

УрФУ
Кафедра Технологии сварочного производства



Сварочное производство

Контактная сварка

Контактная сварка – сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплом, выделяемым при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части (**ГОСТ 2601-84**)

Английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин) в 1856 г. впервые применил стыковую сварку.

В 1877 г. в США Элиху Томсон самостоятельно разработал стыковую сварку и внедрил ее в промышленность.

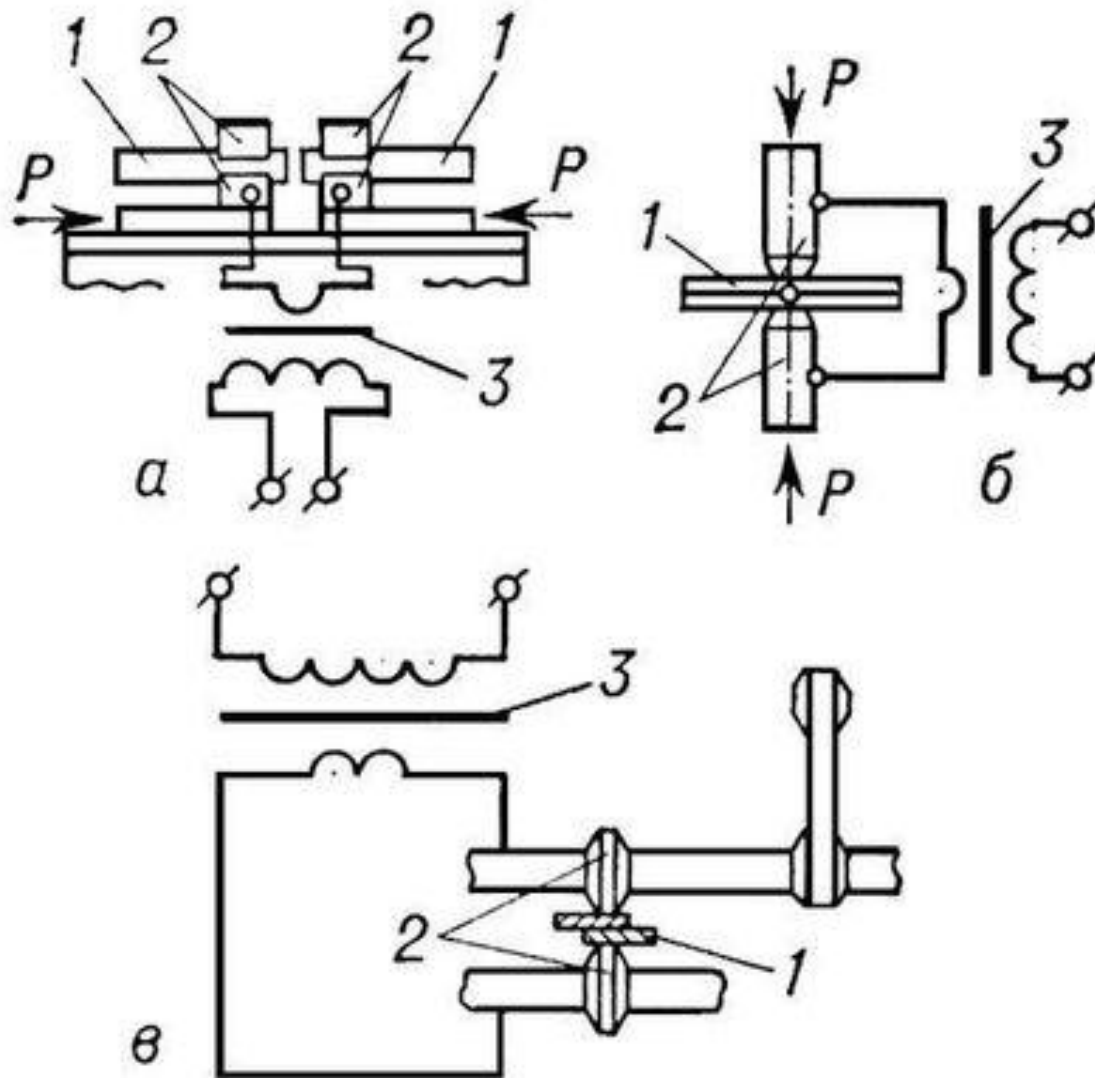
В 1877 г. в России Н.Н. Бенардос предложил способы контактной точечной и шовной (роликовой) сварки.

На промышленную основу в России контактная сварка была поставлена в 1936 г. после освоения серийного выпуска контактных сварочных машин.

Контактная сварка

Преимущества контактной сварки перед другими способами:

- Высокая производительность (время сварки одной точки или стыка составляет 0,02... 1,0 с)
-
- Малый расход вспомогательных материалов (воды, воздуха)
- Высокое качество и надежность сварных соединений при небольшом числе управляемых параметров режима, что снижает требования к квалификации сварщика
- Экологически чистый процесс
- Легко поддается механизации и автоматизации

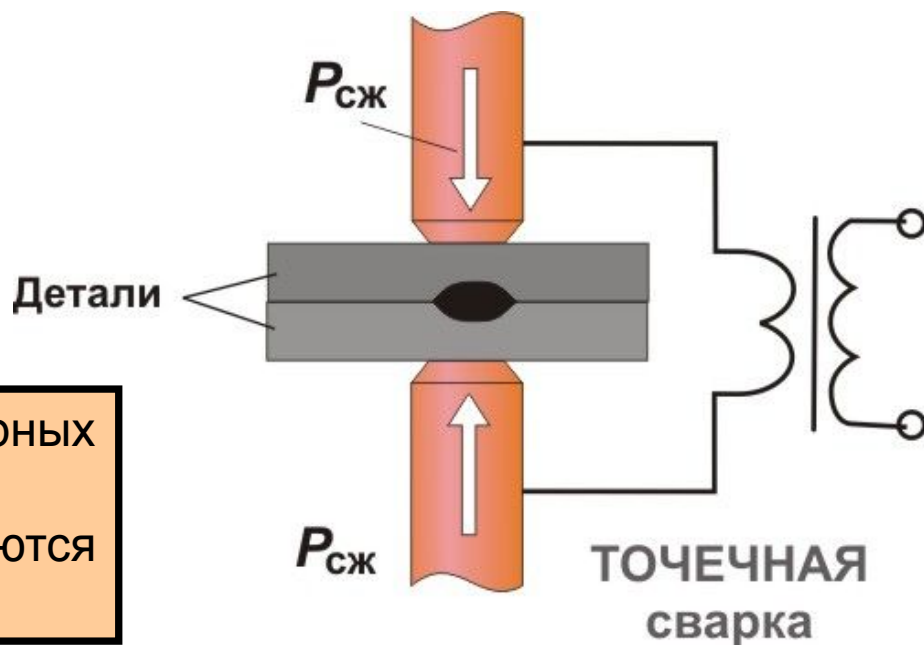


Основные способы контактной сварки

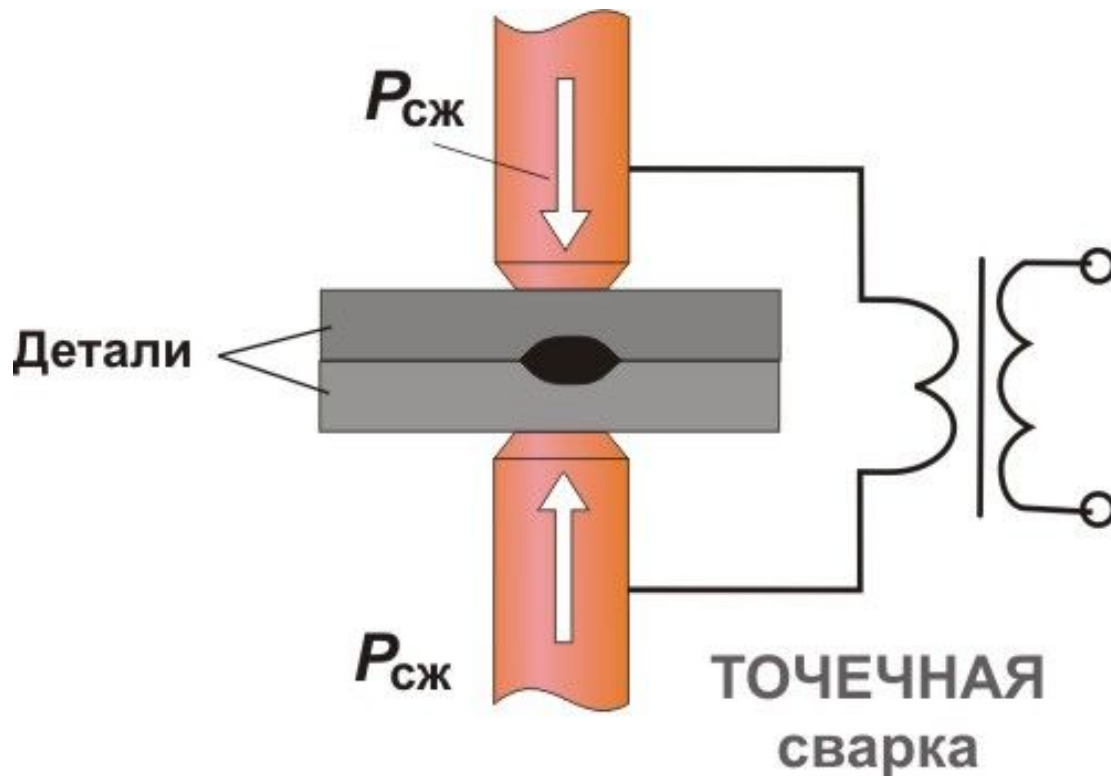
- стыковая
- точечная
- шовная (роликовая)

Контактная сварка

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



Для изготовления штамповарных конструкций. Толщина 0,5 - 8 мм.
Все более широко используются сварочные роботы



В результате сварки из образовавшейся жидкой металлической ванны кристаллизуется сварная точка

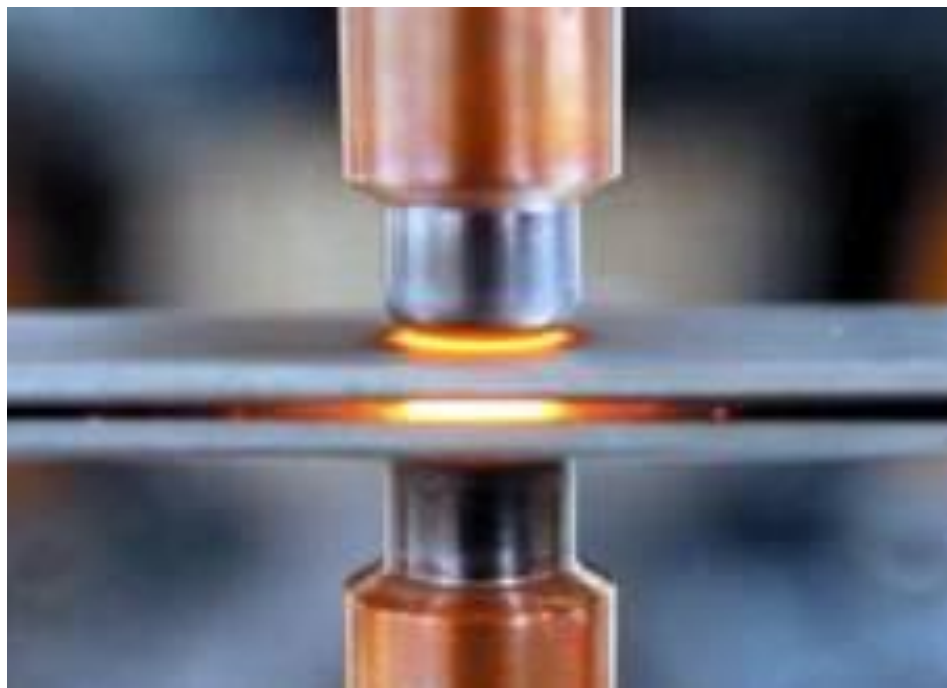
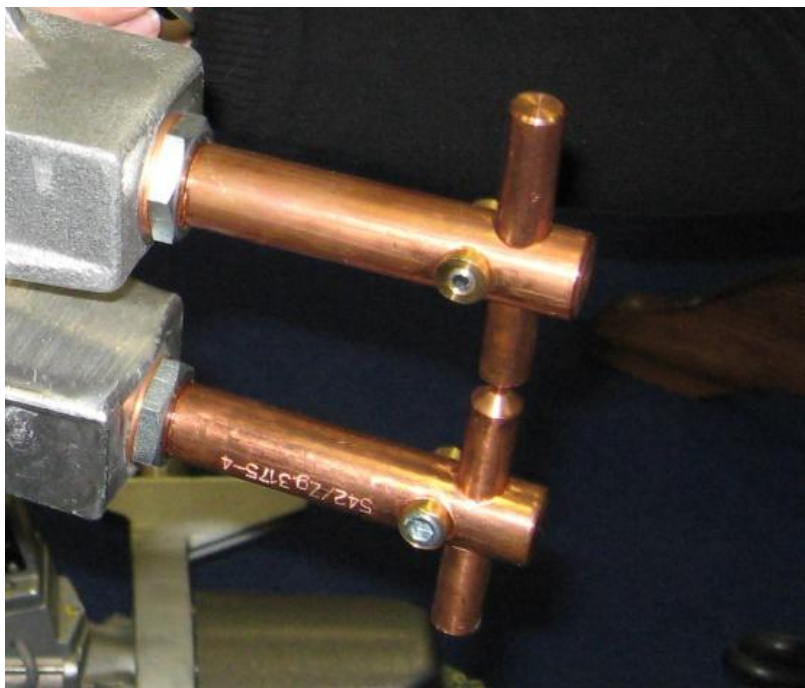
УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка

Детали собирают внахлёстку и зажимают усилием $P_{сж}$ между двумя электродами. Пропускают ток большой силы (до нескольких **десятков кА**), но невысокого напряжения (обычно 3-8 В).

Детали нагреваются кратковременным (0,01-0,5 с) импульсом тока до появления расплавленного металла в зоне контакта. Нагрев сопровождается пластической деформацией металла и образованием уплотняющего пояска, предохраняющего жидкий металл от выплеска и от взаимодействия с воздухом.

