



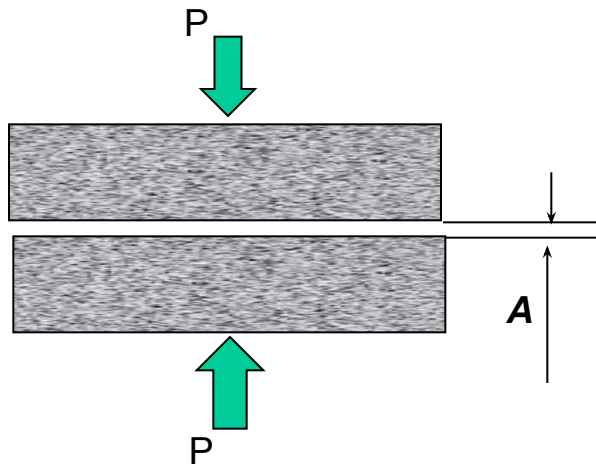
# Технология сварки давлением

Ушаков Борис Глебович,

к.т.н., доцент

Тел. моб. : 8-911-970-58-22

Е-mail : [ushakov.b.g@inbox.ru](mailto:ushakov.b.g@inbox.ru)



Волнистость (а) и шероховатость (б) поверхности

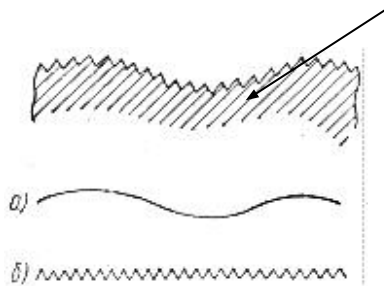
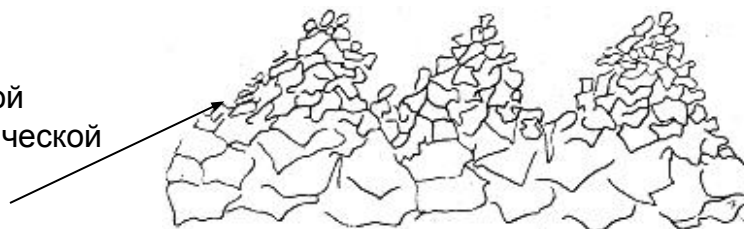


Схема микроструктуры механически обработанной идеально чистой металлической поверхности



- Для того чтобы создать неразъемное соединение необходимо две соединяемые поверхности поднести друг к другу. И если расстояние **A** между атомами этих поверхностей будет порядка  $(4 - 5) \times 10^{-8}$  см произойдет развитое схватывание.
- **Однако в практике это сделать невозможно.**
- **В реальности микрошероховатость имеет место при любой обработке поверхности.**
- **Размер самой минимальной шероховатости составляет 0,3 – 1 мкм, т.е.  $(0,3 - 1) \times 10^{-4}$  см. следовательно, соприкосновение под малым давлением, без заметных пластических деформаций, дает возможность атомного взаимодействия лишь отдельным микровыступам.**

Для осуществления развитого схватывания (сваривания) необходимо действие:

□ высокого давления, при котором металл в зоне контакта должен быть доведен до пластического состояния,

□ нагрева, при котором увеличивается активность и подвижность частиц кристаллической решетки при одновременном действии некоторого давления.

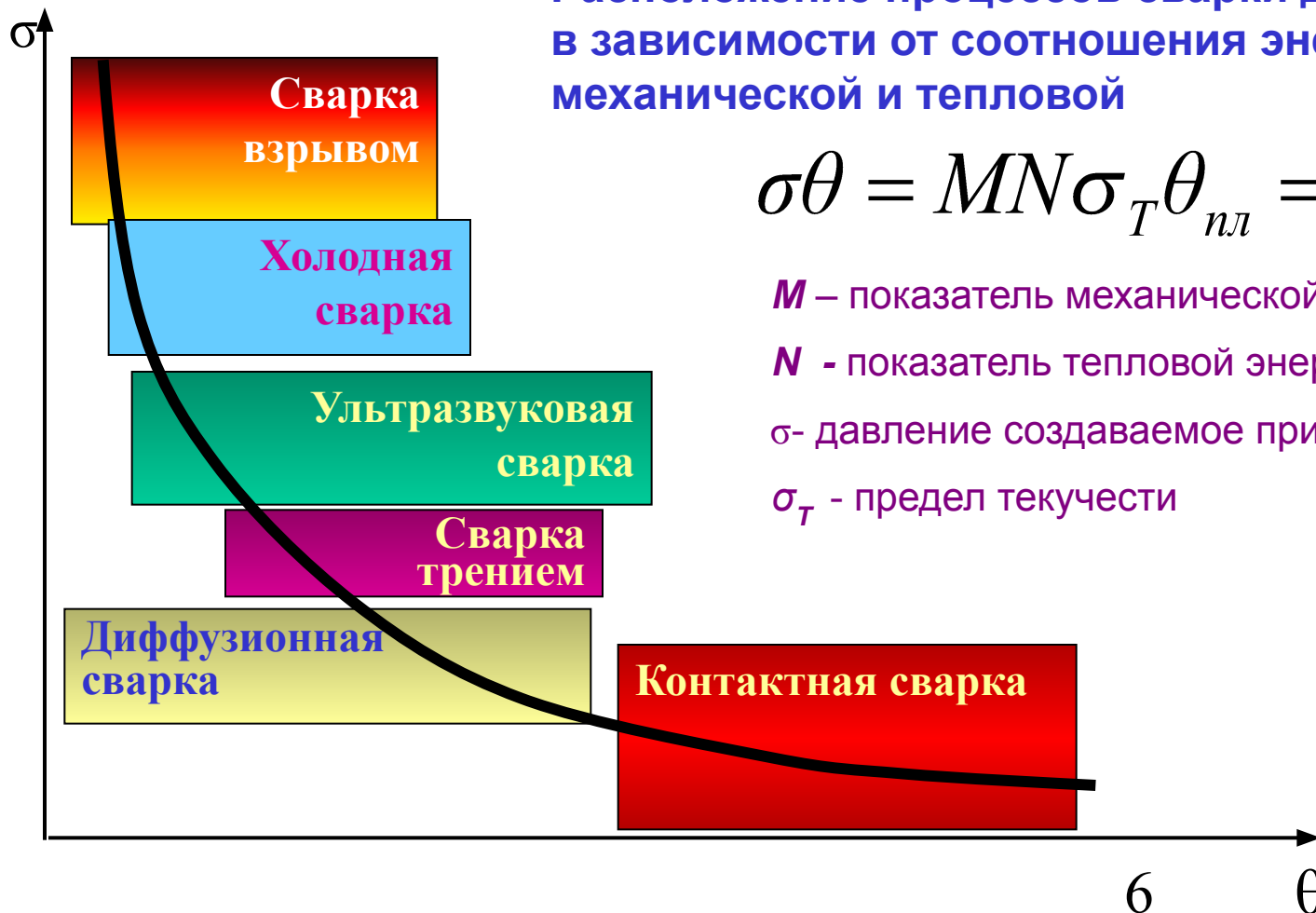
Характерной особенностью сварки давлением является наличие в зоне соединения пластической деформации стыкуемых деталей, которая проходит с предварительным или сопутствующим нагревом, а также без нагрева. Процесс сварки может проходить на воздухе, в контролируемой среде (инертный газ) или в вакууме.

