки в 5...20 раз,
- 2.повышение качества сварных соединений
- 3.уменьшение себестоимости 1 м сварного шва.



- Сварочный флюс – гранулированный порошок с размером зерен 0,2–4 мм, предназначенный для подачи в зону горения дуги при сварке. Под действием высокой температуры флюс расплавляется, при этом создает газовую и шлаковую защиту сварочной ванны;
- обеспечивает стабильность горения дуги и переноса электродного металла в сварочную ванну;
- обеспечивает требуемые свойства сварного соединения;
- выводит вредные примеси в шлаковую корку.



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



ТИП СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Основными преимуществами сварных соединений являются:

- ⊙ экономия металла;
- ⊙ снижение трудоемкости изготовления корпусных деталей;
- ⊙ возможность изготовления конструкций сложной формы из отдельных деталей, полученных ковкой, прокаткой, штамповкой.

Сварным конструкциям присущи и некоторые недостатки:

- ⊙ появление остаточных напряжений;
- ⊙ коробление в процессе сварки;
- ⊙ плохое восприятие знакопеременных напряжений, особенно вибраций;
- ⊙ сложность и трудоемкость контроля.

Тип сварного соединения определяют взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделки) их кромок под сварку.

В зависимости расположения соединяемых деталей различают четыре основных типа сварных соединений:

⊙ СТЫКОВЫЕ



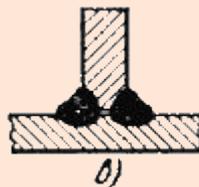
⊙ НАХЛЕСТОЧНЫЕ,



⊙ УГЛОВЫЕ

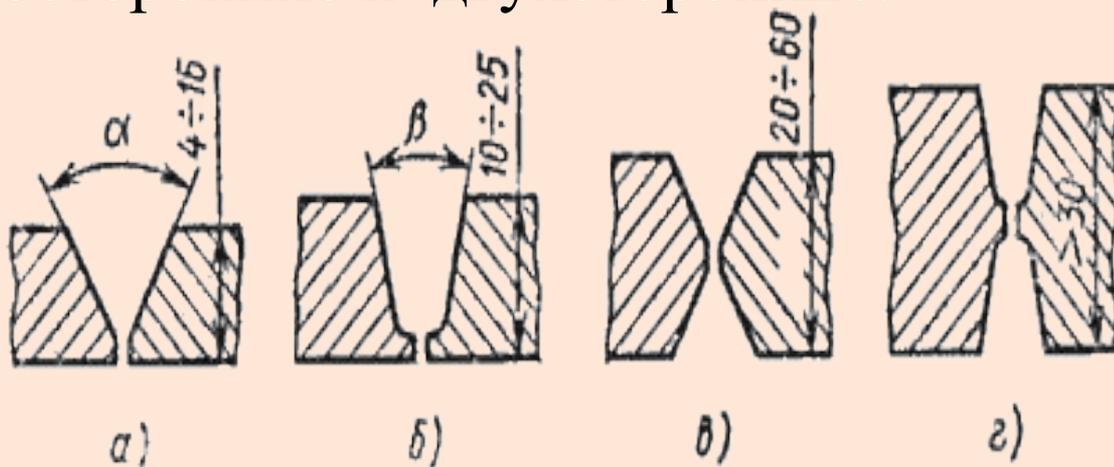


⊙ ТАВРОВЫЕ



Кромки разделяют в целях полного провара заготовок по сечению, что является одним из условий равнопрочности сварного соединения с основным металлом. Формы подготовки кромок под сварку различают V, К, Х – образные

По характеру выполнения сварные швы могут быть односторонние и двухсторонние.