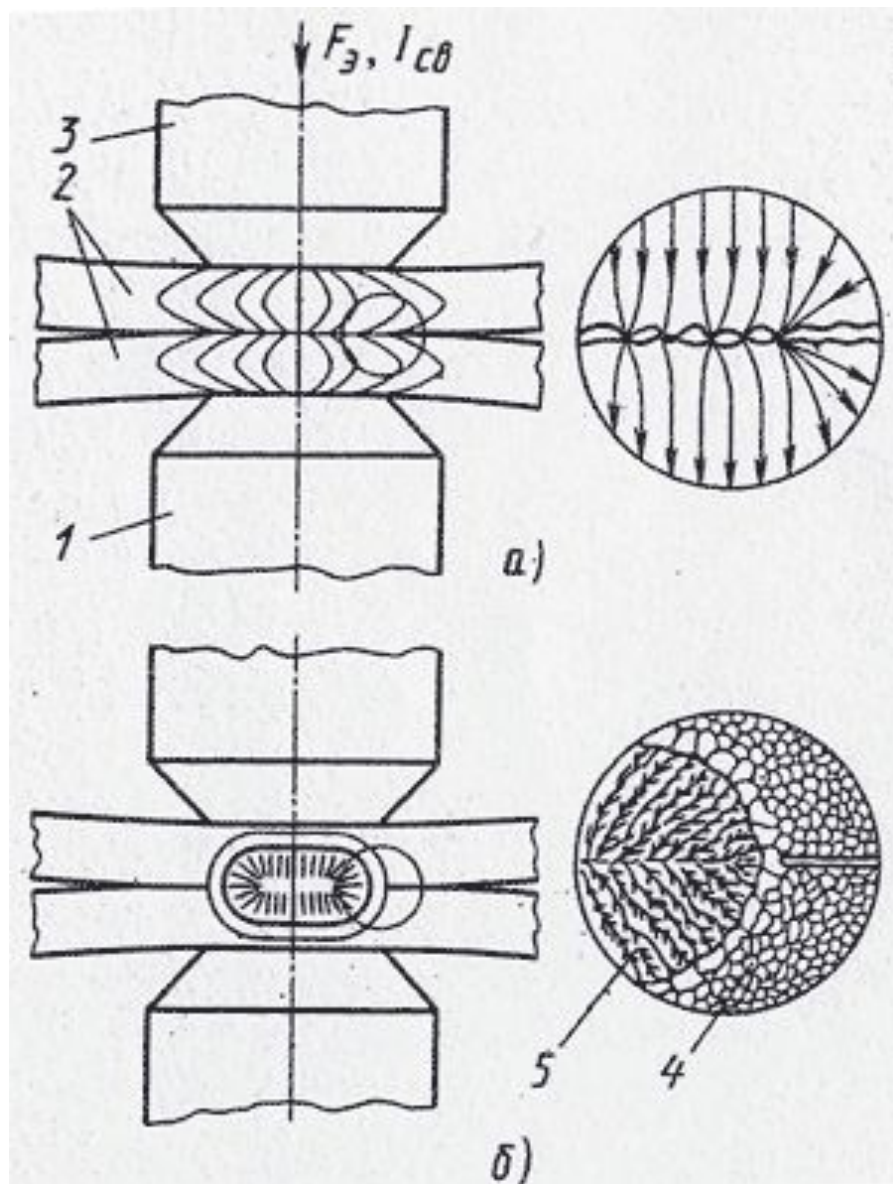


Контактная сварка

УрФУ

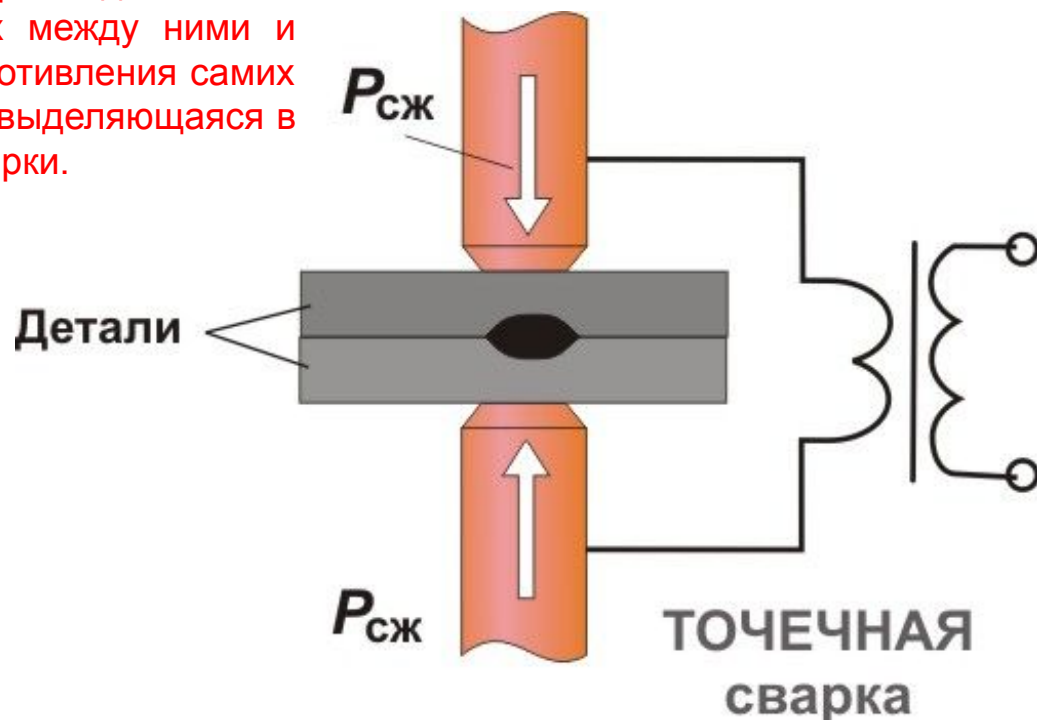
Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка

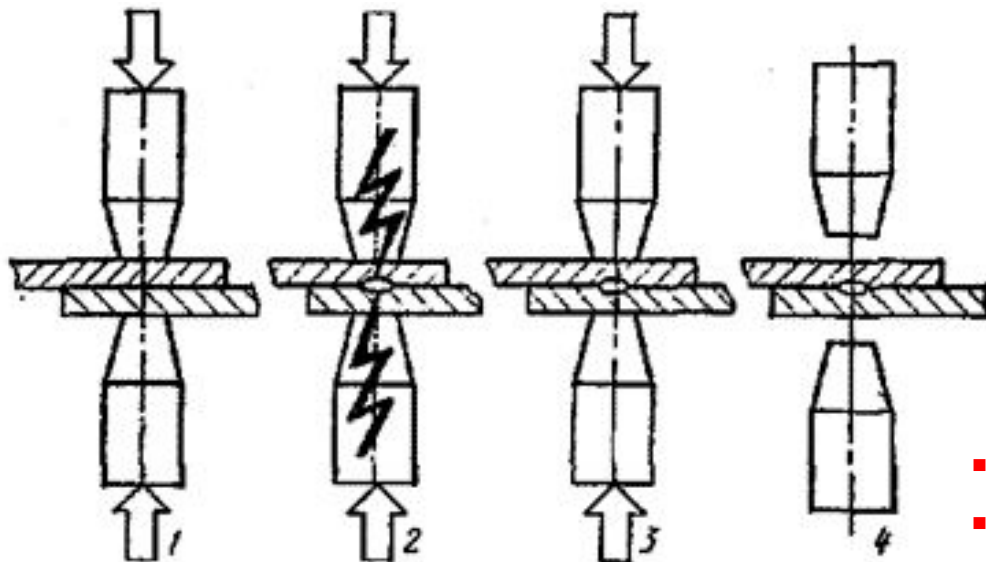


Контактная сварка

Количество теплоты зависит от тока и сопротивления между электродами и выделяется при прохождении тока непосредственно в деталях, контактах между ними и контактах деталей с электродами. Сопротивления самих электродов должны быть малы, так как выделяющаяся в них теплота не участвует в процессе сварки.

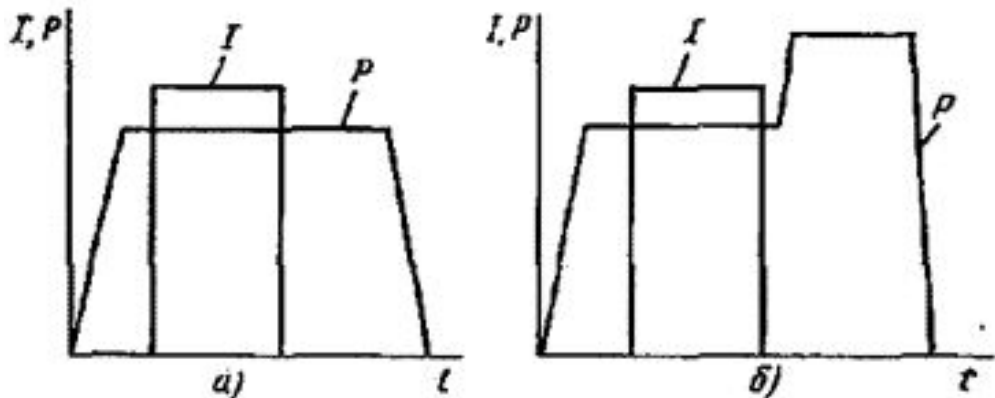


Поэтому сечение электродов должно быть относительно большим, а материал электродов - обладать большой электро- и теплопроводностью. Электроды для точечной сварки изготавливают главным образом из меди и её сплавов



Цикл сварки:

- предварительное сжатие
- пропускание тока
- последующее сжатие (осадка)



Стадии цикла и циклограммы точечной сварки

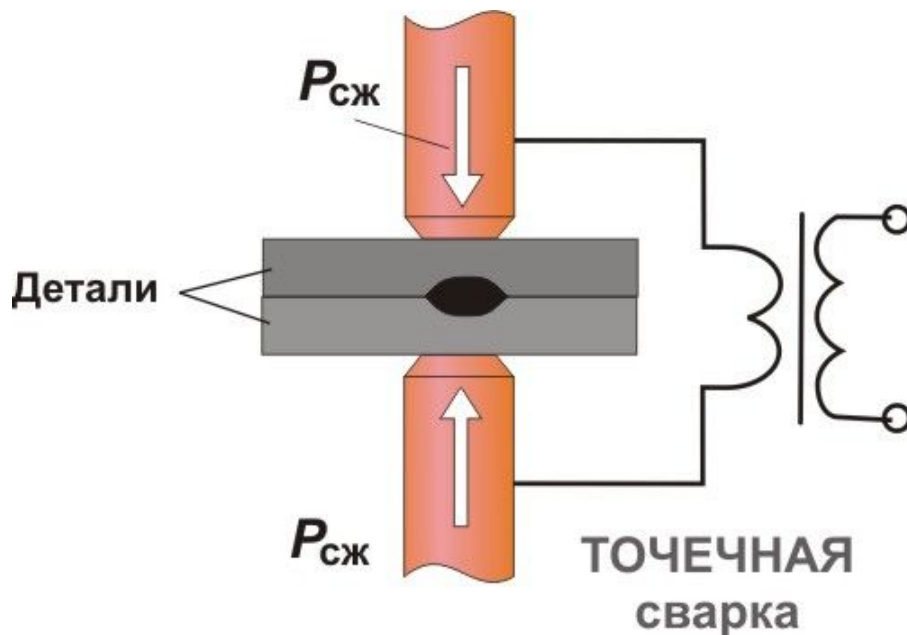
а - без увеличения давления; б - с увеличением давления при проковке; 1 - сжатие деталей; 2 - включение тока; 3 - проковка (осадка); 4 - снятие давления с электродов

Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка



Основные параметры режима

- Сварочный ток
- Давление (сила сжатия)
- Время пропускания тока (время сварки)
- Время предварительного сжатия
- Время последующего сжатия (проковки, осадки)

Контактная сварка

Мягкий режим: относительно малая плотность тока ($70-160 \text{ А/мм}^2$) и большая длительность цикла (2-3 сек) при сравнительно малом удельном давлении

Плавный нагрев заготовок.

Применяют для сварки сталей, склонных к закалке.

Жесткий режим: большие плотности тока ($160-300 \text{ А/мм}^2$) и малая длительность процесса (0,2-1,5 сек). Давление большое.

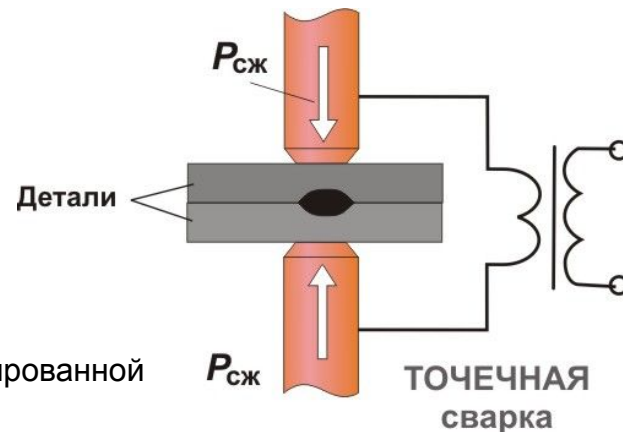
Быстрый нагрев и охлаждение.

Для алюминиевых и медных сплавов с высокой теплопроводностью.

Для высоколегированных сталей с целью сохранения коррозионной стойкости: на мягких режимах возможно обеднение металла хромом за счет образования карбидов хрома

Диаметр точки примерно 1-1,5 диаметра электрода
 Диаметр электрода принимают на 3-4 мм больше
 суммарной толщины свариваемых листов

Рекомендуемые режимы сварки листов из низкоуглеродистой и низколегированной стали

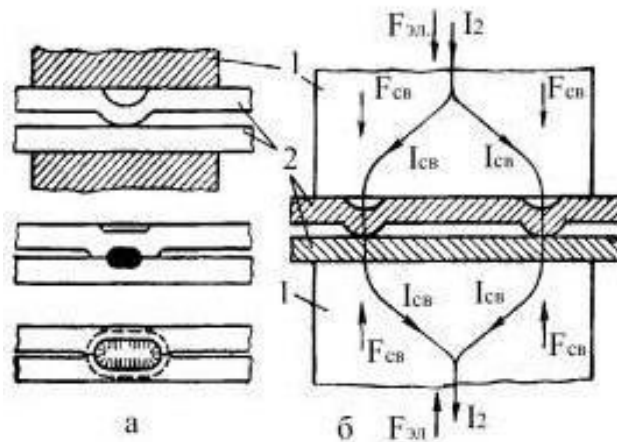
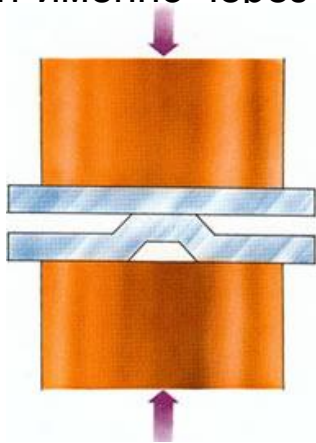


Толщина, мм	Диаметр электрода, мм	Длительность тока, сек	Давление, кг	Сила тока, А
Жесткие				
0.5+0.5	6	0,1..0,3	30..40	4000..5000
1+1	6	0,2..0,35	80..120	6000..8000
1,5+1,5	7	0,25..0,35	120..160	7000..8000
Мягкие				
0.5+0.5	6	0,8	30..40	3000..4000
1+1	6	1	80..120	4500..5000
1,5+1,5	7	1	100..140	5000..6000

Рельефная сварка - разновидность точечной сварки

Усилие, прилагаемое к электродам при проковке, и путь прохождения тока определяются контактом на специально выштампованных выступах (рельефах)

Размеры рельефов определяют объем металла, в котором будет происходить образование сварных точек. Значительное усилие сжатия, прилагаемое ко всем выступам одновременно, и распределение тока, определяющего эффект Джоуля, достигаются за счет большой общей поверхности электродов – выступов, причем ток проходит именно через рельефы