Процесс соединения металлов давлением складывается из комплекса разнообразных физических и химических явлений, возникающих на контактных поверхностях и в приконтактной зоне.

Для процесса сварки давлением следующие основные параметры:

- давление (деформация);
- температура;
- продолжительность процесса;
- среда;
- скорость взаимного перемещения

Зависимость между сварочным давлением и температурой нагрева сварного соединения.



Расположение процессов сварки давлением в зависимости от соотношения энергий механической и тепловой

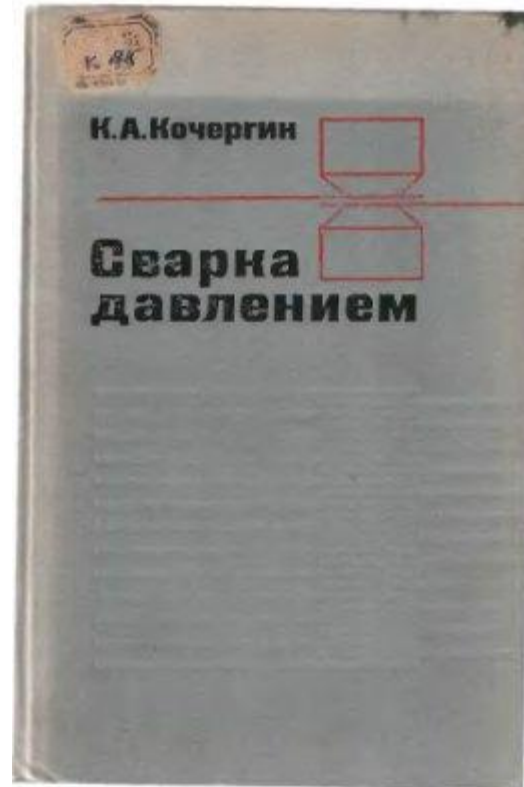
$$\sigma\theta = MN\sigma_T\theta_{пл} = const$$

$M$  – показатель механической энергии

$N$  - показатель тепловой энергии

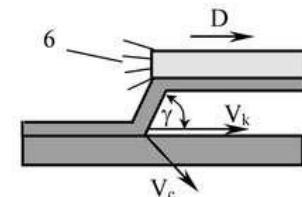
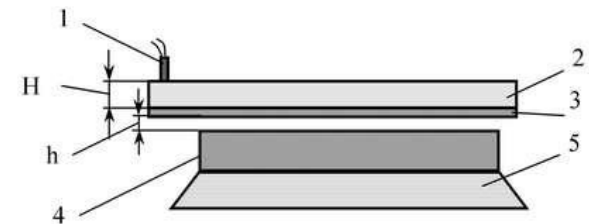
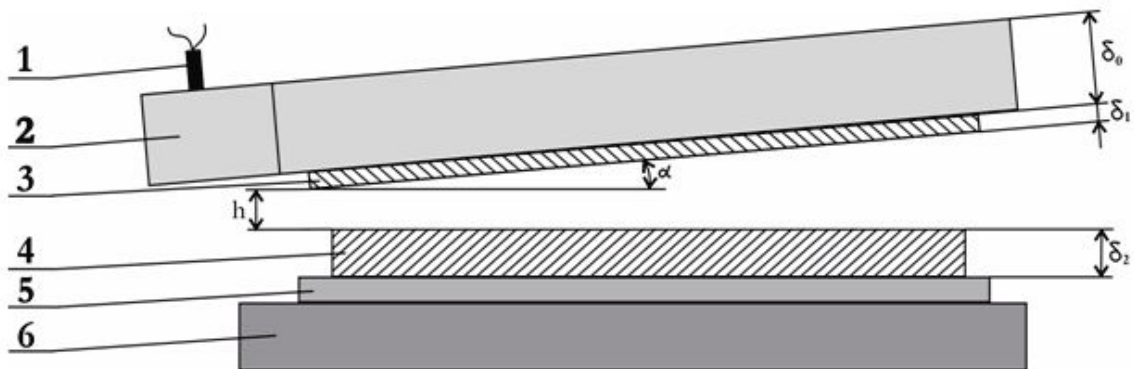
$\sigma$ - давление создаваемое при сварке

