Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по курсам «Технология конструкционных материалов»
и «Технологические процессы в машиностроении
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очная и заочная формы обучения

Энгельс 2026

Цель работы: изучить оборудование контактной сварки и исследовать влияние ей технологических факторов на механические свойства и на формообразование металла сварного соединения.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Контактная сварка относится к способам сварки давлением с кратковременным нагревом места соединения без оплавления или с оплавлением. Сварка давлением - это сварка, осуществляемая приложением давления за счет пластической деформаций соединяемое частей при температуре меньше температуры плавления (ГОСТ 60307-02). Качество сварного соединения, выполненного этим методом, во многой определяется контактом свариваемых поверхностей.

Контакт свариваемых поверхностей зависит от действия межатомных сил связи, которые начинает проявляться при сближении поверхностей на расстояние $(4 \div 5) \cdot 10^{-7}$мм. При механической обработке шероховатость превышает это значение и составляет всего $(0{,}3 \div 1{,}0) \cdot 10^{-3}$ мм. Следовательно, простое соприкосновение позволяет получать межатомное взаимодействие лишь на отдельных вершинах микронеровностей (рис. 1).

Для надежного соединения необходимо увеличить фактическую площадь контакта путем приложения давления (Р) или повышением температуры (Т). Возможны несколько схем контакта свариваемых поверхностей (рис.2). Фактическая площадь контакта (Ar) будет равна сумме n элементарных микроконтактов (Аэ):

$$A_г = n \cdot A_э$$

Если сварку давлением применять без тока, то сила (Р), действующая на контакт, будет равна:

$$P = 3 \cdot \varepsilon^{\frac{r}{\gamma}} \cdot \sigma_т \cdot A_c \cdot B,$$

ε - сближение поверхностей;

$\sigma_т$ - предел текучести свариваемого материала;

A_c- контурная площадь контакта;

В – опытный коэффициент, учитывающий класс шероховатости свариваемых поверхностей (изменяется от 1 до 10).

Г – коэффициент, зависящий от способа обработки поверхностей (изменяется от 1,5 до 3).

Прочность межатомных связей можно увеличить при условии сочетания фактического контакта с энергетическим взаимодействием. Взаимосвязь между усилием и температурой в зоне контакта поверхности показана на рис. 3.

При сварке давлением и особенно при контактных ее способах происходит целый комплекс металлофизических процессов: диффузия, дви-

жение дислокаций, смятие микрогребешков (пластическая деформация), образование окисных пленок. Все эти явления вызывают структурные изменения металла и показателей его физико-механических свойств.

Контактная сварка.- это сварка давлением, при которой происходит нагрев теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части (ГОСТ 60307-82). При пропускании электрического тока через свариваемые детали выделяется теплота, общее количество которой подсчитывается по формуле:

$$Q = 0.24IRt,$$

где R - суммарное сопротивление сварочной цепи, Ом;

I - сила тока, А;

t - время протекания тока, с.

$$R_{сум} = R_{дет} + R_{к} + R_{эл},$$

где $R_{дет}$ - сопротивление нагреваемых участков детали;

$R_{к}$ - сопротивление сварочного контакта между деталями;

$R_{эл}$ – сопротивление между электродами и деталями. Так как сопротивление в различных участках сварочной цепи неодинаково то различно и выделяемое в этих участках тепло. В месте сварочного контакта деталей, где сопротивление максимально, выделяется наибольшее количество теплоты. Температура в различные моменты сварки в зоне контакта распределяется согласно рис. 4. В промышленности применяются следующие виды контактной сварки: стыковая, точечная, шовная и прессовая по методу Игнатьева.

Стыковая сварка – применяется при изготовлении заготовок режущего инструмента, арматуры для железобетона, стыков труб и рельсов, и др. деталей машин.

Точечная сварка применяется при изготовлении оборудования из тонкого листового металла: кузова автомобилей, корпуса железнодорожных вагонов и др. деталей массового производства.

Шовная сварка - применяется, при изготовлении различных сосудов и емкостей из тонкой листовой стали или цветных металлов, дутых строительных конструкций.

Прессовая сварка - позволяет приваривать тонкие листы к толстым по всей площади соприкосновения и применяется при изготовлении специального режущего инструмента и многослойного металла.

Каждая установка для контактной сварки имеет два основных узла: электрическую часть, служащую для разогрева свариваемых деталей, и механическую часть, с помощью которой обеспечивается создание нужного давленая и получение сварного соединения.

Электрическая часть контактных машин состоит из трансформатора, прерывателя тока и регулятора переключателя напряжения.