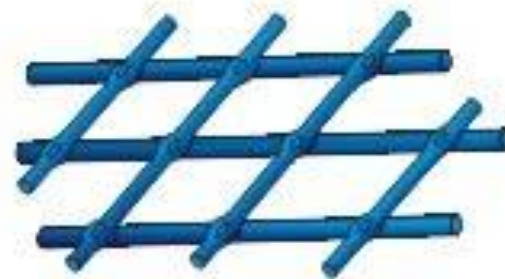
Позволяет одновременно сваривать большое количество рельефных контактов на одной стороне деталей (при ограниченных размерах машины и ограничениях по форме соединяемых деталей)

Рельефная сварка - разновидность точечной сварки

кабина автомобиля



СВАРНАЯ АРМАТУРА

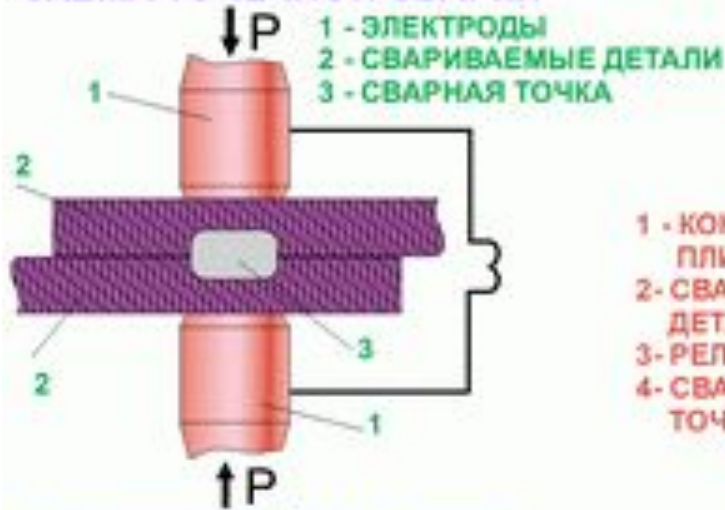


РАДИАТОР ОТОПЛЕНИЯ

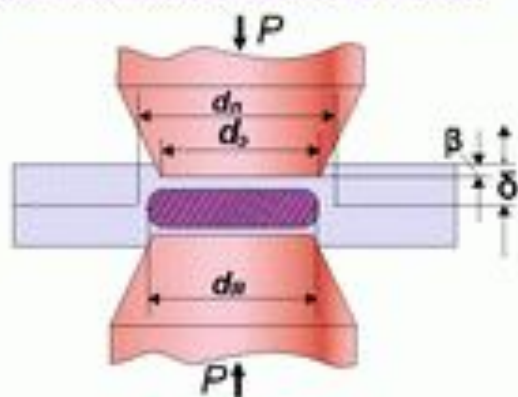


ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧЕЧНОЙ И РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

СХЕМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

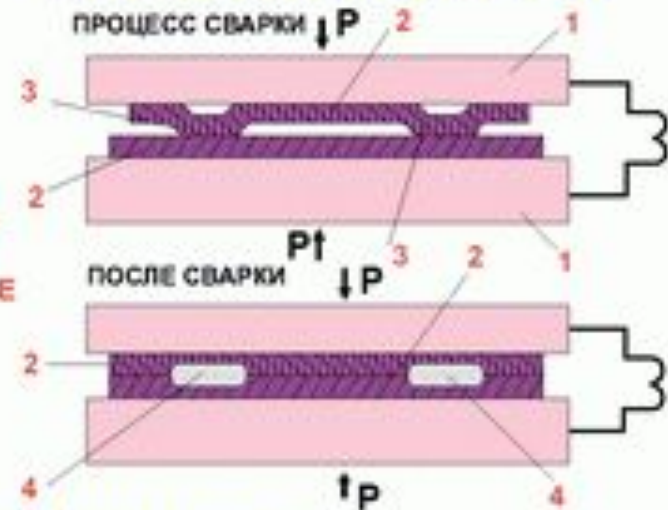


ОБРАЗОВАНИЕ СВАРНОЙ ТОЧКИ

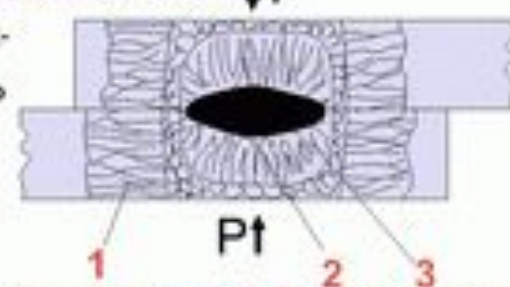


- d_n - диаметр рабочей поверхности электрода;
- d_s - диаметр расплавленного металла (литое ядро);
- d_p - диаметр пластического металла;
- δ - толщина свариваемых деталей;
- β - глубина вмятины

СХЕМА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ



СТРУКТУРА МЕТАЛЛА ТОЧКИ



- 1 - основной металл; 2 - литое ядро;
- 3 - участок сварки в результате пластической деформации

Контактная сварка

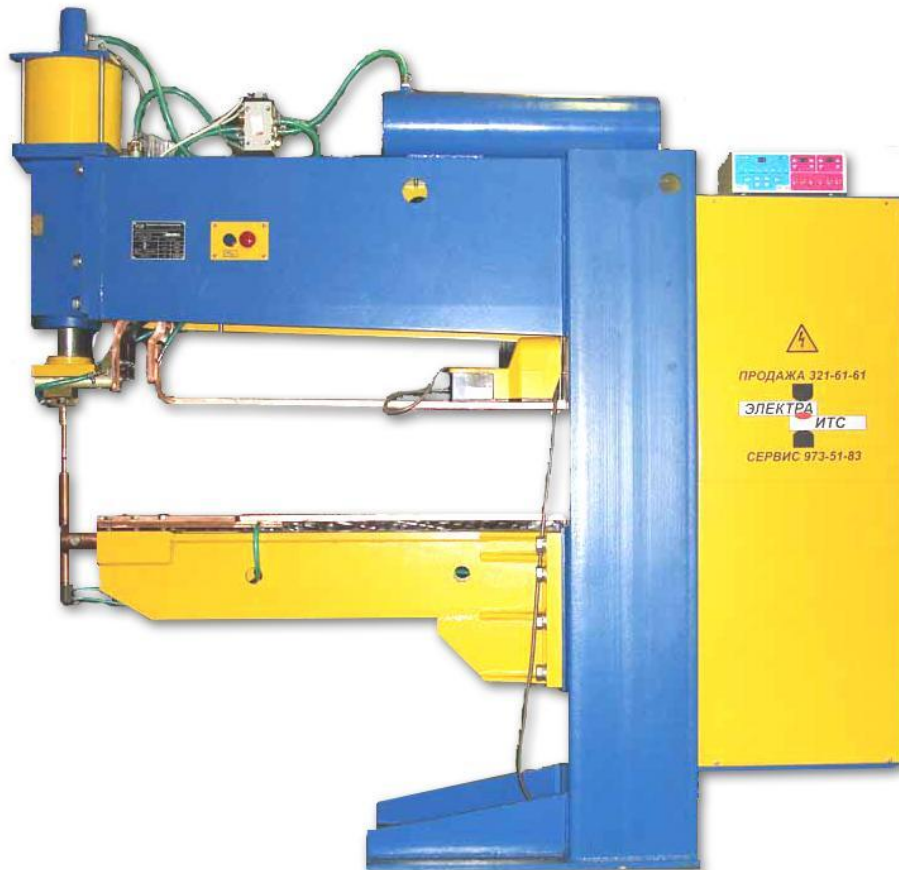
УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка

Применяют специальные машины, которые в процессе работы выполняют две основные функции - сжатие и нагрев соединяемых деталей.

В конструкции любой машины условно можно выделить механическую и электрическую части



Контактная сварка

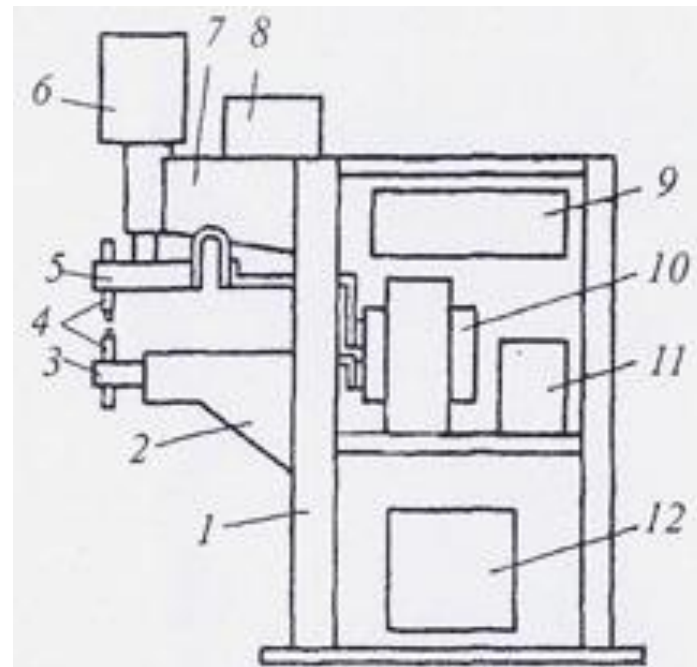
Электрическая часть машины - для обеспечения необходимого цикла нагрева металла в зоне сварки

- понижающий трансформатор (10)
- переключатель ступеней (11)
- прерыватель тока (12)
- блок управления (регулятор цикла сварки) (9)
- вторичный контур (токоподводы - жесткие и гибкие шины, верхняя (5) и нижняя (3) консоли с электрододержателями (4))

Часто аппаратура управления смонтирована в отдельном шкафу

Все части вторичного контура изготавливают из меди или медных сплавов

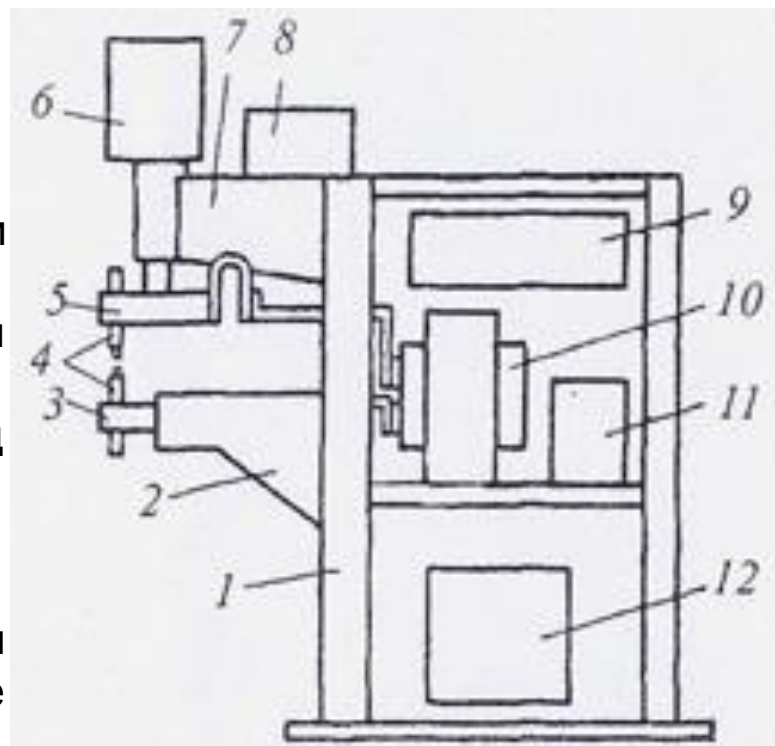
Большинство элементов вторичного контура, сварочный трансформатор и контактор имеют водяное охлаждение

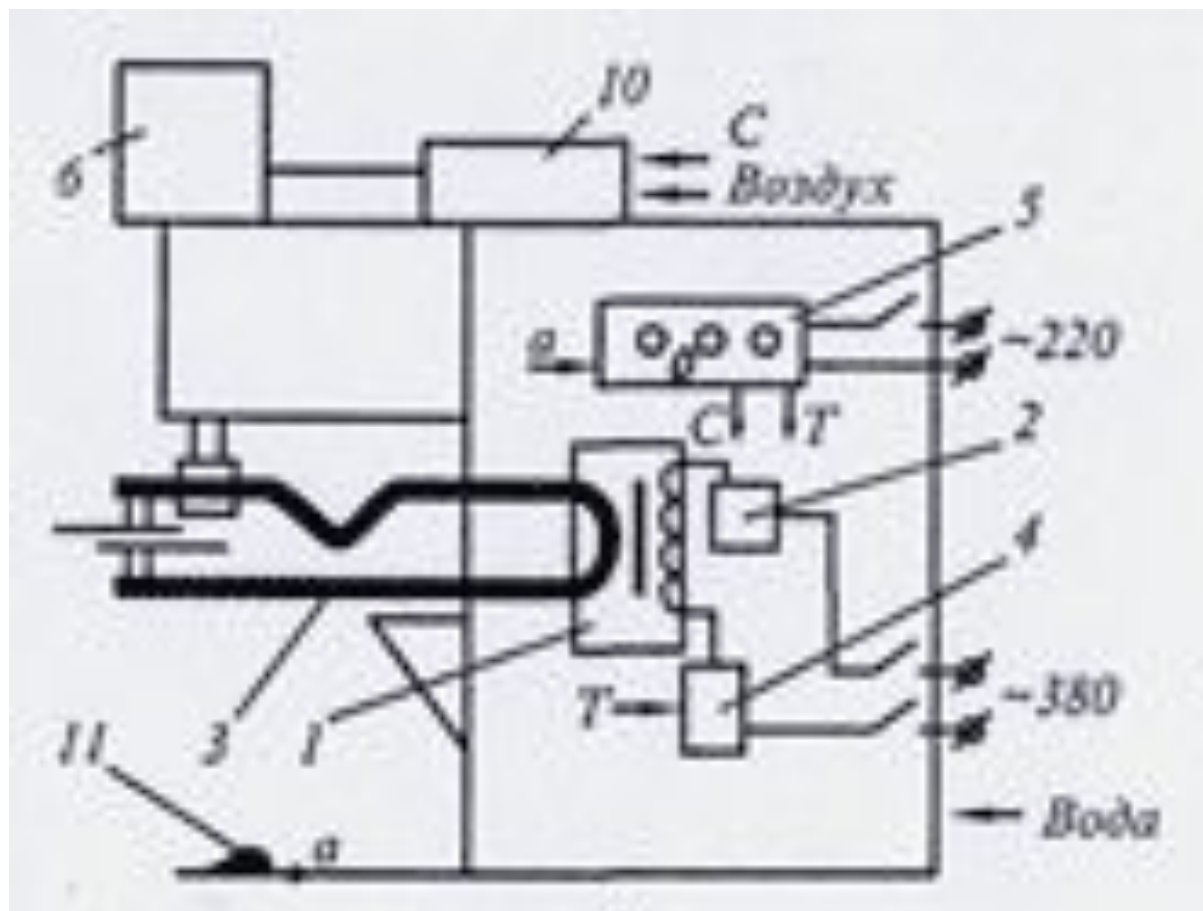


Механическая часть – для обеспечения необходимого усилия сжатия

- корпус (станина) (1)
- нижний кронштейн (2) с нижней консолью (3) и электрододержателем (4) с электродом
- верхний кронштейн (7) с верхней консолью (5) и электрододержателем (4) с электродом.
- пневмо-, гидро- или механический привод сжатия электродов (6)
- пневмо- или гидроаппаратура (8)