$\sigma_T$  - предел текучести



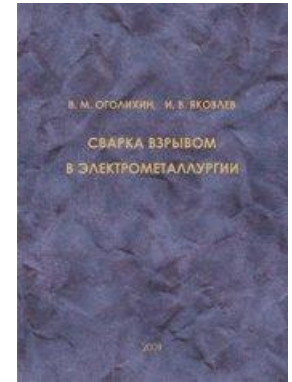
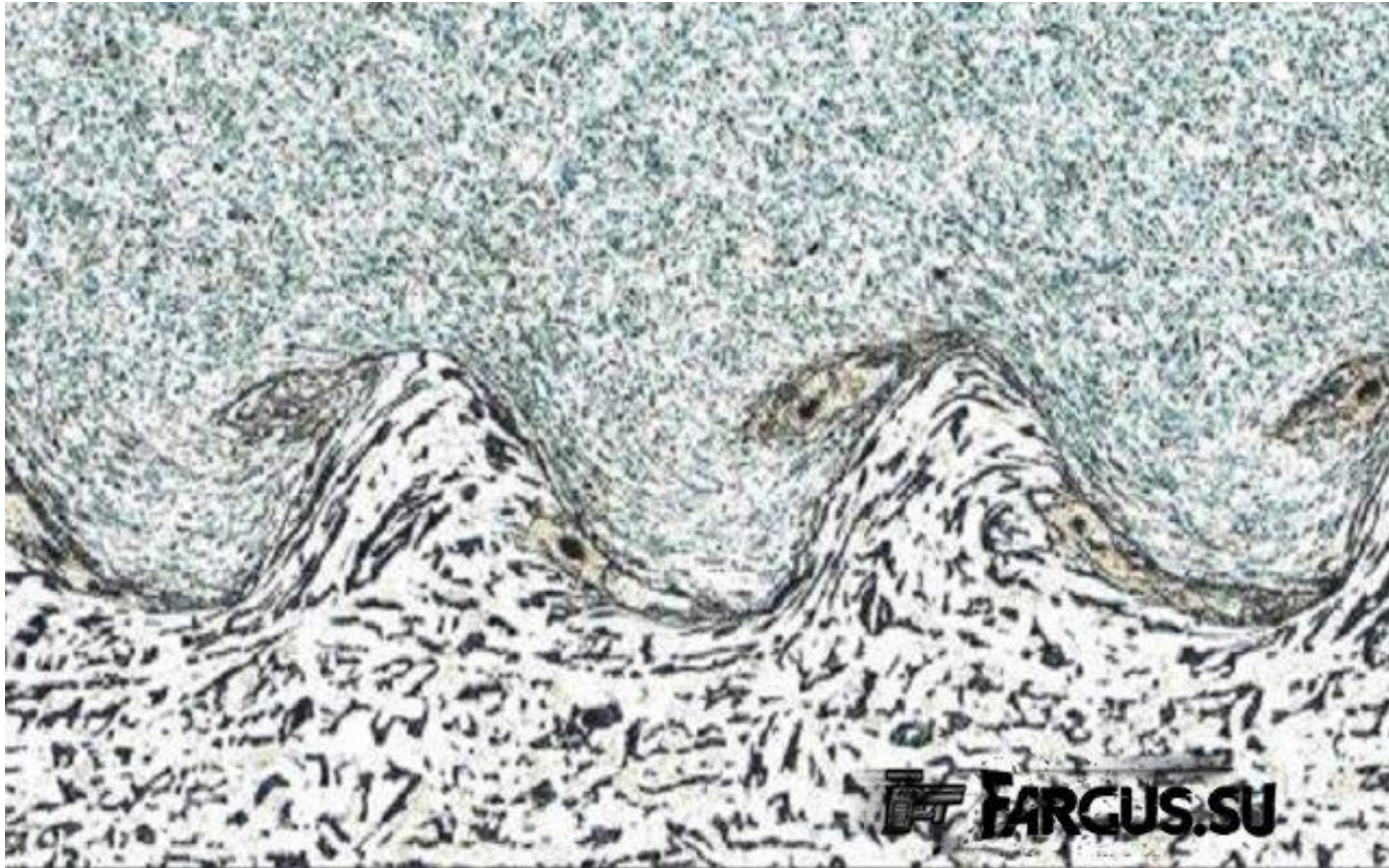
## СВАРКА ВЗРЫВОМ

- Сварка взрывом осуществляется ударным давлением взрывной волны, которая движется от детонатора 1 слева направо со скоростью детонации взрывчатого вещества 2. Для осуществления эффекта кумуляции верхняя, привариваемая пластина располагается от нижней на некотором расстоянии  $h$  и под малым углом  $\alpha$ .
- Ударное давление взрыва составляет  $10^{10}$  Па (сотни тысяч атмосфер). Время действия давления составляет  $10^{-5}$ — $10^{-6}$  с.
- Сверхвысокое давление при сварке взрывом создает в поверхностном слое контакта мгновенный нагрев до температур, превышающих точку плавления.
- Сварку взрывом можно считать холодной только относительно макроскопических масштабов свариваемых деталей (3 и 4), но не в масштабах микроскопических объемов

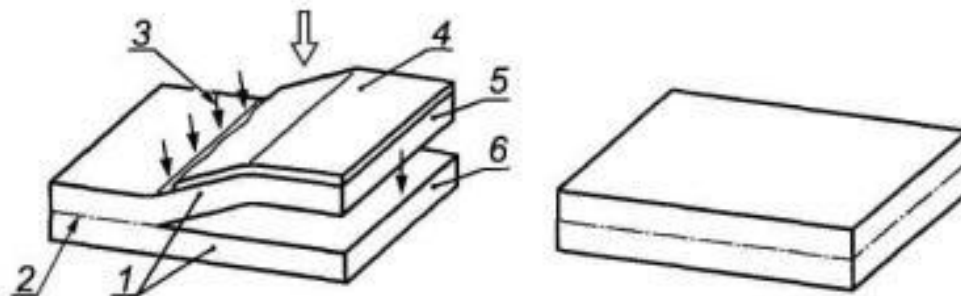




СВАРКА ВЗРЫВОМ

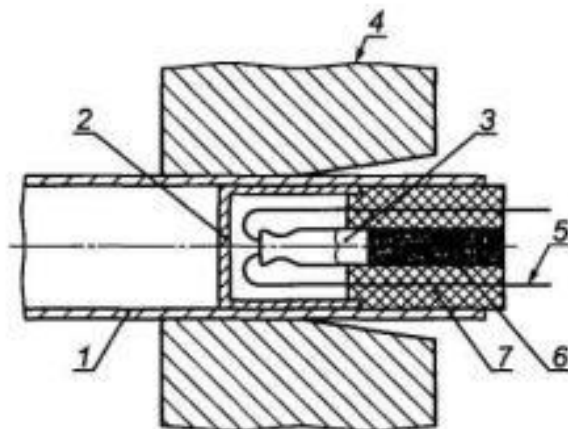


СВАРКА ВЗРЫВОМ



1 — заготовки; 2 — сварной шов; 3 — фронт детонации; 4 — заряд взрывчатого вещества; 5 — метаемая пластина; 6 — неподвижная пластина (основание)

а) Плакирование взрывом

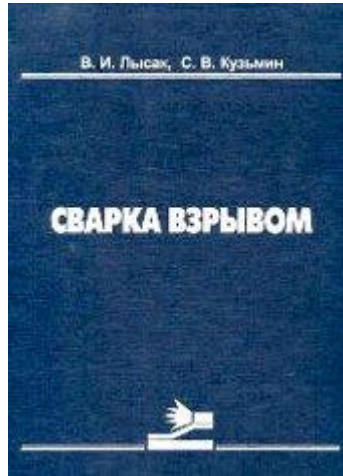


1 — труба; 2 — защитная заглушка; 3 — детонатор; 4 — трубная доска; 5 — провода детонатора; 6 — основной пирозаряд; 7 — пластмассовая вставка