а - V-образная; б - U -образная; в - X-образная; г - двусторонняя X-образная

СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ

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

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

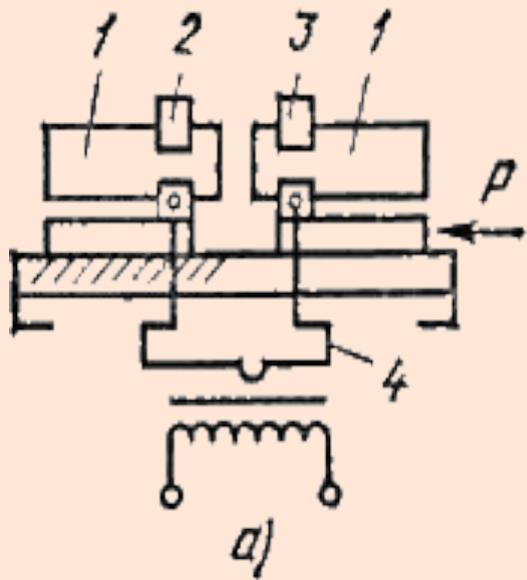
КОНТАКТНАЯ СВАРКА

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

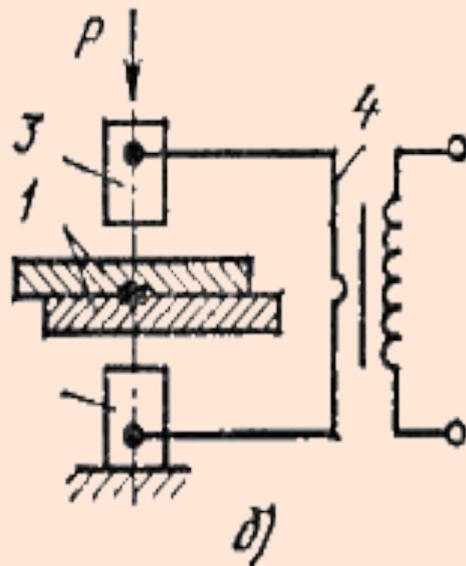
Сварка осуществляется на машинах, состоящих из источника тока, прерывателя тока и механизмов зажатия заготовок и давления.

По виду получаемого соединения контактную сварку подразделяют на точечную, шовную, стыковую.

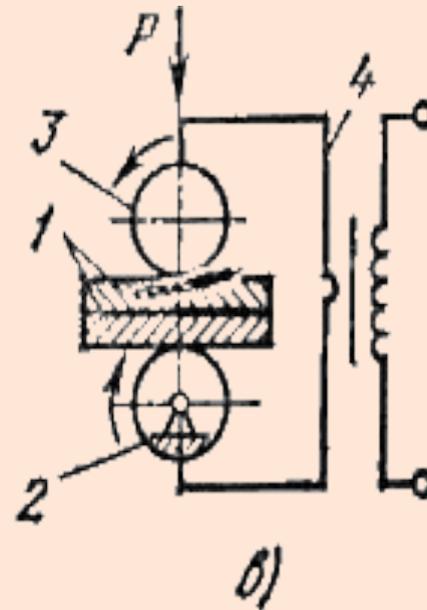
СХЕМЫ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ



Стыковая



Точечная



Шовная

Стыковая контактная сварка (а) – способ соединения деталей по всей плоскости их касания. Сварка применяется для соединения встык деталей типа стержней, толстостенных труб, рельсов и т.п

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

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

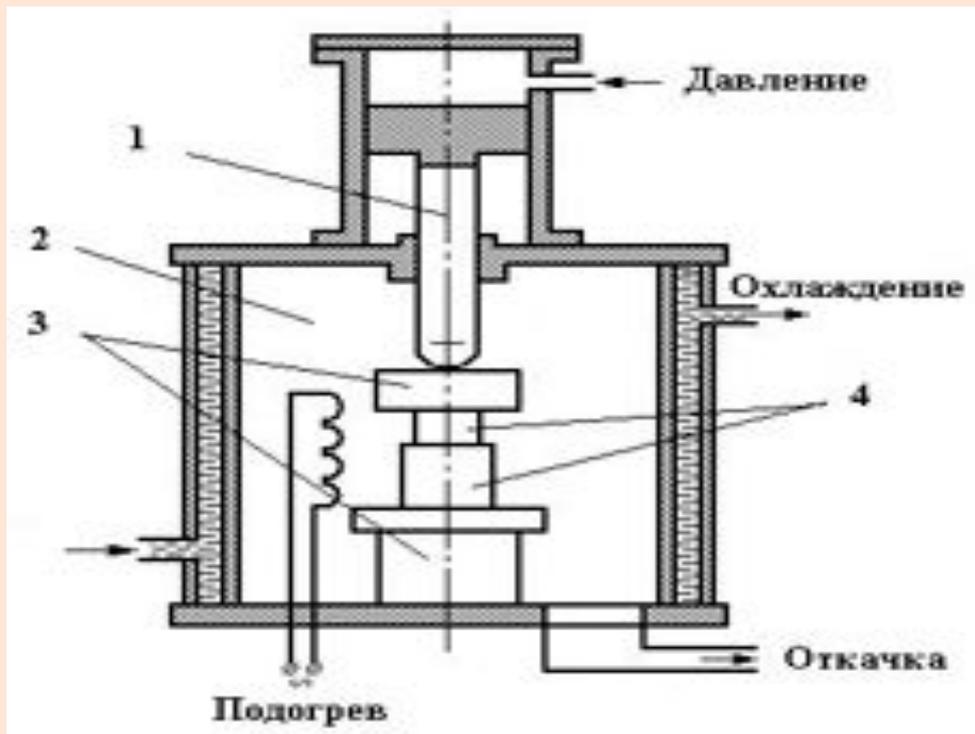
Шовная сварка обеспечивает получение прочных и герметичных соединений их листового материала толщиной до 5 мм.

ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА

Диффузионная сварка - способ сварки давлением в вакууме приложением сдвливающих сил при повышенной температуре.

Способ основан на использовании процесса диффузии металлов.

Сущность способа заключается в том, что свариваемые детали стыкуют, прижимают друг к другу, сдвливают, нагревают в вакууме и выдерживают в течение заданного времени. При этом в результате локальной пластической деформации и последующей диффузии материалов соединяемых деталей друг в друга образуется монолитное сварное соединение



Установка для диффузионной сварки включает:

- 1 силовой механизм
- 2 рабочая камера
- 3 опраки
- 4 свариваемые материалы

Свариваемые детали с тщательно зачищенными свариваемыми поверхностями помещаются в рабочую камеру.

В рабочей камере создается разрежение путем откачки атмосферного воздуха до давления 10^{-5} мм рт. ст.

Для повышения пластичности и ускорения процесса диффузии на свариваемые детали прикладывается небольшое сдавливающее усилие и они нагреваются до температуры 600° — 800°C .

Продолжительность процесса сварки составляет около 5 мин.

В результате нагрева свариваемых деталей в вакууме происходит интенсивное очищение поверхностей от окислов и органических загрязнений.

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Расход энергии при диффузионной сварке в 4...6 раз меньше, чем при сварке плавлением и при контактной сварке.
- Диффузионная сварка гигиенична: нет вредных излучений, брызг металла, мелкодисперсной пыли, как при многих других способах сварки.
- Но главное преимущество диффузионной сварки - это возможность образования соединения с минимальной деформацией деталей, не превышающей 5 %.
- Допуски на размеры деталей, полученных диффузионной сваркой, соизмеримы с допусками на механическую обработку.

НЕДОСТАТКИ

Промышленное применение диффузионной сварки ограничено наличием сложного дорогостоящего оборудования и невысокой производительностью, обусловленной временем откачки рабочей камеры, временем нагрева деталей, временем процесса диффузии, временем охлаждения

С помощью диффузионной сварки в вакууме получают высококачественные соединения керамики с медью, титаном, жаропрочных и тугоплавких металлов и сплавов, электровакуумных стёкол, оптической керамики, сапфира, графита с металлами, композиционных и порошковых материалов.

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

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

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

СВАРКА ТРЕНИЕМ

Сварка трением - способ сварки давлением при воздействии теплоты, возникающей при трении свариваемых поверхностей.

- Сваркой трением можно сваривать заготовки диаметром 0,75...140 мм.
- Преимущества способа: простота, высокая производительность, малая энергоемкость, стабильность качества соединения, возможность сварки заготовок из разнородных материалов.

СВАРКА ТРЕНИЕМ

Сварка трением это разновидность сварки давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным перемещением (вращением) одной из соединяемых частей свариваемого изделия