Корпус, верхний и нижний кронштейны и консоли воспринимают усилие, развиваемое приводом сжатия, и поэтому должны иметь высокую жесткость

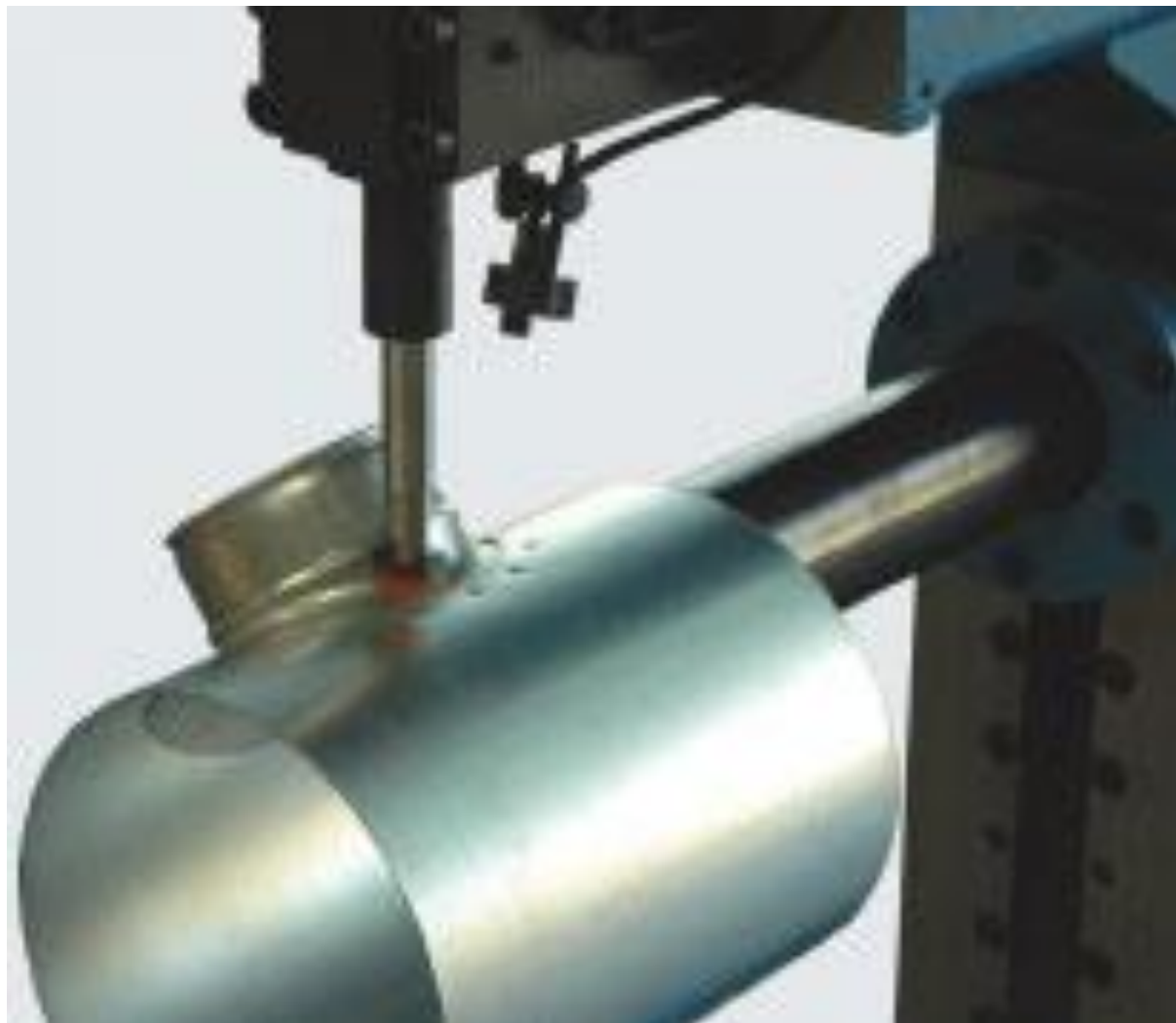




УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка



Контактная сварка

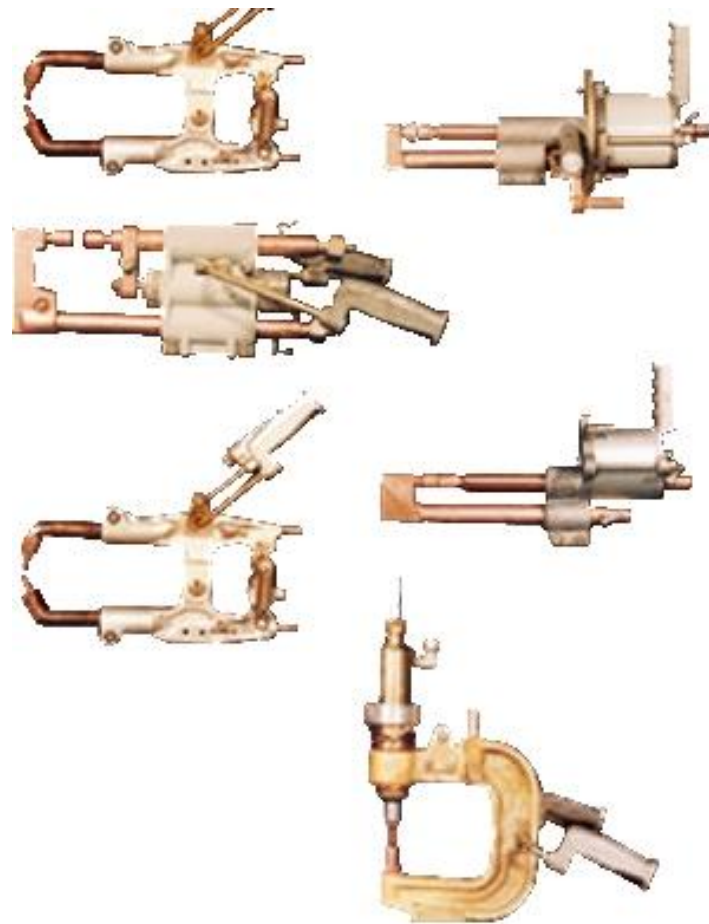
УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Переносные клещи для точечной сварки

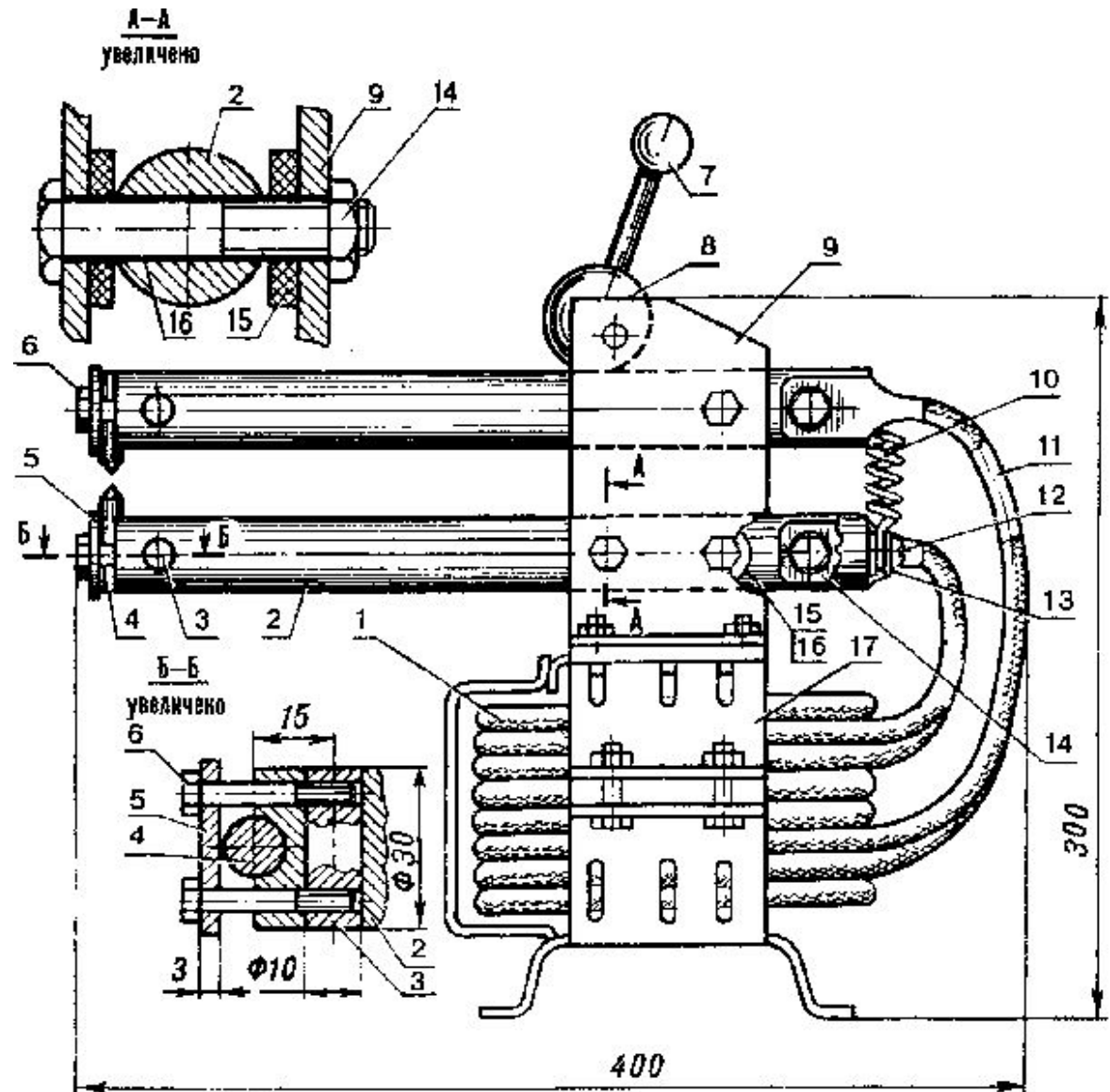


Точечная контактная сварка



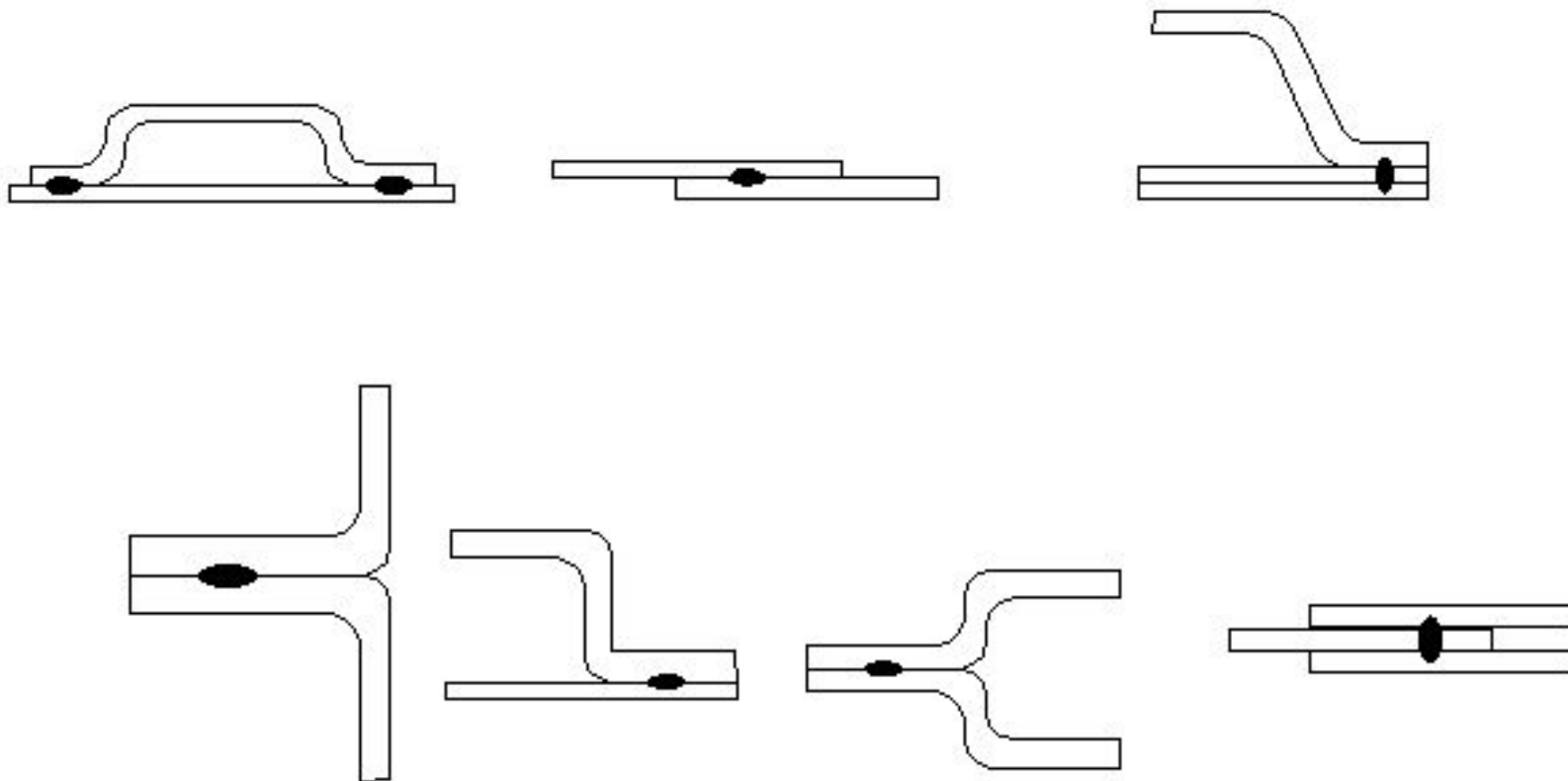
Контактная сварка

Переносные клещи для точечной сварки



Сварные соединения:

ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы



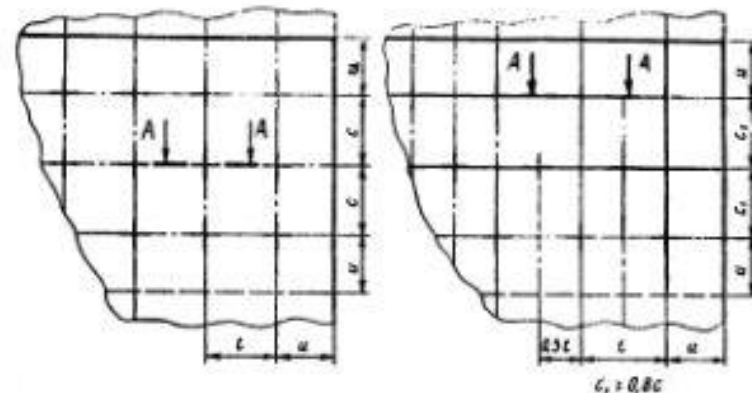
Контактная сварка

Сварные соединения:

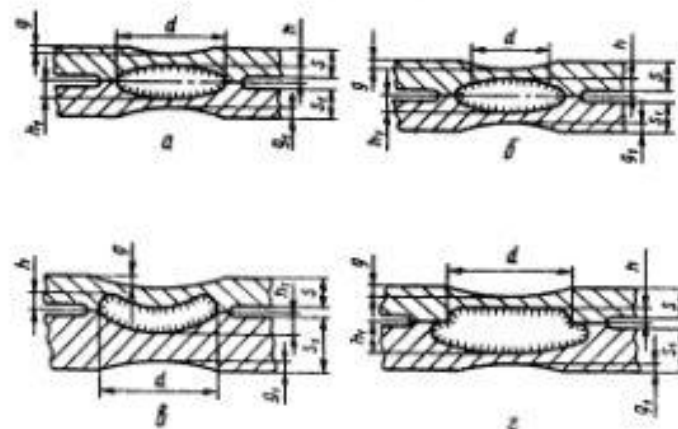
ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы

Конструктивные элементы сварных соединений:

- s и s_1 — толщина детали
- d — расчетный диаметр литого ядра точки или ширина литой зоны шва
- h и h_1 — величина проплавления
- g и g_1 — глубина вмятины
- t — расстояние между центрами соседних точек в ряду
- c — расстояние между осями соседних рядов точек при цепном расположении
- c_1 — расстояние между осями соседних рядов точек при шахматном расположении
- f — величина перекрытия литых зон шва
- l_1 — длина не перекрытой части литой зоны шва
- B — величина нахлестки
- u — расстояние от точки или оси шва до края нахлестки
- n — число рядов точек



A-A



Контактная сварка

ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧЕЧНОЙ И РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

СОЕДИНЕНИЯ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКОЙ

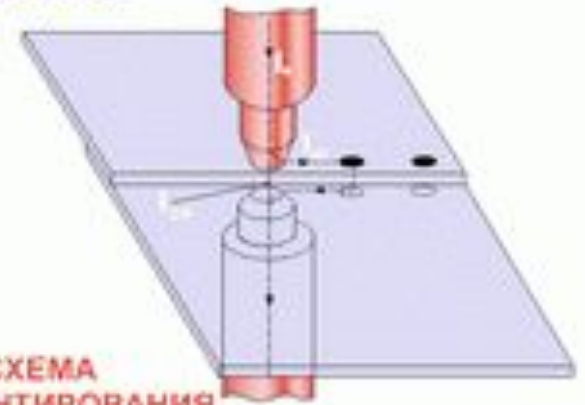
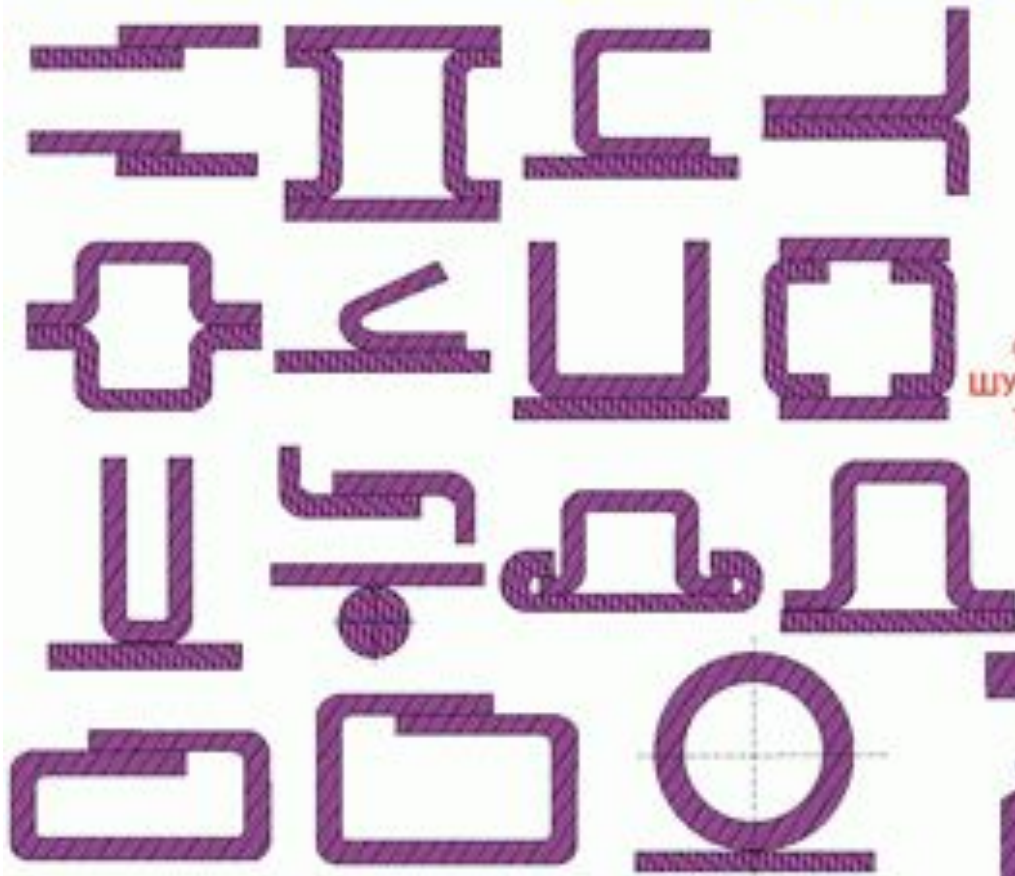


СХЕМА
ШУНТИРОВАНИЯ
ТОКА

I_0 - вторичный ток
 $I_{св}$ - сварочный ток
 $I_{ш}$ - шунтирующий ток

РАЗНОВИДНОСТИ РЕЛЬЕФОВ



Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка

Контактная VS дуговая



Контактная сварка

Электроды в контактной сварке служат для замыкания вторичного контура через свариваемые детали

Важнейшая характеристика электродов - стойкость, способность сохранять исходную форму, размеры и свойства при нагреве рабочей поверхности до температуры 600°C и ударных усилиях сжатия до 5 кг/мм^2 . Электроды для точечной сварки - это **быстроизнашивающийся сменный инструмент** сварочной машины.



Материалы для электродов должны обладать также высокой электро- и теплопроводностью, чтобы их нагрев в процессе сварки был меньше.

Контактная сварка

Для изготовления электродов используют медь и жаропрочные медные сплавы – бронзы:

хромоциркониевая бронза БрХЦрА

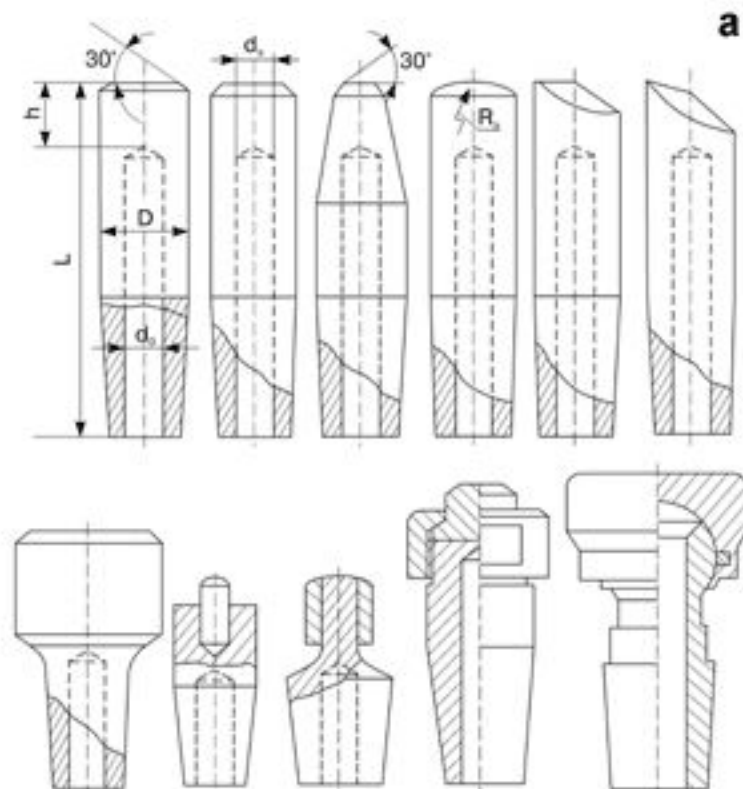
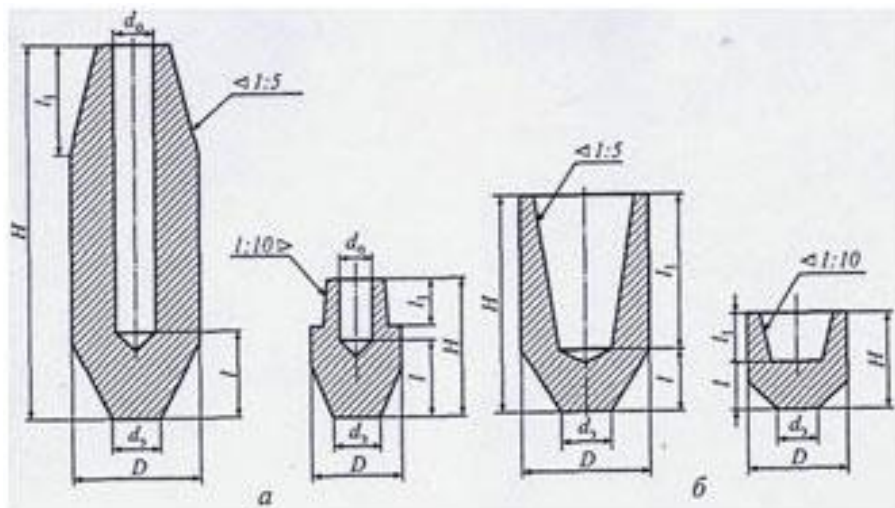
кадмиевая БрКд1

хромистая БрХ

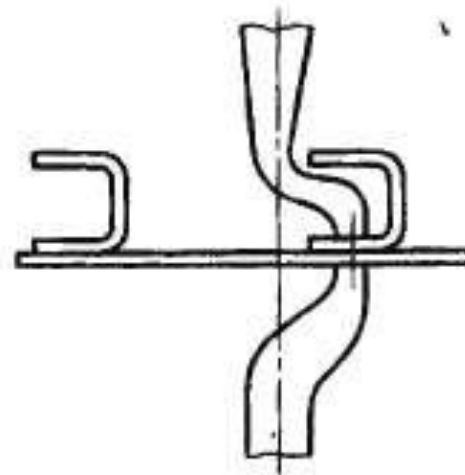
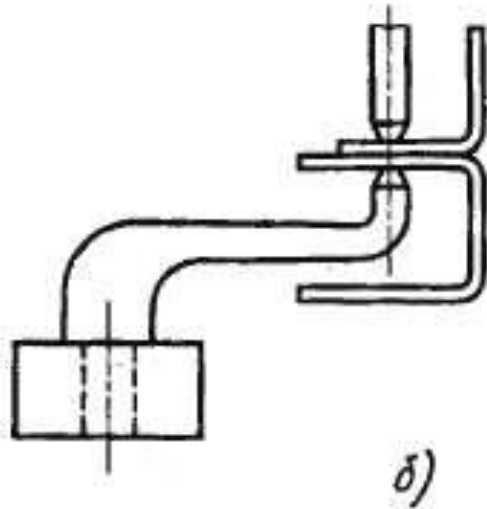
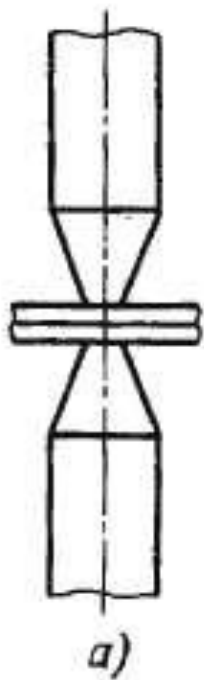
легированная никелем, титаном и бериллием БрНТБ

кремний-никелевая бронза БрКН-1-4

ГОСТ 14111-90 (ИСО 5184-79). Электроды прямые для контактной точечной сварки. Типы и размеры
ГОСТ 25444-90. Электроды прямые и электрододержатели для контактной точечной сварки. Посадки конические. Размеры



контактная сварка



Состояние рабочей поверхности электрода (размеры, чистота поверхности, выпуклость/вогнутость) во многом определяет качество сварной точки

Повысить износостойкость электродов можно, используя технологические факторы:

Сварку алюминиевых и магниевых сплавов лучше производить на конденсаторных машинах, а не на машинах переменного тока.

Вместо механической зачистки нужна химическая очистка поверхности, травление и пассивация. Расстояние от рабочей поверхности до дна охлаждающего канала не должно превышать 10 - 12 мм, увеличение его до 15 мм повышает износ электрода в 2 раза.

При сварке черных металлов стойкость электродов можно повысить в 3 - 4 раза только за счет сферической заточки электрода и снижения темпа сварки до 40 - 60 точек в минуту

При подготовке поверхностей к сварке должны выполняться три основных требования:

- ❖ в контактах электрод-деталь должно быть обеспечено как можно меньшее электросопротивление ($K_{э-д} \rightarrow \min$)
- ❖ в контакте деталь-деталь сопротивление должно быть одинаковым по всей площади контакта
- ❖ сопрягаемые поверхности деталей должны быть ровными, плоскости их стыка при сварке должны совпадать

Выбор конкретного способа подготовки поверхностей определяется материалом деталей, исходным состоянием их поверхностей, характером производства.

Для штучного и мелкосерийного производства необходимо предусмотреть операции правки, рихтовки, обезжиривания, травления или зачистки, механической обработки.

Для крупносерийного и массового производства, где обеспечивается высокое качество исходных материалов в заготовительном и штампопрессовом производствах, подготовку перед сваркой можно не делать. Исключение составляют детали из алюминиевых сплавов, требующих обработки поверхности не более, чем за 10 ч до сварки

Критерием качества подготовки поверхности является величина контактных сопротивлений $R_{\text{э-д}}$ и $R_{\text{д-д}}$

Для их измерения детали зажимают между электродами сварочной машины, но сварочный ток не включают. Сопротивление измеряют микроомметром.

Для сталей сопротивление должно быть не более 200 мкОм.

Высокое $R_{\text{э-д}}$ приводит к перегреву электродов и подплавлению поверхности деталей, происходит **наружный и внутренний выплеск** металла и образуется чрезмерная вмятина под электродами

Подготовка поверхности к сварке:

- очистка от масла, грязи, оксидов
- механическая или химическая обработка металла с обеих сторон

Механическая обработка может выполняться абразивными материалами, песко- и дробеструйными аппаратами, металлической щеткой.