б) Сварка взрывом трубы с трубной доской



**СВАРКА ВЗРЫВОМ**



## ХОЛОДНАЯ СВАРКА

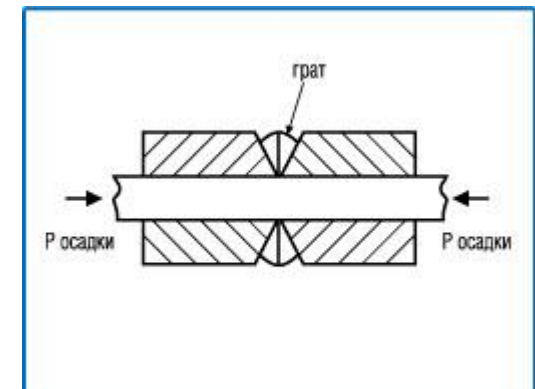
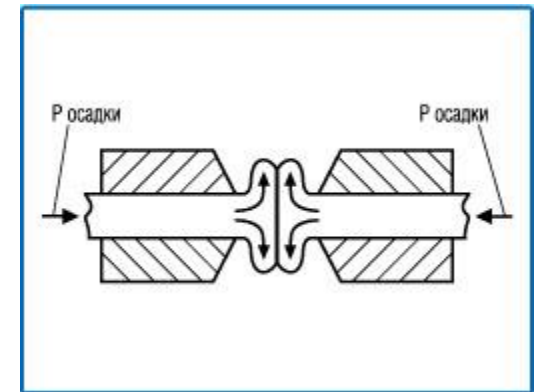
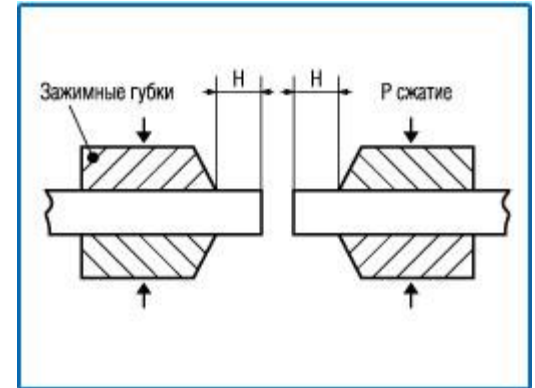
Холодная сварка— процесс относительно медленный, сопровождается весьма большими объемными деформациями.

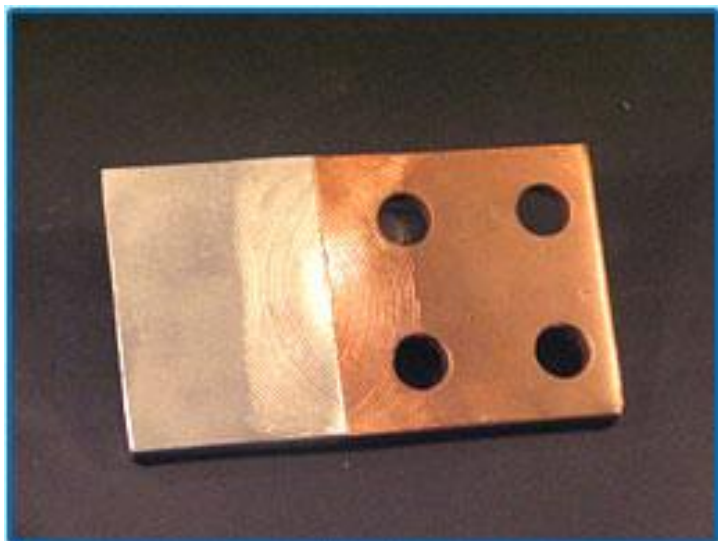
В результате вся длина стержней или полос, зажатая в губках, выдавливается в виде грата.

Сваривание обеспечивается глубинными слоями металла действительно ювенальной чистоты.

Длительность всего процесса макрообъемной деформации составляет обычно 1—2 с. Средняя температура в свариваемом контакте незначительно превышает комнатную, поэтому для холодной сварки предел текучести  $\sigma_T$  может быть отнесен к комнатной температуре.

Давления  $\sigma$ , которые приходится прикладывать (особенно для сварки внахлестку), достигают 4—5-кратных значений предела текучести.





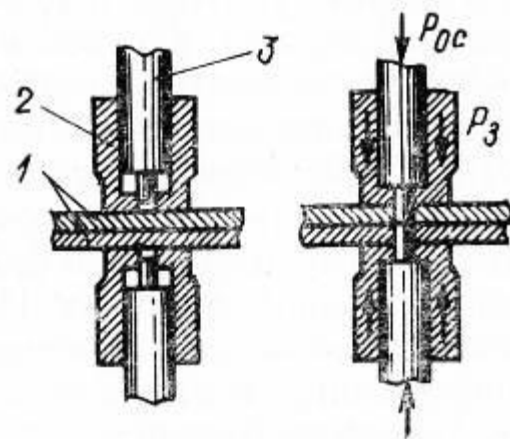


Рис. 3.4. Схема точечной сварки с предварительным зажатием деталей:  
 $P_3$  — усилие зажатия

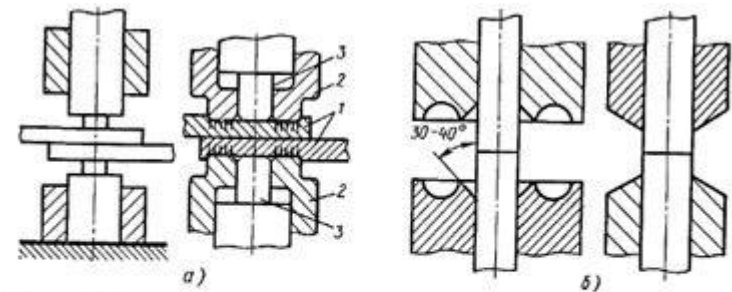
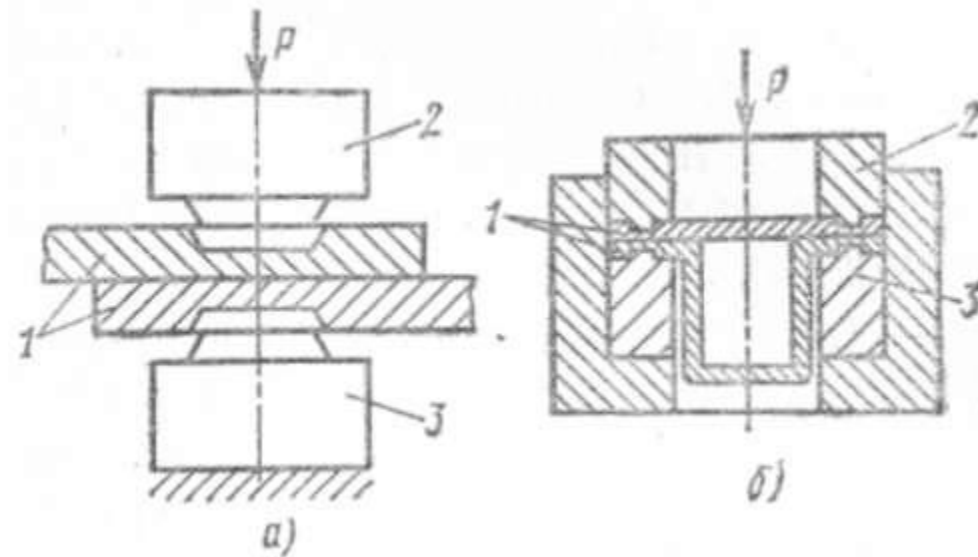
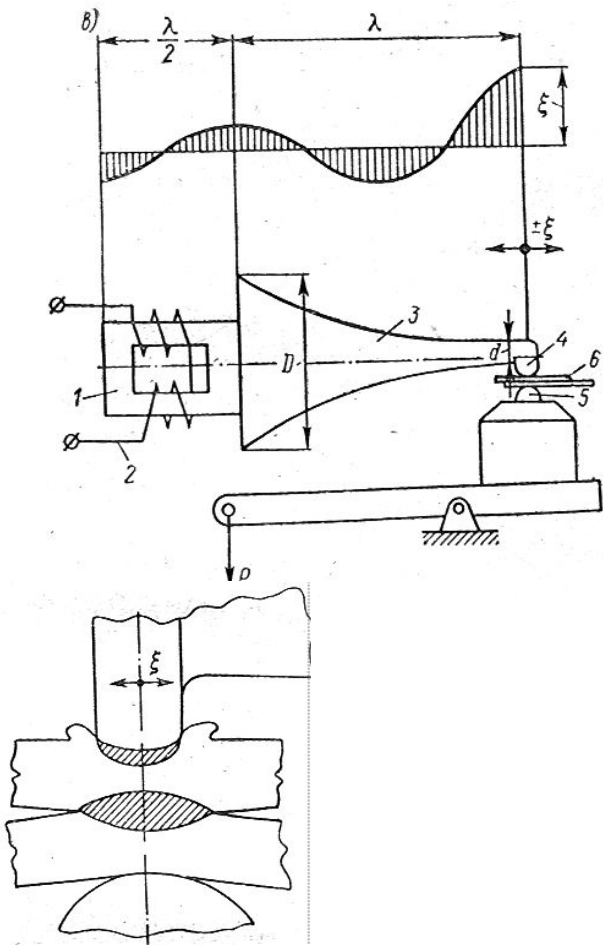