Обычно для сварки используют однофазные трансформаторы.

Трансформаторы понижают в сети 220/380 В до напряжения 1,5-12В. Контактная сварка требует величины сварного тока от 1000 до 100000А и более.

Точечная сварка в зависимости от расположения электрода по отношению к свариваемым деталям может быть двухсторонней к односторонней. При двухсторонней сварке (рис. 5) две и более деталей сжимаются между электродами точечной машины. Электроды изготовлены из меди и пустотелые (для охлаждения водой). При односторонней сварке (рис. 6) ток распределяется между верхним и нижним листами (а и б), причем нагрев осуществляется частью тока, проходящего через нижний лист. Для того, чтобы увеличить ток, проходящий через нижний лист, применяется медная прокладка (в), в результате чего сварка происходит одновременно в двух точках. По данному принципу работает машины имеющие до 50 пар электродов. Цикл сварки состоит из 4-х стадий:

1. Сжатие свариваемых деталей электродами;
2. Включение тока и разогрев места контакта в электродом;
3. Выключение тока и обжатие;
4. Снятие усилий с электродов.

Точечная сварка применяется при изготовлении изделий из малоуглеродистой, низколегированных конструкционных и нержавеющих сталей, алюминия, меди и их сплавов. Пределы толщин, свариваемых металлов от 0,5 до 5 мм.

Стыковую сварку (рис. 7) можно производить двумя способами: сопротивлением и оплавлением.

Сварка сопротивлением заключается в следующем: точно обработанные поверхности деталей приводится в плотное соприкосновение, затем включается ток и поверхности разогреваются до сварочных температур. После нагрева производится осадка при выключенном токе.

Сварка оплавлением разделяется на сварку с прерывным и непрерывным оплавлением.

Прерывистое оплавление применяется при наличии машин малой и средней мощности. В процессе сварки создается ряд коротких замыкания для разогрева, кромки оплавляются, затем следует сжатие и осадка (при выключенном токе). Метод оплавления имеет ряд преимуществ перед сваркой сопротивлением основные из которых следующие: поверхность стыка не требует особой подготовки, свариваются детали с сечением сложной формы с сильно развитым параметром, а также детали с различными сечениями, легко свариваются разнородные металлы, (быстрорежущая и углеродистая сталь, медь и алюминий и т.п.).

Шовная сварка (рис. 8) по существу является разновидностью точечной сварки, при которой точки перекрывают одна другу и создают сплошной геометрический шов.

Различают два способа сварки: сварка с непрерывным и прерывным

пропусканием тока.

При первом случае при сжатии роликов ток между ними подается непрерывно. Этот способ не получил большого распространения, так как не всегда обеспечивается хорошее качество сварки. При небольших изменениях класса шероховатости поверхности, толщины листа, химического состава металла могут образовываться прижоги и недовары. Этот вид сварки применяется для сварки неответственных изделий из малоуглеродистой стали.

При сварке с прерывателем полностью как бы повторяется процесс точечной сварки для случая, когда точки перекрывают друг друга. Этот способ обеспечивает высокое качество сварного соединения при малой зоне термического влияния; он применяется для сварки нержавеющих сталей, алюминиевых и медных сплавов. Шовная сварка наша применение в массовом производству при изготовлении различных сосудов. Толщина свариваемых листов от 0,3 до 3 мм.

ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с содержанием работы и законспектировать ее основные положения.

2. Ознакомиться с оборудованием для контактной точечное сварки (электрической и механической частями установки). Электрическая часть состоит из поникающего трансформатора, медных подпружиненных контактов и двух водоохлаждающих электродов.

3. Исследовать влияние сварочного цикла на степень разупрочнения основного металла. Для этом взять у лаборанта две пластины марки ст.3.кп длиной по 125 мм, шириной 10 мм и толщиной не более 0,5 мм и одну пластину длинной 250 мм. Затем под его руководством сварить в одной или в двух точках две пластины длинной 125 мм. На разных режимах при времени контакта 0,5-1 с и при 2-3 с. Замерить диаметр свариваемого ядра с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Затем провести испытание на растяжение на разрывной машине МР-5 и по формуле определить временное сопротивление на разрыв ($\sigma_в$):

$$\sigma_в = \frac{P_в}{F}, \text{ МПа} \qquad (1)$$

где $P_в$ – разрывное усилие, Н, которое снимается по показанию стрелки циферблата машины МР-5;

F – площадь поперечного сечения мм^2, которая вычисляется по формуле:

$$F = H \cdot l, \text{ мм}^2 \qquad (2)$$

H – толщина пластины, мм;

l – длина сварки, мм. Берется как nd, где

n – количество сварных точек;

d – диаметр ядра сварки, мм.