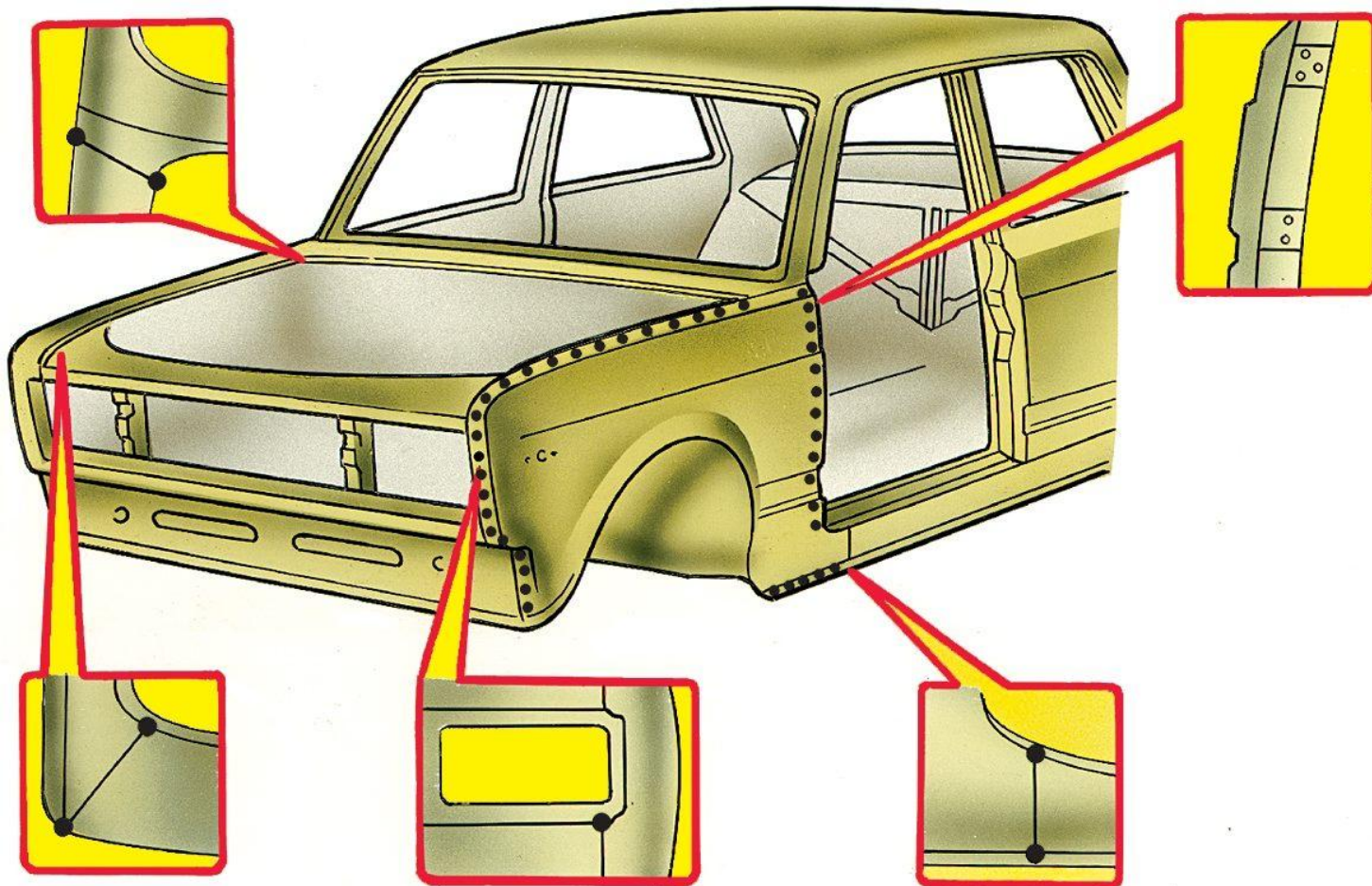
Химическая очистка - травление.

Очистка поверхности и **плотное прилегание** деталей обеспечивают высокое качество сварной точки

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка



Контактная сварка



УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Точечная контактная сварка



Контактная сварка

Достоинства

- малое время протекания процесса
- возможность соединения тонколистовых конструкций
- возможность полной автоматизации



Недостатки

- невозможность получения герметичных соединений
- нестабильность качества соединений при больших размерах изделия и большом числе сварных точек из-за шунтирования тока



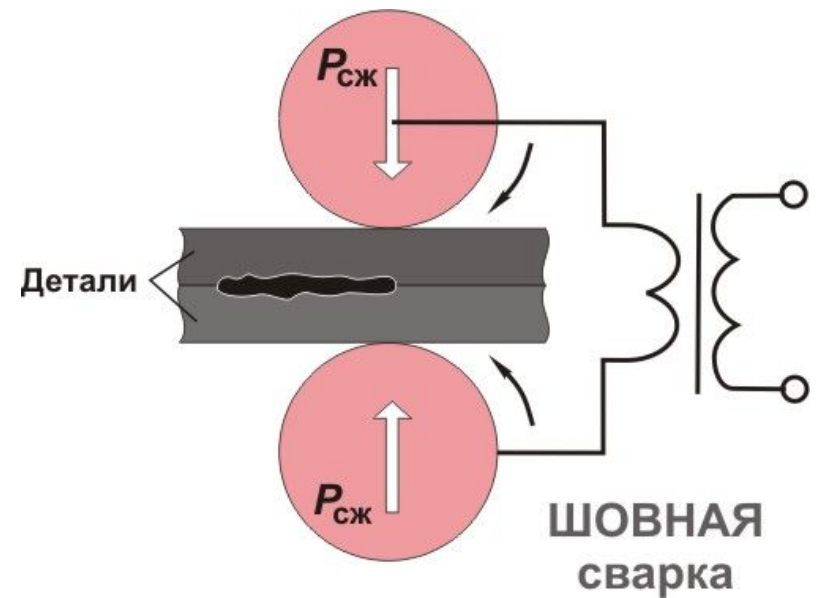
УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Шовная (роликовая) контактная сварка

Шовная сварка: детали соединяются швом, состоящим из отдельных сварных точек (литых зон), перекрывающихся или нет одна другую

Соединение выполняется внахлестку в виде непрерывного или прерывистого шва вращающимися дисковыми электродами, к которым подведен ток и приложено усилие



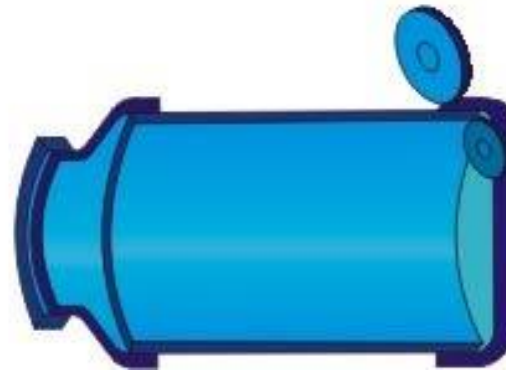
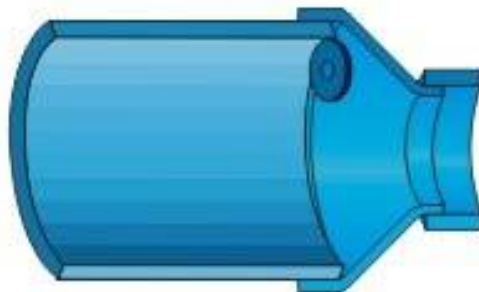
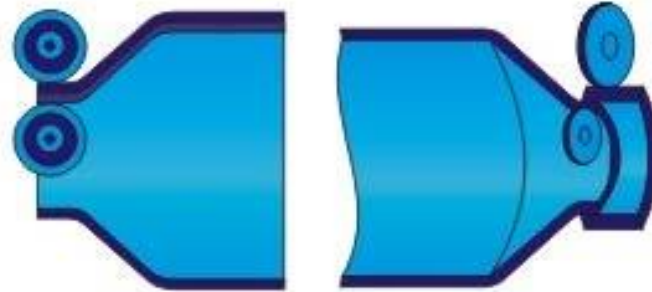
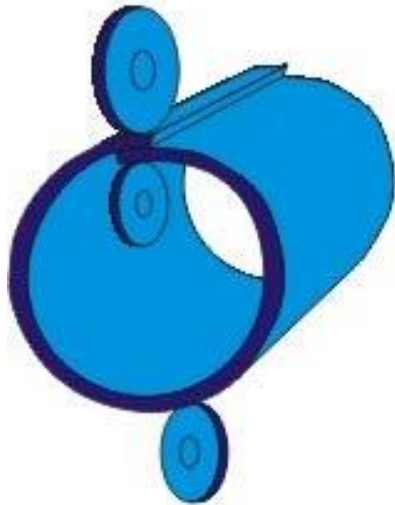
Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Шовная (роликовая) контактная сварка

МОЛОЧНЫЙ БИДОН

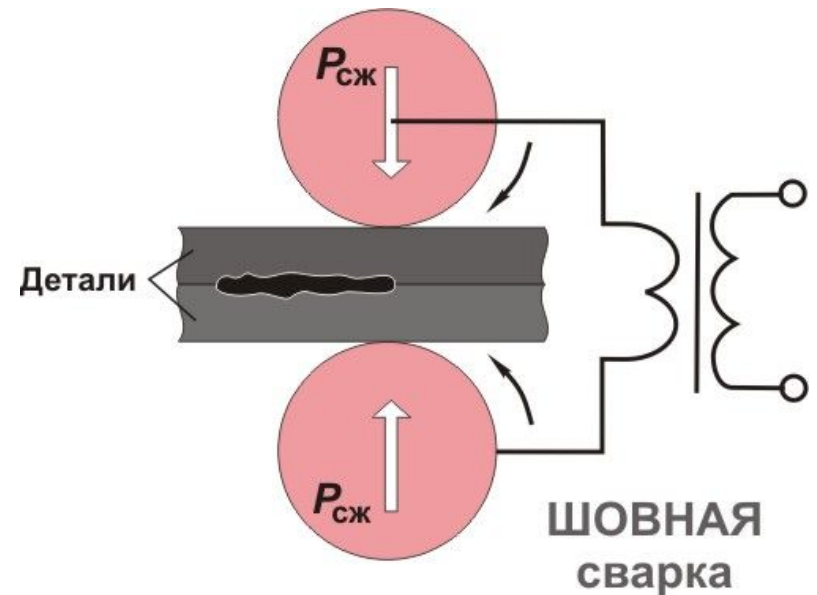


Контактная сварка

Три способа шовной сварки:

- непрерывная
- прерывистая с непрерывным вращением роликов
- прерывистая с периодическим вращением роликов (шаговая сварка)

Все три способа выполняются при постоянном давлении

**Контактная сварка**

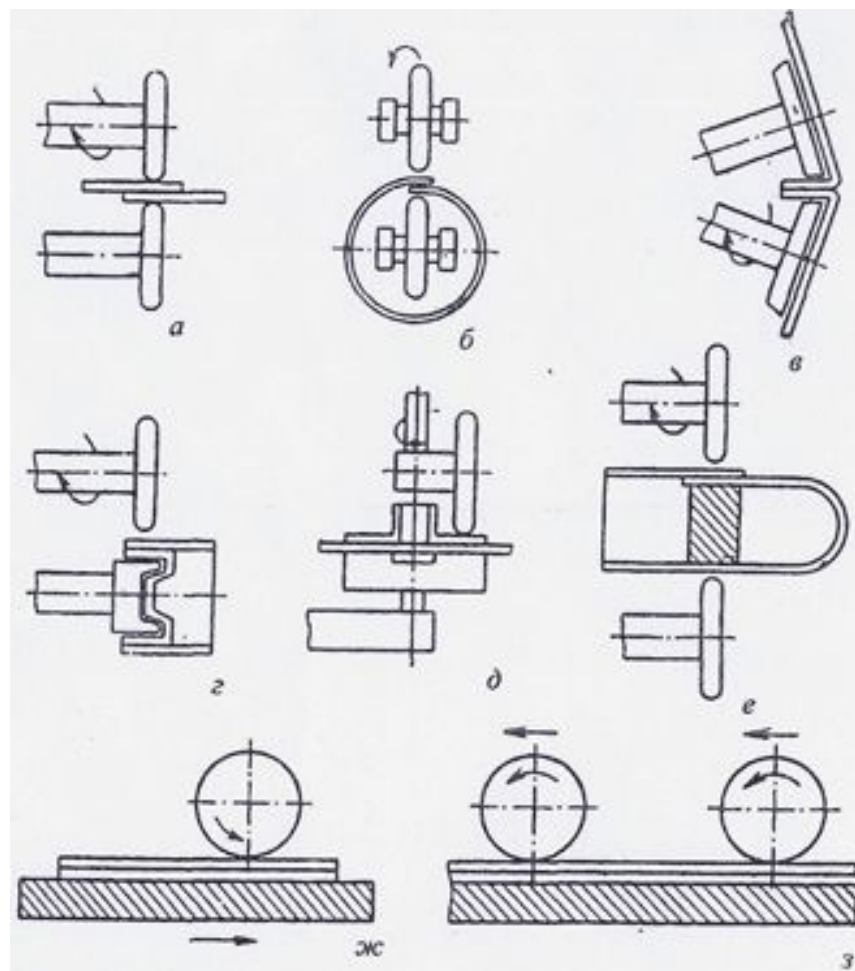


УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Шовная (роликовая) контактная сварка

Применяют как двустороннюю, так и одностороннюю шовную сварку

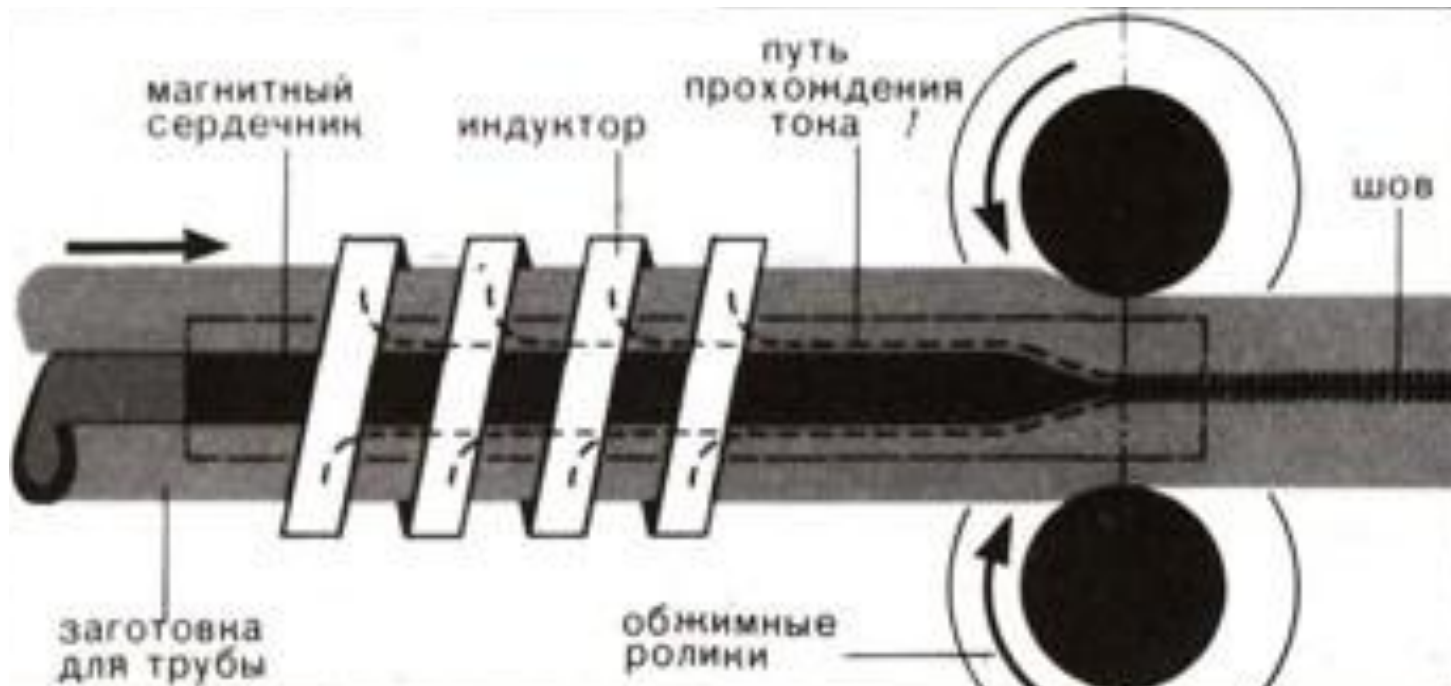


Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Шовная (роликовая) контактная сварка



Шовная сварка с индукционным подогревом

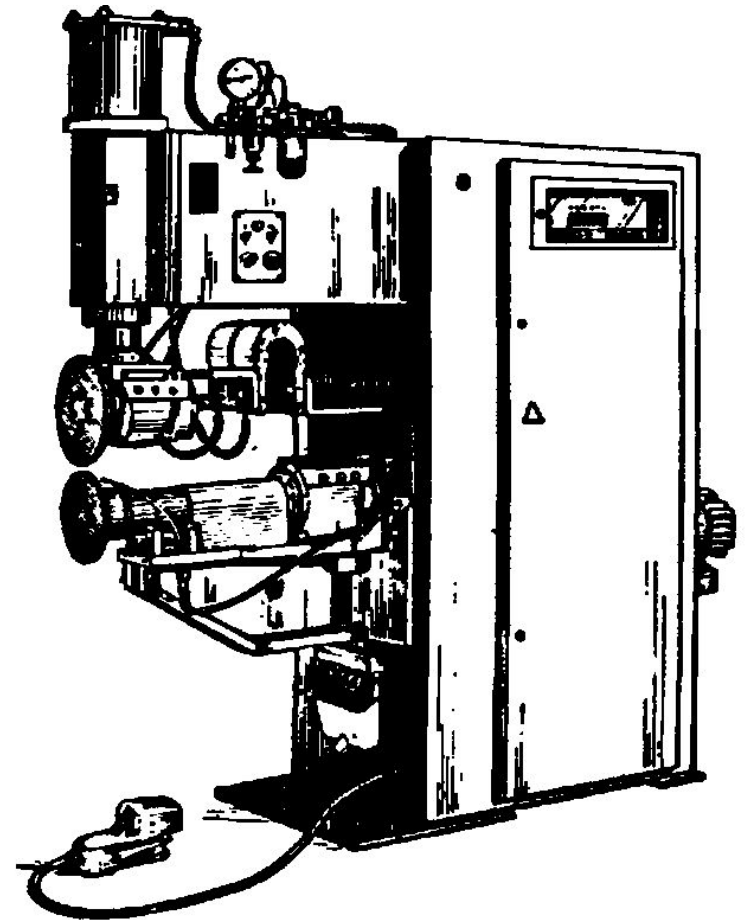
Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Шовная (роликовая) контактная сварка

Машины для шовной сварки похожи на точечные, но дополнительно имеют привод вращения электродов, выполненных в виде роликов.



Шовную сварку применяют при изготовлении различных емкостей с толщиной стенки 0,3 - 3 мм, где требуются герметичные швы - бензобаки, трубы, бочки, сифоны и др.

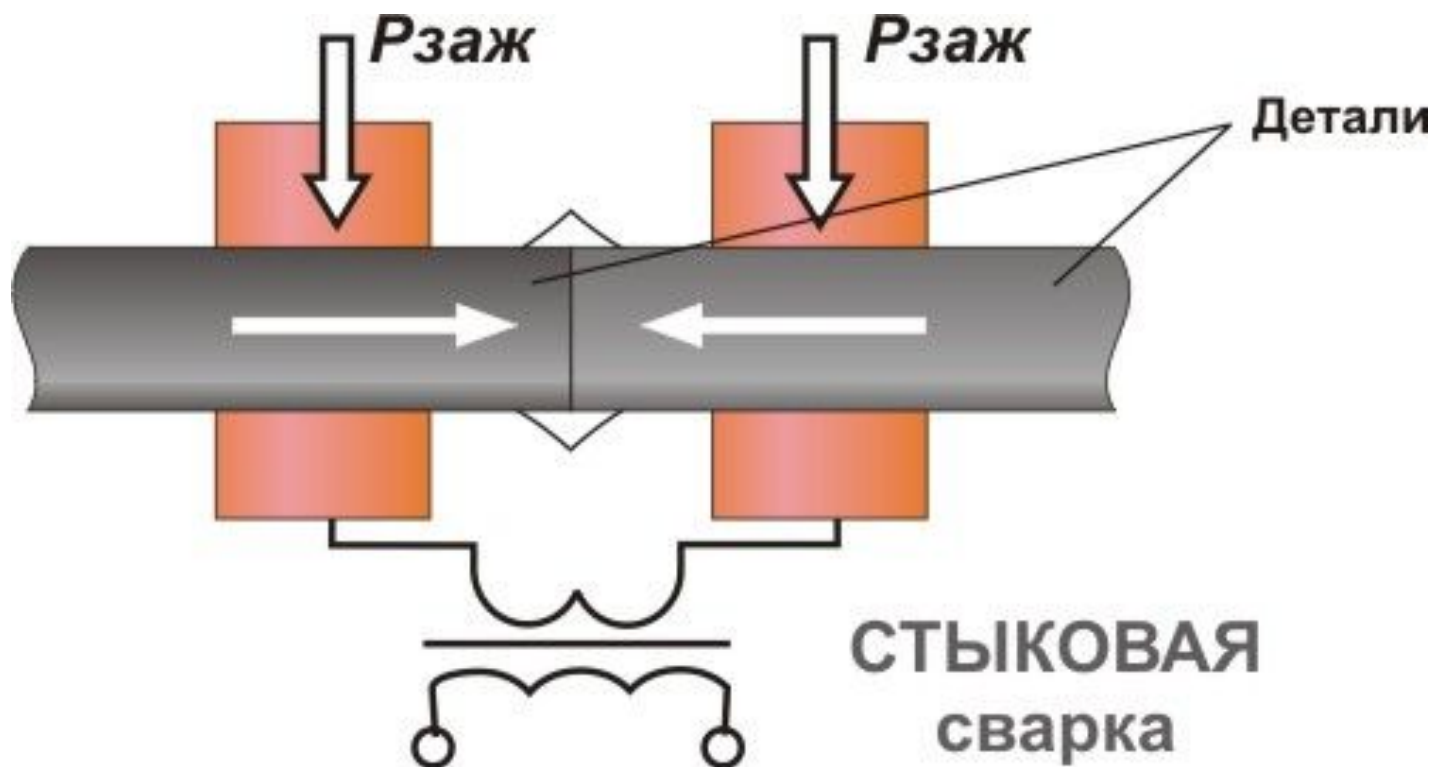
Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Стыковая контактная сварка

Стыковая контактная сварка - это сварка, при которой соединение свариваемых частей происходит по всей поверхности стыкуемых торцов. Применяется для соединения труб, валов, прутков, балок



Контактная сварка

УрФУ

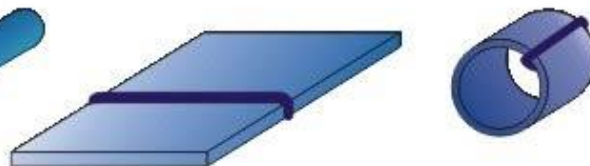
Кафедра Технологии сварочного производства

СТЫКОВАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

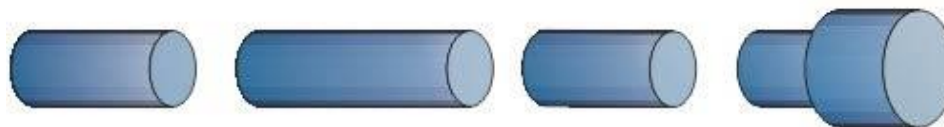
СТЕРЖНИ ТРУБЫ



ЛИСТЫ



СОСТАВНОЙ ИНСТРУМЕНТ
ЗАГОТОВКИ



ИНСТРУМЕНТ



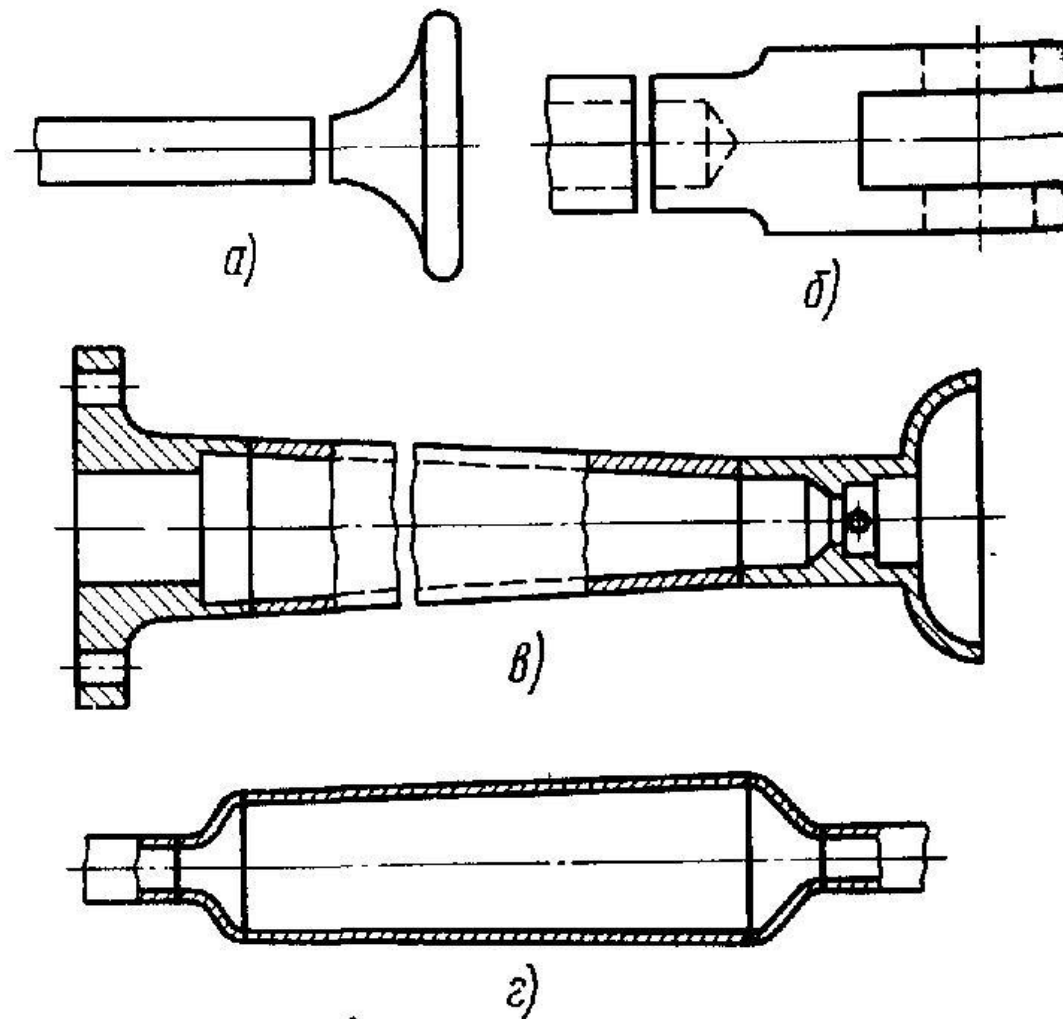
ЗАГОТОВКИ

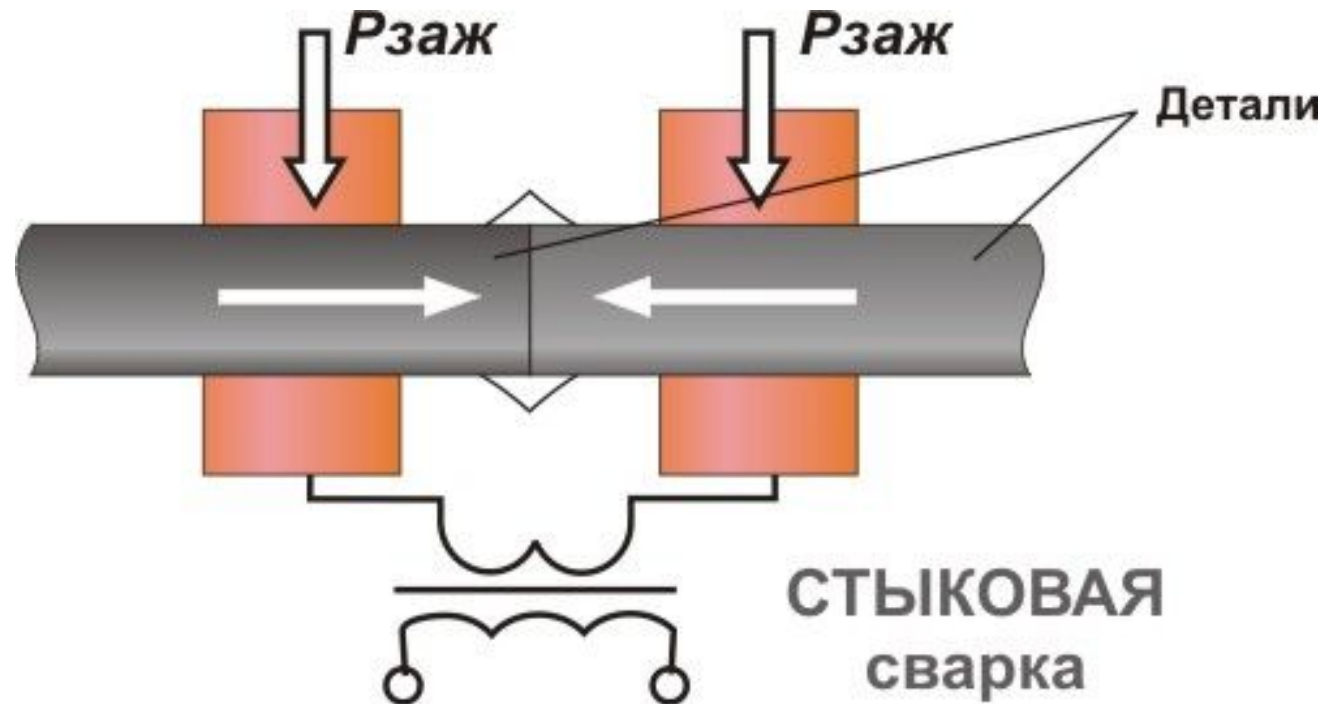


ИНСТРУМЕНТ



Контактная сварка





Три способа стыковой сварки:

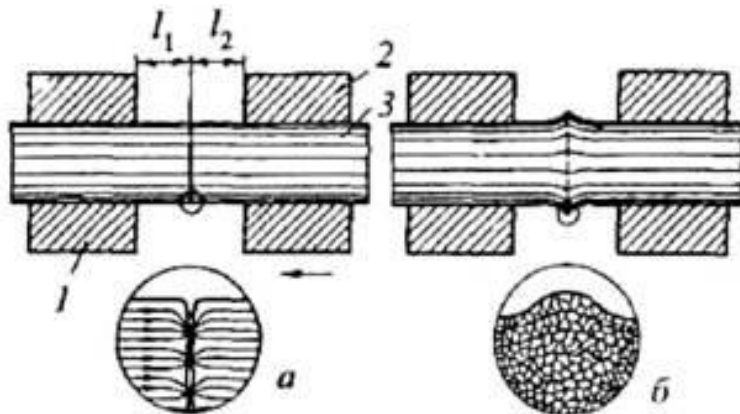
- сопротивлением
- непрерывным оплавлением
- прерывистым оплавлением

Сварка сопротивлением: нагрев при прохождении тока через участок контакта деталей **до пластического состояния** и последующая осадка с одновременным отключением тока

Таким способом сваривают:

- НУ и НЛ стали сплошного сечения с площадью до 1000 мм^2
- легированные стали до 200 мм^2
- цветные металлы и их сплавы

Этот способ требует **высокой чистоты поверхностей** и строгого **контроля температуры нагрева**. Поэтому он не получил широкого распространения



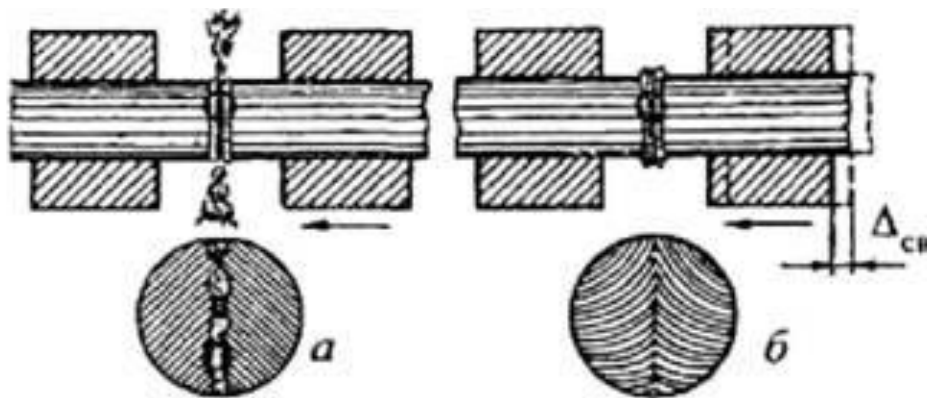
Контактная сварка

Сварка непрерывным оплавлением: детали приводят в соприкосновение при включенном напряжении, что вызывает оплавление их торцов. Затем - осадка на установленную величину.

Применяют при сварке тонкостенных труб, листов, рельсов и др.

Допускается сварка разнородных металлов.

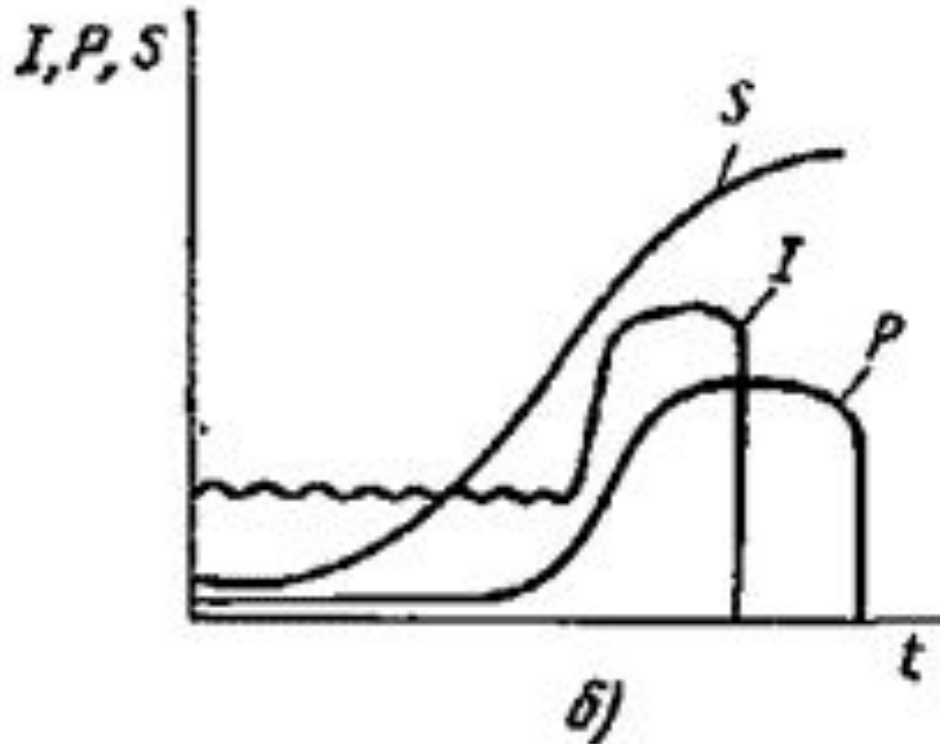
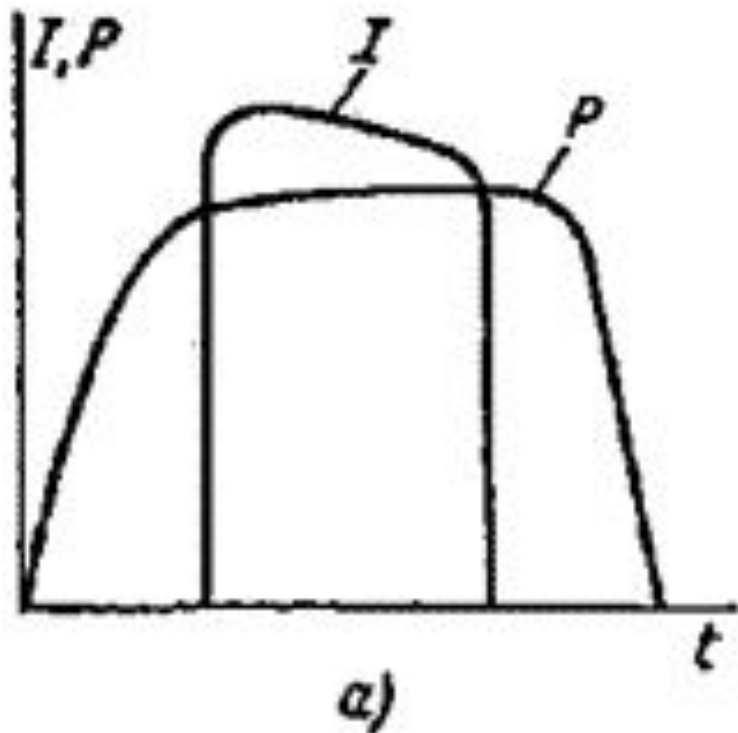
Достоинство - высокая производительность, недостаток - высокие потери на разбрызгивание и угар металла



Сварка прерывистым оплавлением производится чередованием плотного и неплотного контакта деталей при включенном токе до тех пор, пока торцы их не нагреются до 800-900°C.

Затем производят оплавление и осадку.

Этим способом сваривают НУ стали в тех случаях, когда мощность машины недостаточна для сварки с непрерывным оплавлением (большое сечение)



Циклограммы контактной стыковой сварки : а - сопротивлением; б - оплавлением;
 I - сварочный ток; P - усилие сжатия; S - перемещение подвижной плиты; t - время сварки;

Контактная сварка

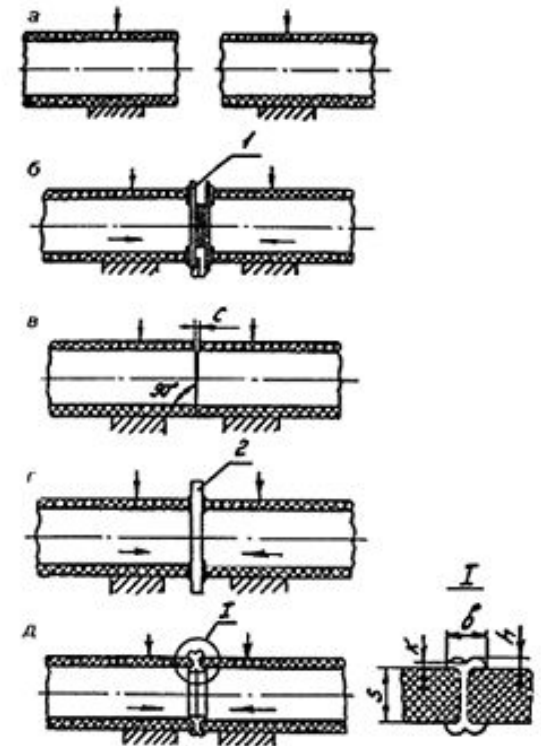
Подготовка деталей зависит от способа сварки.

Сварка сопротивлением требует высокой точности обработки и плотности прилегания поверхностей. Перекосы и зазоры приводят к неравномерному прогреву деталей, образованию оксидов и снижению качества соединения.

Сварка оплавлением допускает менее тщательную обработку. Детали под сварку могут обрезаться пресс-ножницами и даже кислородной резкой (с последующей очисткой от шлака).

Основные параметры стыковой контактной сварки:

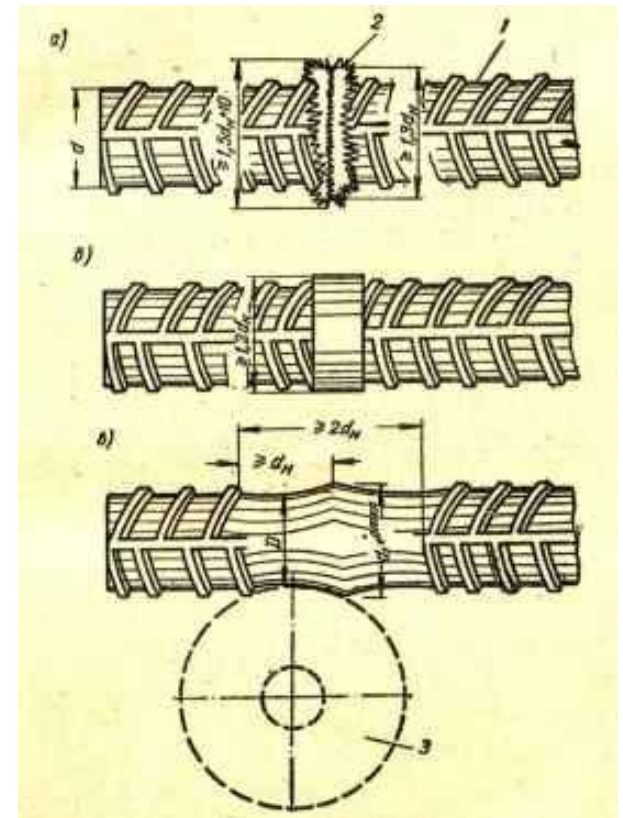
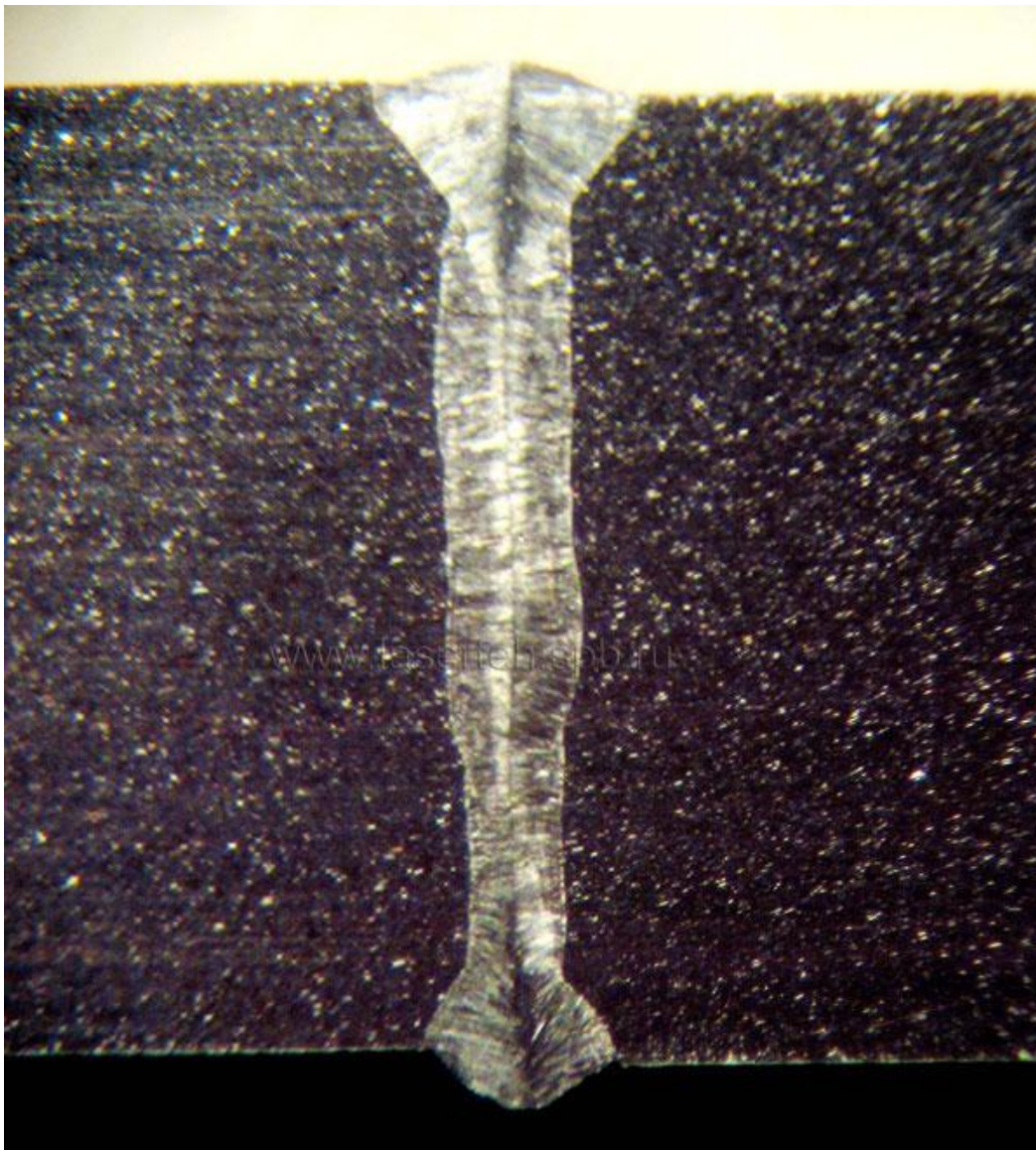
- установочная длина
- давление
- сила тока
- величина осадки
- время пропускания тока (время оплавления)



УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

СТЫКОВАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА



Контактная сварка

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Машины для стыковой сварки состоят из механической и электрической части.

Механическая часть служит для фиксации деталей и подвода к ним тока (зажимы), перемещения деталей (сдавливание, осадка). Механизм перемещения может быть либо с ручным приводом, либо с механическим. Электрическая часть состоит из трансформатора с секционированной первичной обмоткой и прерывателя тока.