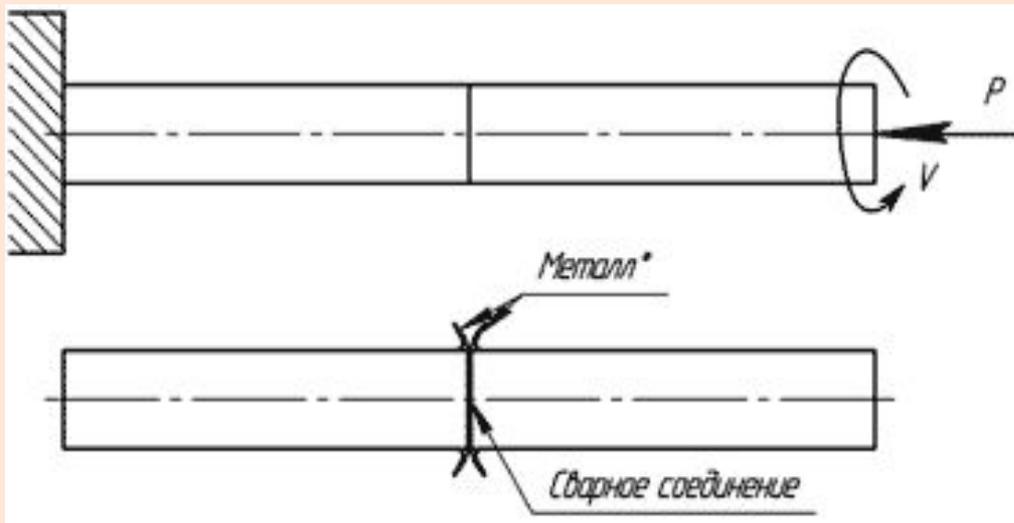


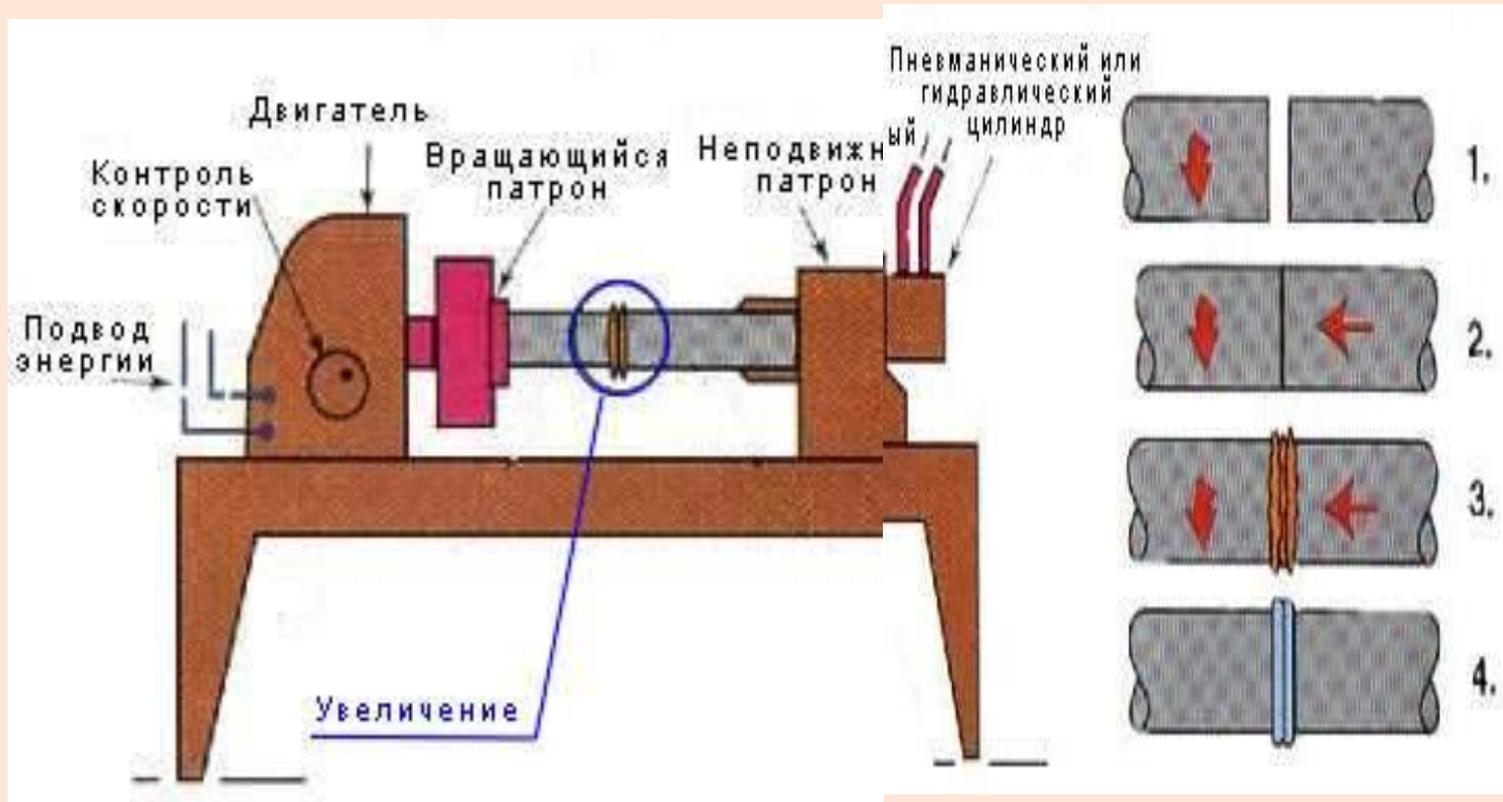
Схема сварки трением

Процесс образования сварного соединения:

Свариваемые заготовки устанавливают соосно в зажимах машины, один из которых неподвижен, а другой может совершать вращательное и поступательное движения. Заготовки сжимаются осевым усилием, и включается механизм вращения.

При достижении температуры 980...1300 °С вращение заготовок прекращают при продолжении сжатия.

Детали сдвигаются торцами под легким давлением. В результате трения образуется необходимое для сварки тепло. Когда поверхности торцев станут довольно пластичными, они сжимаются под большим давлением. Получается довольно чистое сварное соединение



Сварку трением используют в инструментальном производстве для изготовления сверл, метчиков, фрез.

Режущая часть инструмента из P18, P9 приваривают к державке (хвостовику) из более дешевой стали 45, 40Х

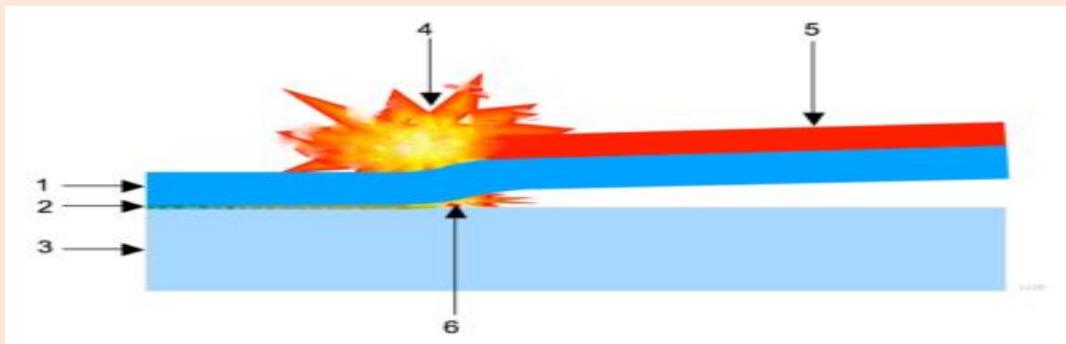
Данный способ обеспечивает:

- ⦿ высокое качество сварного соединения
- ⦿ позволяет сваривать различные металлы и сплавы
- ⦿ легко поддается автоматизации
- ⦿ потребляет в 5-10 раз меньше электроэнергии по сравнению с контактной сваркой

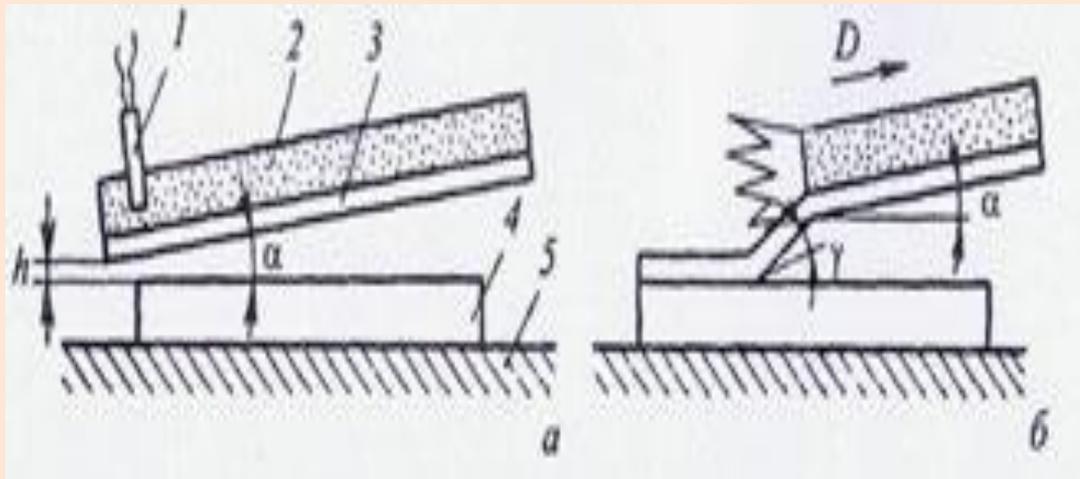
СВАРКА ВЗРЫВОМ

Сварка взрывом - сравнительно новый перспективный технологический процесс, позволяющий получать биметаллические заготовки и изделия практически неограниченных размеров из разнообразных металлов и сплавов, в том числе тех, сварка которых другими способами затруднена

Прочность соединений, выполненных сваркой взрывом, выше прочности соединяемых материалов.