Рис. 2. Схемы холодной сварки усилиями, нормальными к поверхности соединения:

*а* — внахлестку без зажатия и с зажатием свариваемых деталей перед сваркой; *б* — встык с зажимами, ограничивающими деформацию в большей или меньшей степени; *1* — свариваемые детали; *2* — прижимы; *3* — пуансоны [3]

autowelding.ru





- Ультразвуковая сварка по своей технологической сущности резко отличается от холодной сварки.
- Ультразвуковой вибратор 1 посредством концентратора 3 передает в свариваемый контакт деталей 6 с частотой 15— 20 кГц колебания, создающие сжатие и разрежение.
- Знакопеременная деформация осуществляется в масштабах микрообъемов размерами порядка нескольких микронов.
- Осуществляются микродеформации в свариваемой зоне. Такая вибрационная микродеформация, вызывает тепловой эффект на некоторый макроскопическом объеме.
- Давления, которые необходимо прикладывать к контакту, в среднем равны пределу текучести при температурах пластического состояния свариваемого металла.
- Средние значения температуры в плоскости свариваемого контакта ниже точки плавления.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА

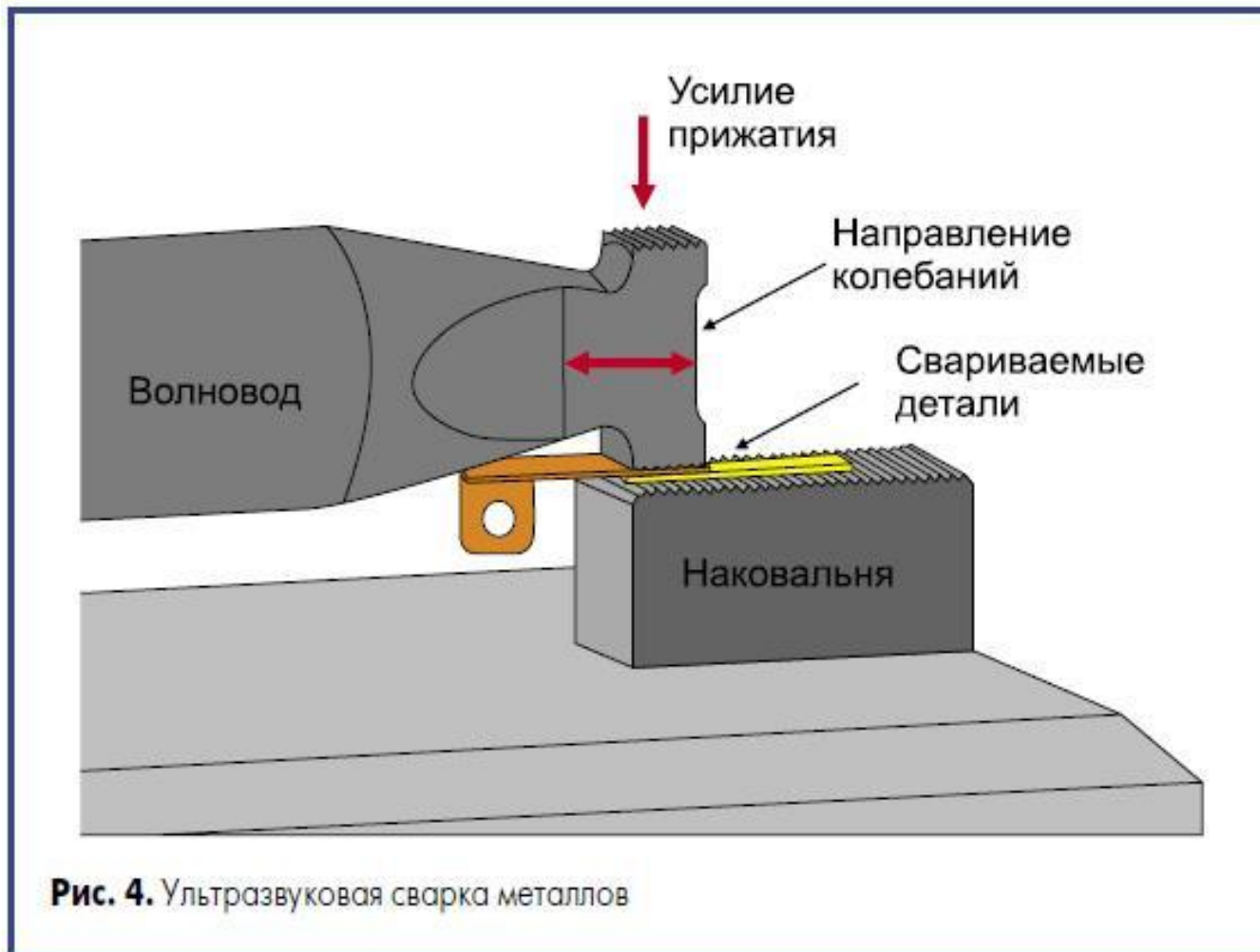


Рис. 4. Ультразвуковая сварка металлов



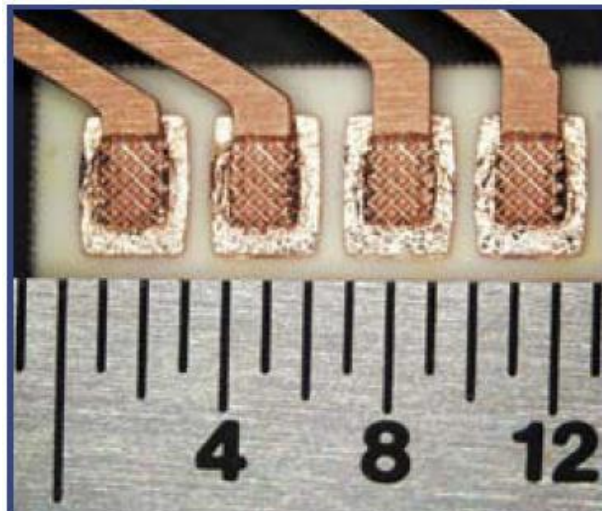
## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА



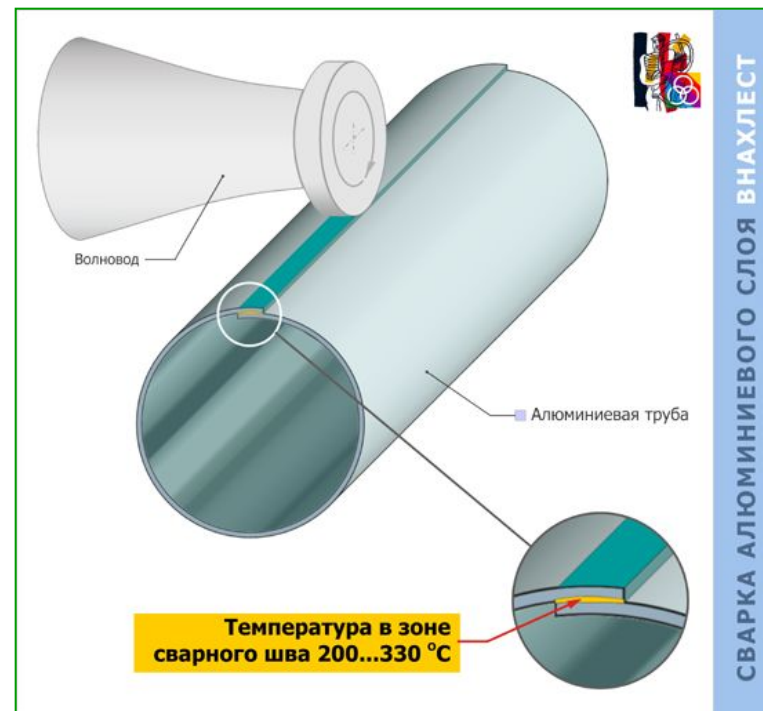
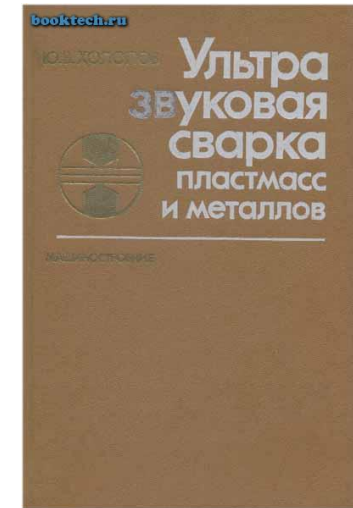
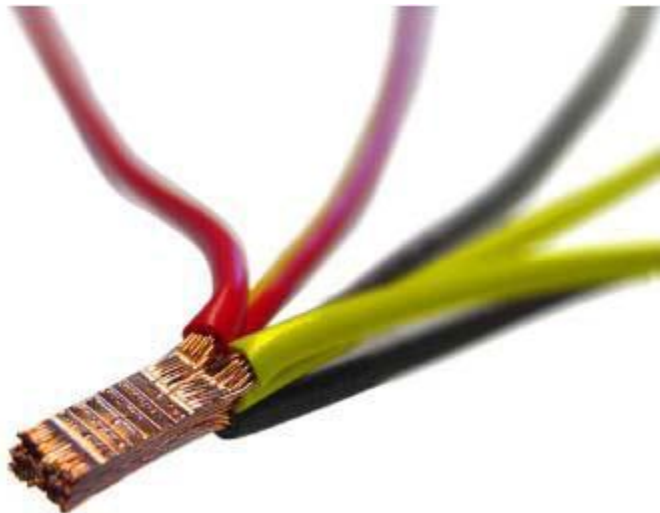
## Основы сварки давлением



## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА

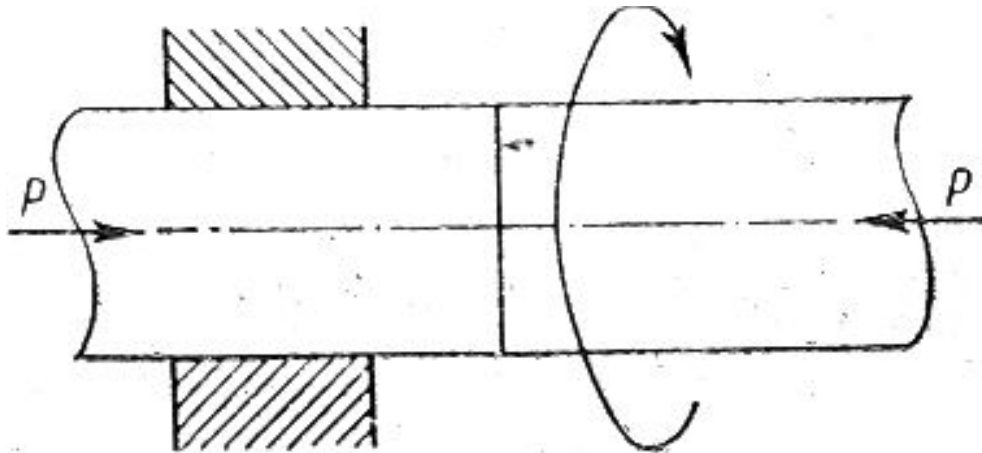


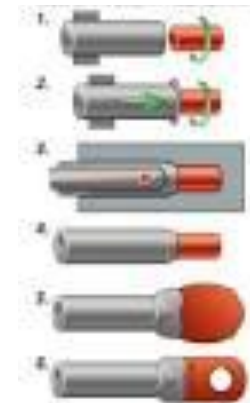
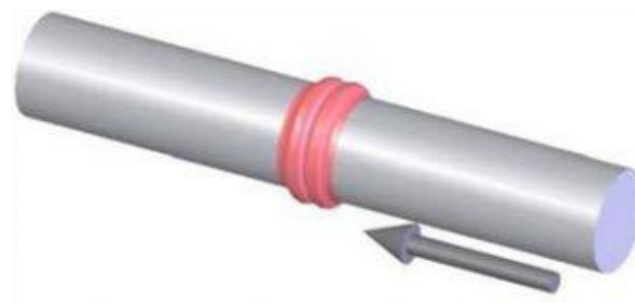
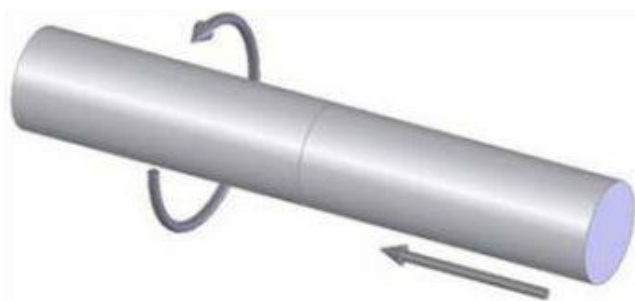
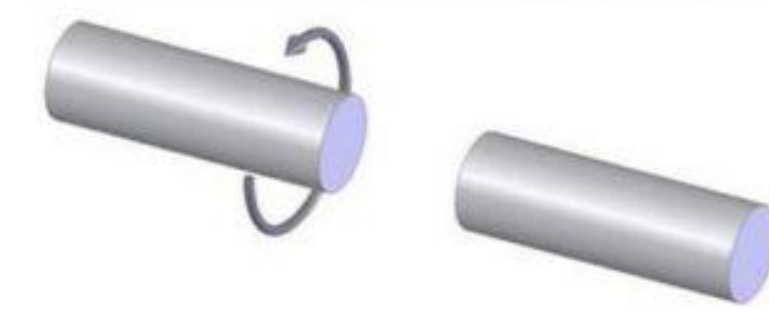
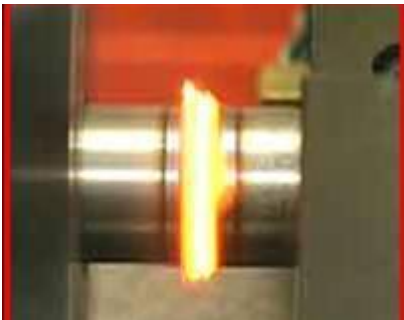
**Рис. 8.** Соединение медных проводников с контактами в керамической подложке



## СВАРКА ТРЕНИЕМ

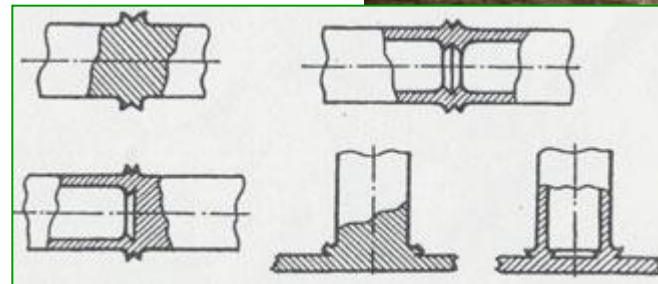