В заключении сравнить прочность $\sigma_в$ исходного материала (ст3кп) с прочностью металла после сварки $\sigma'_в$ и определить степень разупрочнения:

$$К_р = \frac{\sigma_в}{\sigma'_в}. \quad (3)$$

Все замеры на испытания проводятся при трехкратной повторяемости, а расчеты проводятся по среднеарифметическим значениям.

4. Сравнить прочность сварного соединения после контактной сварки с прочностью заклепочного соединения. Для этого взять пластины тех же размеров, что и для контактной сварки, сделать заклепочное соединение также в одной или в двух точках (ø 4 мм) по приведенной выше методике провести испытание этого соединения на разрыв. Сравнить полученные данные ($\sigma''_в$) для пластин с заклепочным соединением с данными для пластин, сваренных контактной сваркой ($\sigma'_в$) в предыдущем опыте.

В заключении сделать вывод о качестве формообразования сварного соединения (наличие прижога, степени его разупрочнения, величина диаметра ядра сварки) при пропускании тока в течении 0,5-1 и 2-3 с.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

В отчет входит: краткое содержание работы (описание сущности и схем контактных способов сварки, технологической последовательности контактной стыковой и точечной сварки); последовательность и методика проведения экспериментов и объяснение результатов экспериментов. В заключении даются выводи по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение сварки давлением. В чем заключается ее сущность.
2. Что называется контактной сваркой?
3. В чем заключается роль контакта свариваемых поверхностей при сварке давлением?
4. Схема и сущность контактной стыковой сварки.
5. Схема и сущность контактной точечной сварки.
6. Разновидности контактных способов сварки.
7. Каким образом проводится оценка качества сварного соединения в данной работе
8. Какие факторы контактной сварки оказывают влияние на качество сварного соединения.

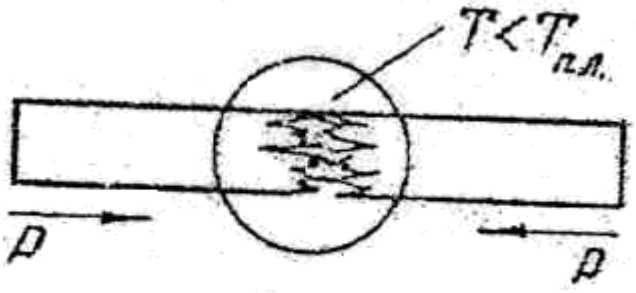

Рис. 1. Схема сварки давлением

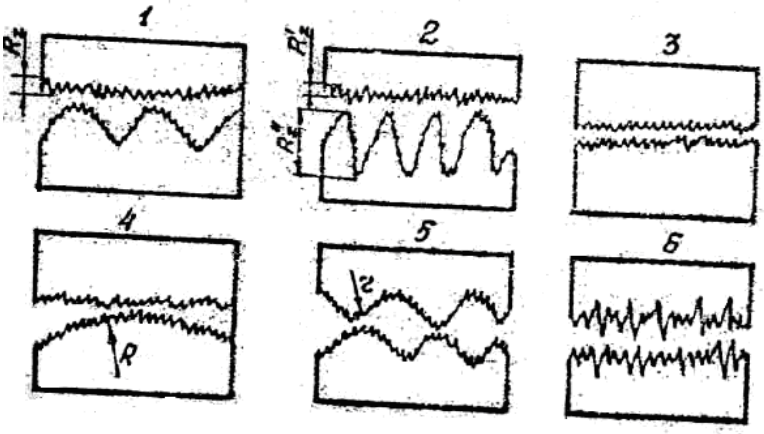

Рис. 2. Возможные схемы контактирования волнистых и шероховатых поверхностей:
1 – плоскость и волнистая поверхность; 2 – плоскость с разными высотами микронеровностей; 3 – плоскость с одинаковой шероховатостью; 4 – то же, что 1, но с большой волной; 5 – обе волнистые поверхности; 6 – то же, что 3, но с большей высотой микронеровностей.