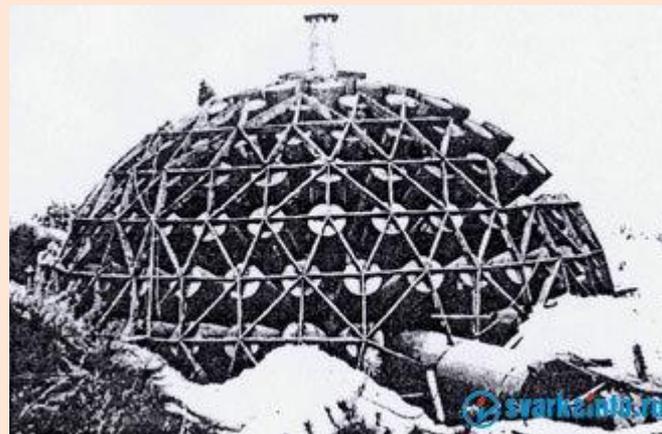


Сварка взрывом - процесс получения соединения под действием энергии, выделяющейся при взрыве заряда взрывчатого вещества (ВВ).



Неподвижную пластину (основание) 4 и μεταаемую пластину (облицовку) 3 располагают под углом $\alpha = 2-16^\circ$ на заданном расстоянии $h = 2-3$ мм от вершины угла. На μεταаемую пластину укладывают заряд ВВ 2. В вершине угла устанавливают детонатор 1. Сварка производится на опоре 5.

- В современных процессах металлообработки взрывом применяют заряды ВВ массой от нескольких граммов до сотен килограммов. Большая часть энергии, выделяющейся при взрыве, излучается в окружающую среду в виде ударных волн, сейсмических возмущений, разлета осколков. Воздушная ударная волна - наиболее опасный поражающий фактор взрыва. Поэтому сварку взрывом производят на полигонах (открытых и подземных), удаленных на значительные расстояния от жилых и промышленных объектов, и во взрывных камерах



- Под действием высокого давления расширяющихся продуктов взрыва метаемая пластина приобретает скорость v_H порядка нескольких сотен метров в секунду и соударяется с неподвижной пластиной под углом α . В месте соударения возникает эффект кумуляции (концентрация взрывной энергии)- из зоны соударения выбрасывается с очень высокой скоростью кумулятивная струя, состоящая из металла основания и облицовки. Эта струя обеспечивает очистку поверхностей
- Соударение метаемой пластины и основания сопровождается пластической деформацией, вызывающей местный нагрев поверхностных слоев металла. В результате деформации и нагрева развиваются физический контакт, активация свариваемых поверхностей и образуются соединения.

ПРИМЕНЕНИЕ

Сварка взрывом применяется в процессах плакирования.

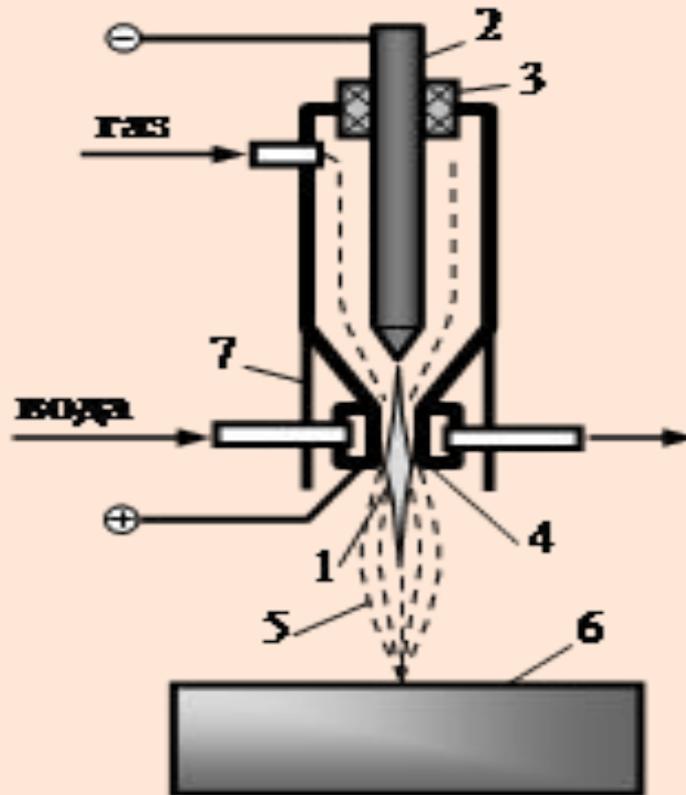
Цель плакирования состоит в том, чтобы создать на поверхности детали слоя материала с особыми свойствами высокой твёрдостью коррозионной и/или износостойкостью и т. д., он применяется при изготовлении деталей/оборудования или при восстановлении их формы после изнашивания.