- Сварка трением осуществляется при температурах ниже точки плавления и относительно небольших давлениях порядка  $(2-5)10^7$  Па (2—5 кГ/мм<sup>2</sup>).
- Подъем температуры в контакте и нагрев некоторого слоя металла вокруг него достигаются за счет трения вращающейся детали (справа), относительно неподвижно закрепленной детали (слева).







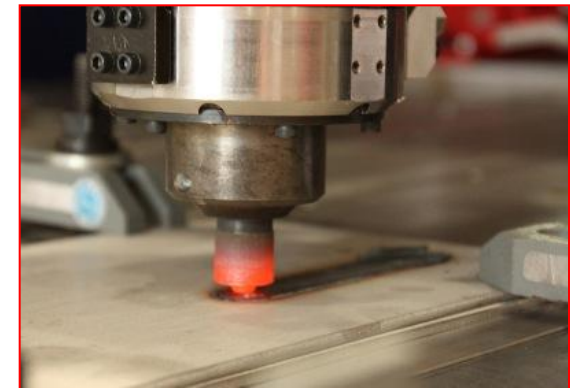
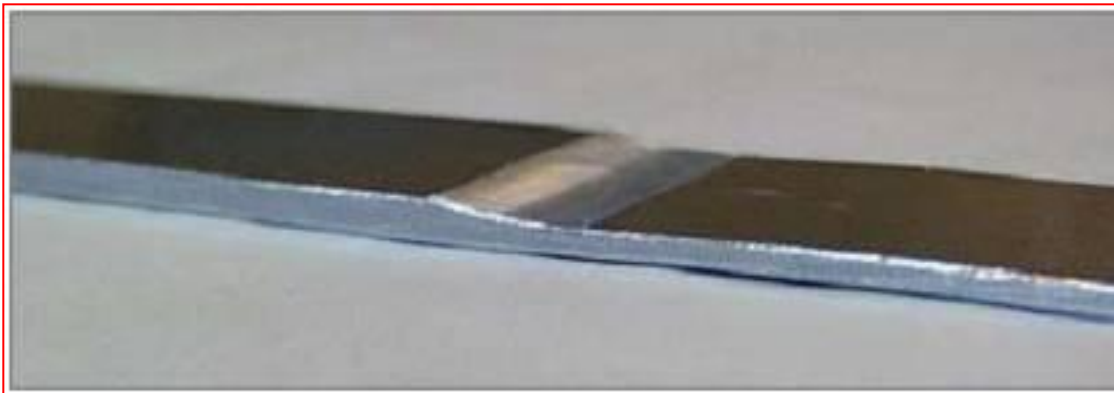
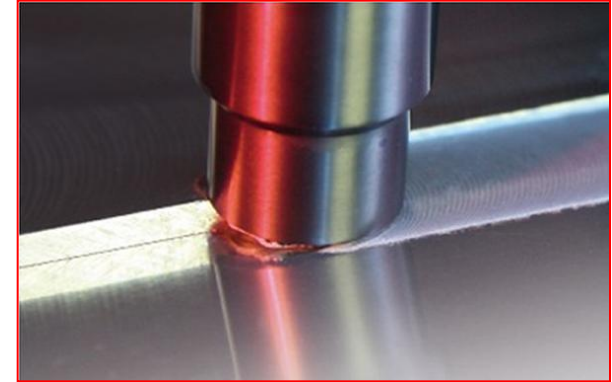
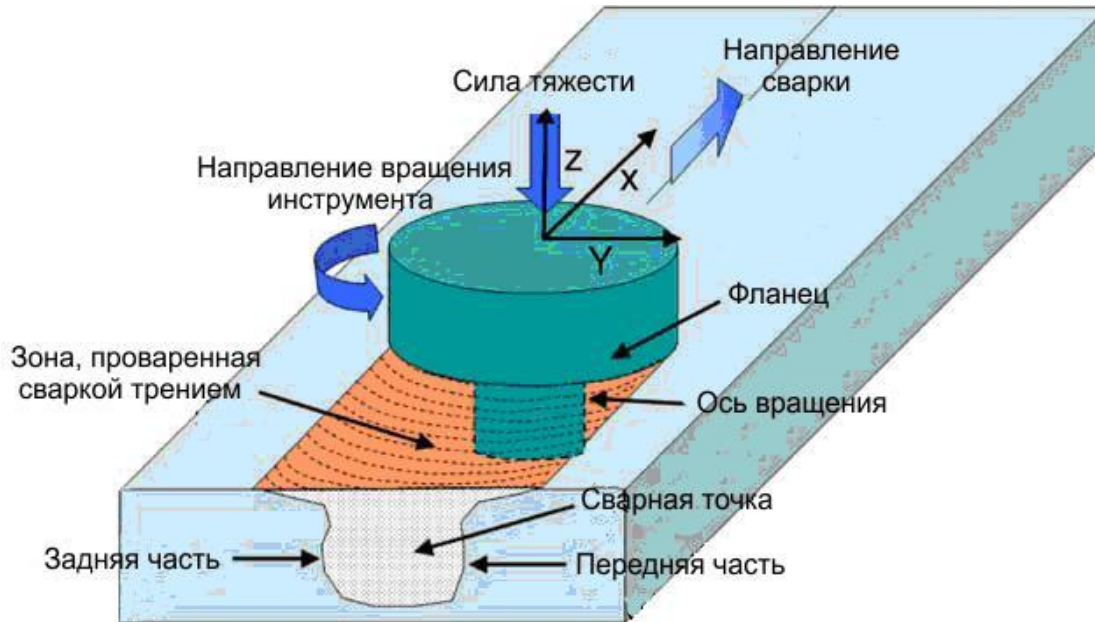
СВАРКА ТРЕНИЕМ