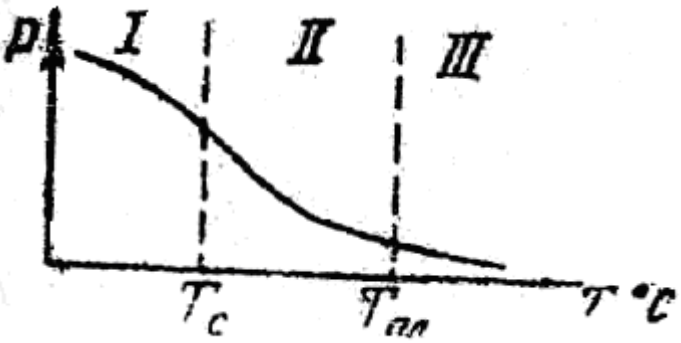

Рис. 3. Зависимость усилия от температуры при сварке
I – холодная сварка давлением;
II – контактная сварка давлением с нагревом;
III – сварка плавлением.

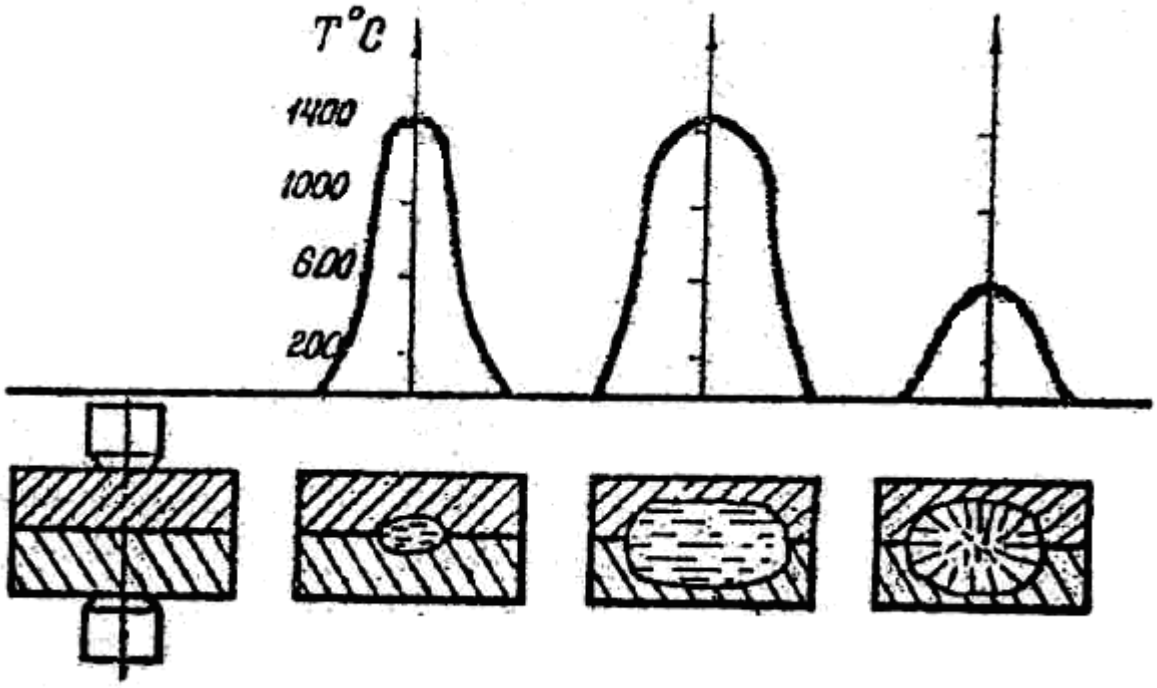

Рис. 4. Характер распределения температуры в зоне контакта при точечной сварке: 1 – момент сдавливания перед включением тока; 2 – начало плавления ядра; 3 – расплавленное ядро в момент выключения тока; 4 – кристаллизация при остывании сварочной зоны.