При этом толщина плакирующего слоя может составлять от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров.

ПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА

Плазменная струя, применяемая для сварки, представляет собой направленный поток ионизированного газа, имеющего температуру 20000–30000°C

Схема сварки плазменной струей;



- 1 – дуга;
- 2 – электрод;
- 3 – изолятор;
- 4 – сопло;
- 5 – плазменная струя;
- 6 – заготовка;
- 7 – сопло для подачи защитного газа

Плазменное состояние вещества представляет источник огромной энергии. В этом состоянии вещество из газообразного состояния переходит в состояние плазмы. Температура может достигать несколько десятков миллионов градусов.

В сварочной практике принято называть плазму сильно ионизированный газ.



- Плазму получают в плазменных горелках (плазмотронах), пропуская газ через столб горячей дуги, сжатой в узком канале сопла горелки. Сжатие столба дуги приводит к повышению в нём плотности энергии и температуры. Газ, проходящий через столб дуги, ионизируется и выходит из сопла в виде высокотемпературной плазменной струи.
- В зависимости от процесса обработки и вида обрабатываемого материала в качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, воздух или их смеси.

- При сварке плазменной струёй дуга 1 горит между неплавящимся вольфрамовым электродом 2, изолированным от корпуса горелки керамической прокладкой 3, и интенсивно охлаждаемым водой соплом 4, к которому подключён положительный полюс источника тока. Внутрь горелки подаётся газ, который, пройдя через столб дуги, ионизируется, раскаляется и выходит из сопла в виде ярко светящейся плазменной струи 5, которая представляет собой независимый от заготовки источник теплоты, позволяющий в широких пределах изменять степень нагрева и глубину проплавления основного материала 6. Через вспомогательное сопло 7, концентрически охватывающее основное сопло 4, в зону сварки дополнительно подаётся защитный газ.

ПРЕИМУЩЕСТВА

Во-первых, она является более концентрированным источником теплоты и вследствие этого обладает большей проплавляющей способностью. Плазменной дугой можно сваривать металл толщиной 10 мм без разделки кромок и применения присадочного металла.

Во-вторых, плазменная дуга обладает более высокой стабильностью горения, что обеспечивает повышенное качество сварных швов. Это позволяет выполнять так называемую микроплазменную сварку металла толщиной 0,025...0,8 мм.

В-третьих, увеличивая ток и расход газа, можно получить проникающую плазменную дугу, имеющую резко повышенные тепловую мощность, скорость истечения и давление плазмы. Такая дуга обеспечивает эффективный процесс резки, поскольку не только даёт сквозное проплавление, но и выдувает расплавленный металл из зоны воздействия.

НЕДОСТАТОК

недолговечность горелок вследствие частого выхода из строя сопел и электродов.

Технические характеристики

- При сварке сжатой дугой стыковых соединений толщиной до 10—15 мм сварку можно вести за один проход без присадочной проволоки и без разделки кромок
- Режим воздушно-плазменной резки углеродистых сталей толщиной 10—15 мм следующий:

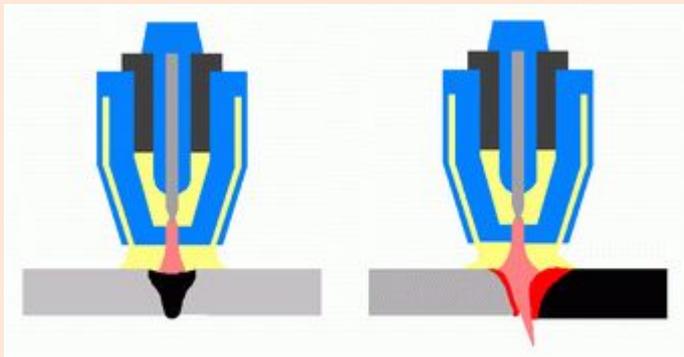
сила тока 150—250 А;

напряжение на дуге 150—250 В;

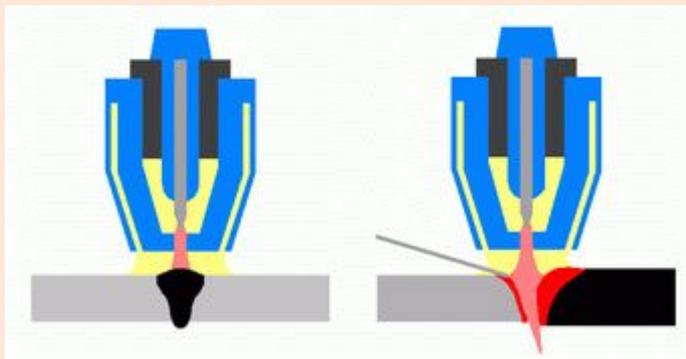
скорость резки 2,5—3,0 м/мин;

объемный расход воздуха 30—40 л/мин;

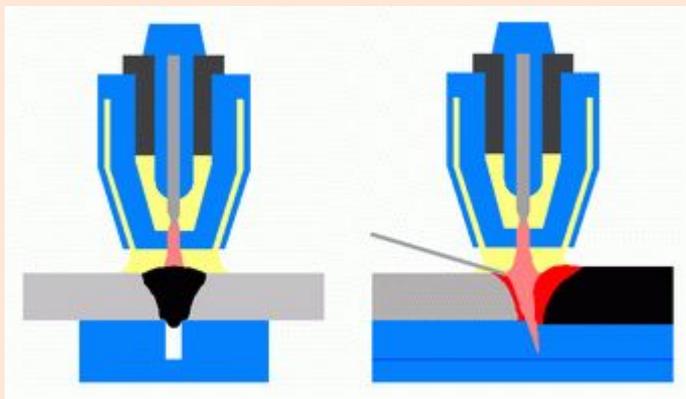
расстояние от наконечника до изделия 12—25 мм.



Плазменная сварка
проникающей дугой



Плазменная сварка проникающей
дугой с дозированной подачей
присадочной проволоки

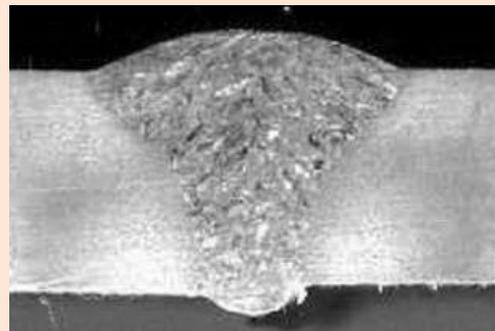


Плазменная сварка проникающей
дугой на подкладке с дозированной
подачей присадки

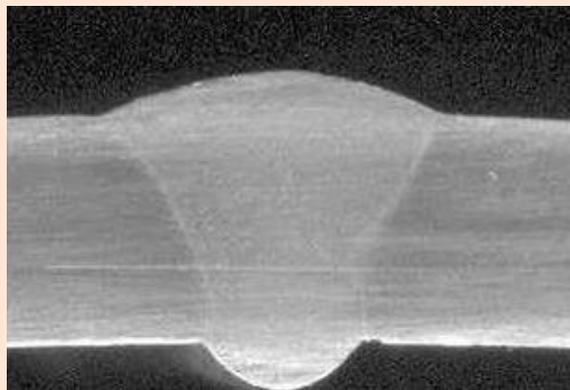
Алюминиевый сплав Д16,
 $t = 6 \text{ мм}$



Сплав ХН60ВТ,



Сталь Х10Н10Т,
 $t = 6 \text{ мм}$



- Большое значение имеет использование плазменной струи для целей **наплавки**. Плазменная струя является весьма прецизионным технологическим инструментом, ею можно очень точно регулировать тепловое воздействие и соединять металлы с минимальным проплавлением
- Применение при изготовлении **(сварке)** ответственных конструкций из цветных металлов и высоколегированных сплавов
- Применяется **для резки** металлов и различных сплавов