СВАРКА ТРЕНИЕМ

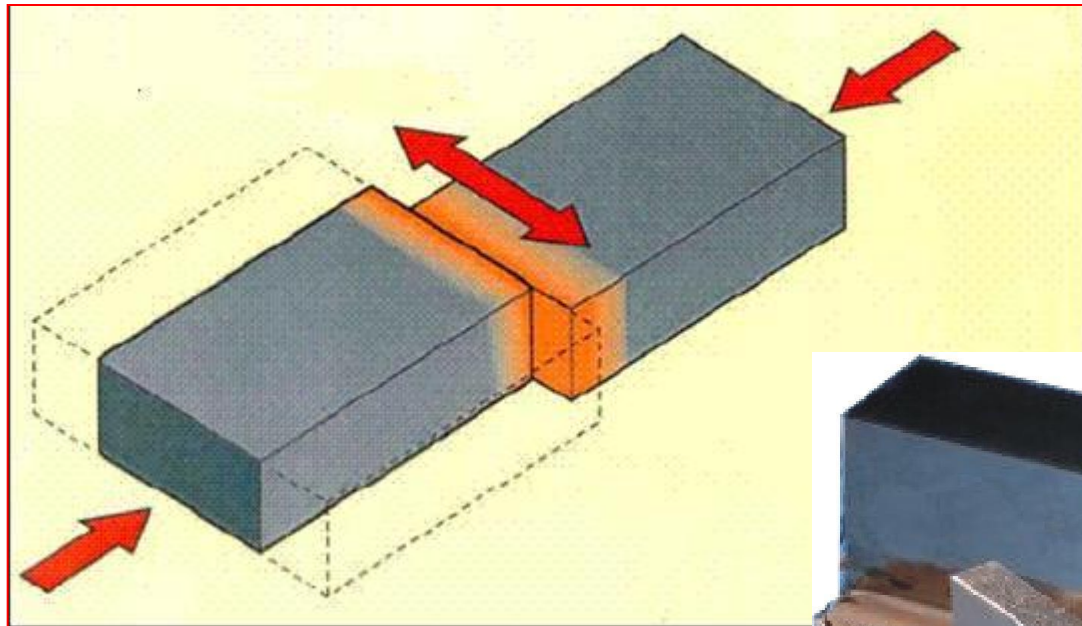


## СВАРКА ТРЕНИЕМ



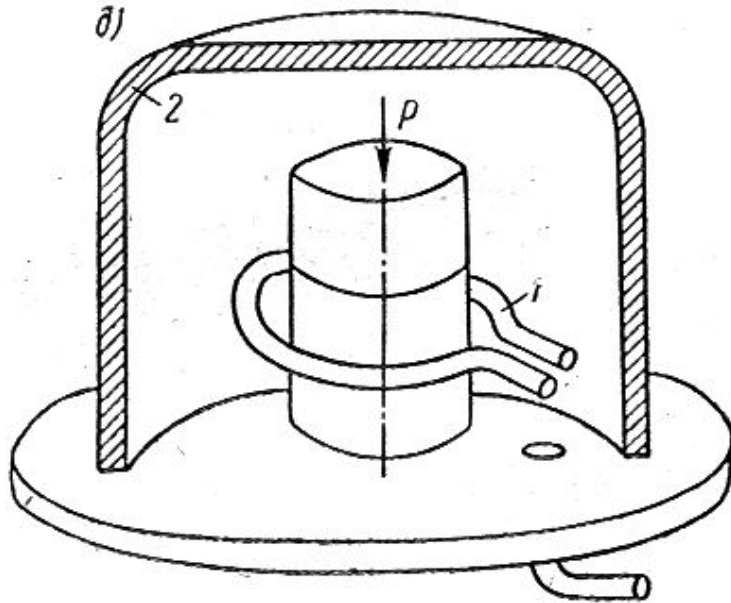


СВАРКА ТРЕНИЕМ





### ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА



- Сварка осуществляется за счёт диффузии — взаимного проникновения атомов свариваемых изделий при повышенной температуре.
- Сварку проводят в вакуумной установке, нагревая места соединения до 800 °С.
- Методом диффузной сварки можно пользоваться при создании соединений из разнородных металлов, отличающихся по своим физико-химическим свойствам, изготавливать изделия из многослойных композитных материалов.
- Способ был разработан в 1950-х годах Н. Ф. Казаковым.

- Диффузионная сварка в вакууме заключается в следующем. Свариваемые детали под давлением (0,2-2)10<sup>7</sup>Па нагреваются высокочастотным индуктором 1 в вакуумной камере 2.
- Вакуум обеспечивает возможность возгонки поверхностных окислов, облегчает выход растворенных и адсорбированных газов и способствует более активной поверхностной диффузии в плоскости контакта.
- Может осуществляться сварка не только разнородных сплавов, но металлов и керамических изделий.

ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА



ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА