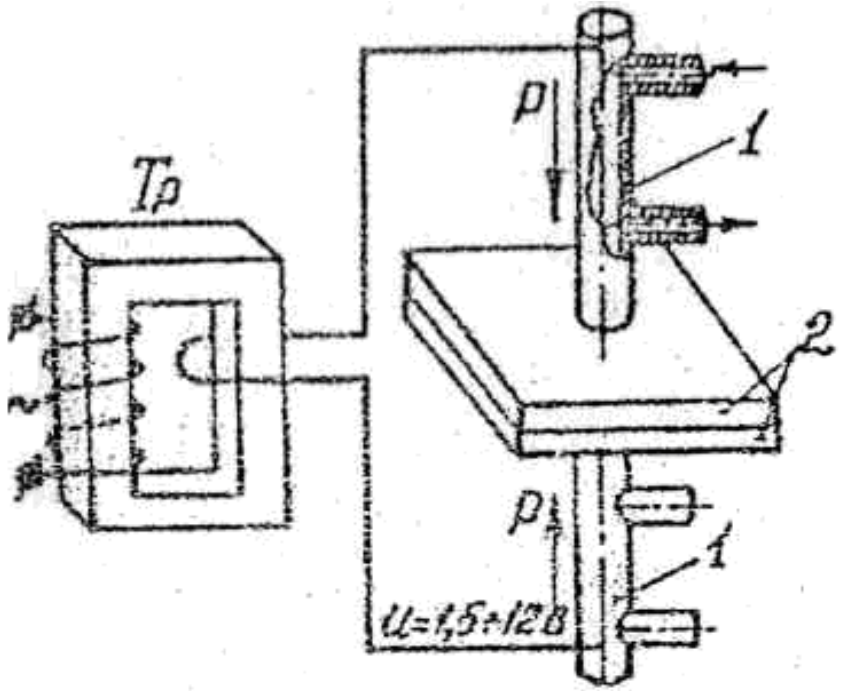

Рис. 5. Контактная точечная сварка (двухсторонняя):
1 – водоохлаждаемый электрод; 2 – свариваемые детали.

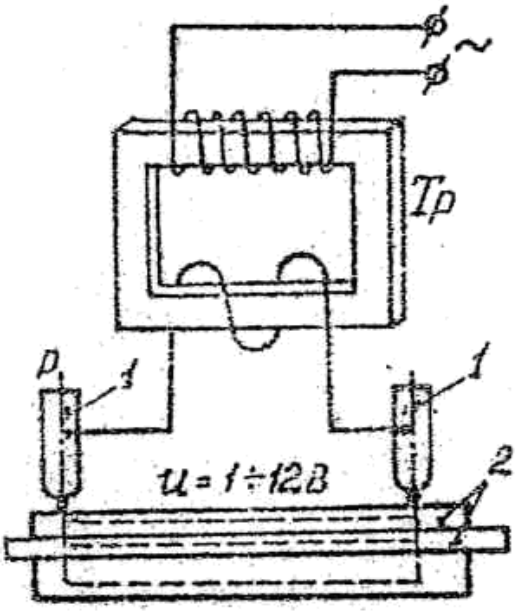

Рис. 6. Контактная точечная сварка (односторонняя)
1 – водоохлаждаемый электрод; 2 – свариваемые детали.

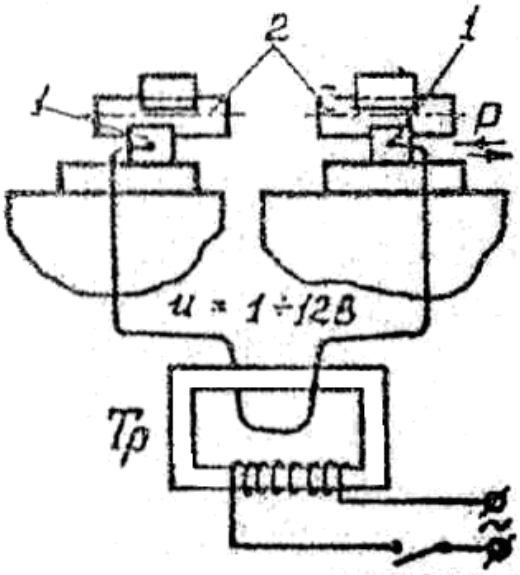

Рис. 7. Контактная стыковая сварка
1 – электроды; 2 – свариваемые детали.

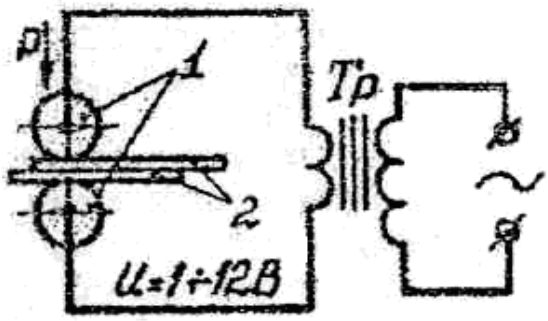

Рис. 8. Контактная шовная сварка
1 – роликовые электроды; 2 – свариваемые детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. / А.М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др. − М.: Машиностроение, 2008 − 560 с.
2. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. − М.: Высшая школа, 2008. – 876 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Составили: АРТЕМЕНКО Александр Александрович
БАСКОВ Лев Васильевич
КОНОПЛЯНКИН Сергей Владимирович

Рецензент Г.А. Козлов
Редактор Е.В. Горбунова

Подписано в печать Формат 60x84 1/16
Бум. тип. Усл.-печ.л. 1,16 (1,25) Уч.-изд.л. 1,1
Тираж 100 экз. Заказ Бесплатно
Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копипринтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77