

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
**«Технология конструкционных материалов»** для бакалавров  
направлений подготовки 15.03.01 «Машиностроение»,  
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин  
и комплексов», по дисциплине **«Технологические процессы  
в машиностроении»** для бакалавров направления подготовки  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств», по дисциплине  
**«Технологические процессы автоматизированных  
производств»** для бакалавров направления 15.03.04  
**«Автоматизация технологических процессов и производств»**,  
всех форм обучения

Составители В. В. Драчев  
К. П. Петренко

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 8 от 27.01.2016  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 15.03.05  
Протокол № 7 от 27.01.2016  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2016

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение технологии точечной сварки.
2. Получение практических навыков работы на точечной машине.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Точечная сварка является одним из видов контактной сварки, при которой детали соединяются в отдельных точках. Свариваемые детали (рисунок 1, а) зажимаются усилием  $P_c$  между электродами, к которым затем подводится ток большой силы (несколько десятков кА) и небольшого напряжения (3-8 В), в результате чего в месте контакта деталей образуется сварная точка.

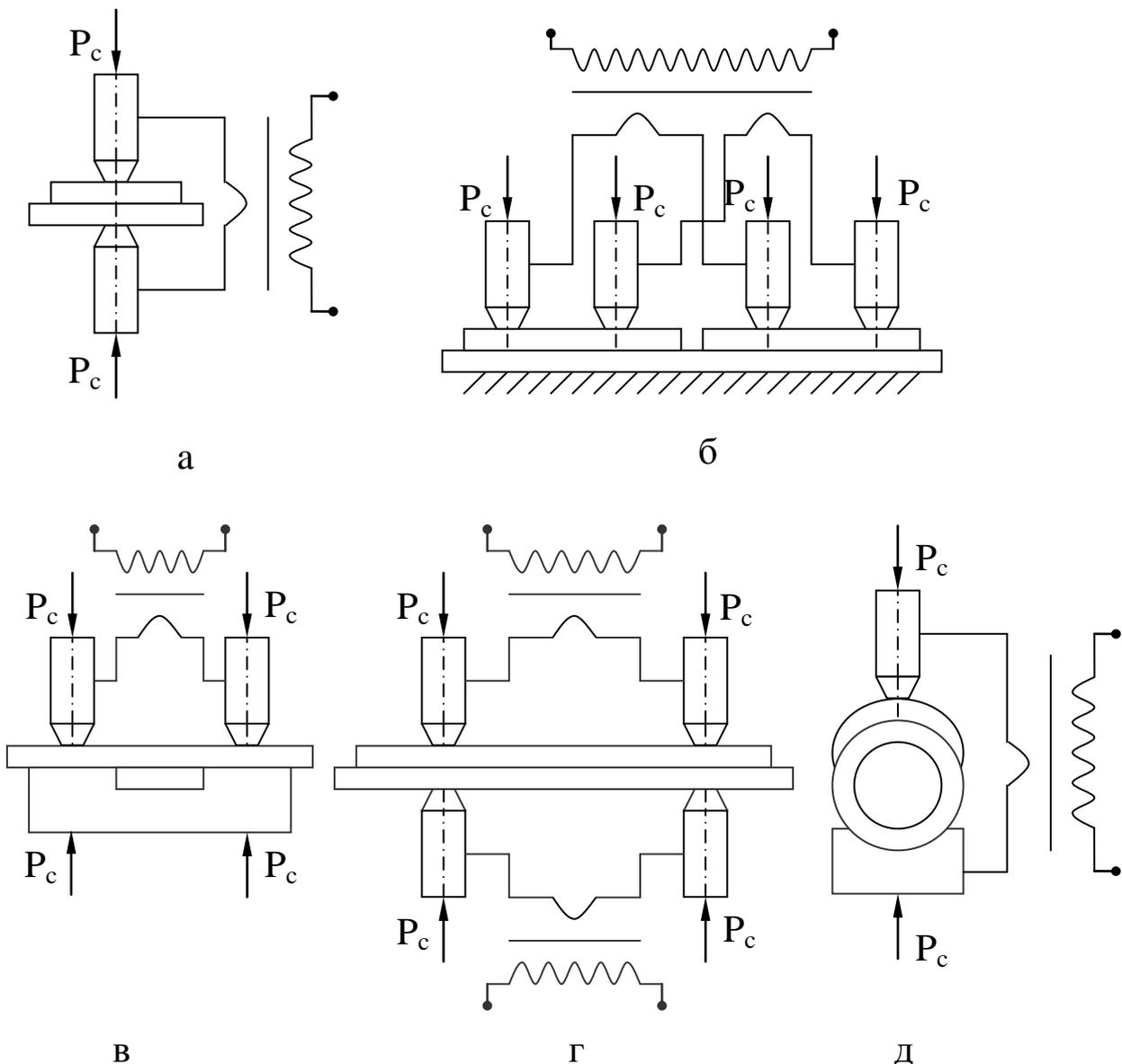


Рисунок 1 – Схемы точечной сварки

По количеству одновременно свариваемых точек точечная сварка может быть одно- (см. рисунок 1, а), двух- (см. рисунок 1, г) и многоточечной (см. рисунок 1, б).

По способу подвода тока – с односторонним (см. рисунок 1, б, в), двусторонним (см. рисунок 1, а, г) и косвенным (см. рисунок 1, д) подводом тока.

По виду импульсов сварочного тока – переменного тока, постоянного тока и разрядного (конденсаторного) тока.

По количеству сварочных импульсов – одно-, двух- и многоимпульсной.

Процесс образование сварного соединения при точечной сварке сопровождается протеканием основных физических процессов, которые вызывают ряд сопутствующих (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные и сопутствующие процессы при образовании сварного соединения

Схема образование сварного соединения при точечной сварке показано на рисунке 3.

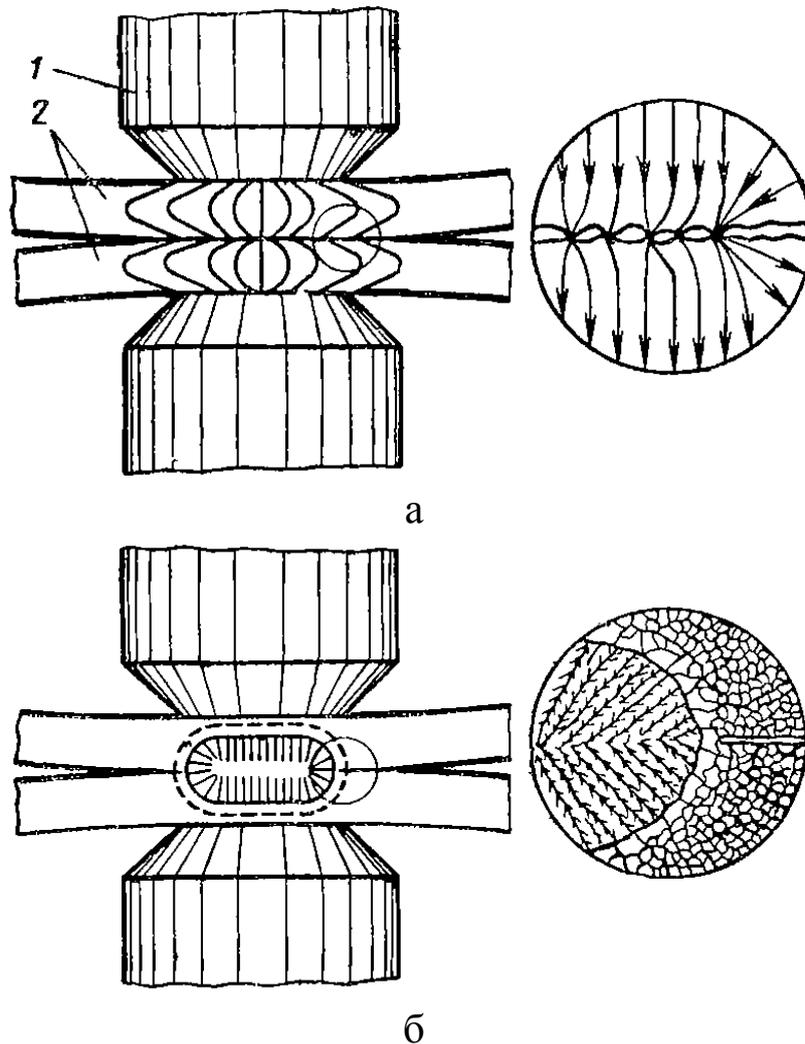


Рисунок 3 – Формирование сварного соединения при точечной сварке (1 – электрод, 2 – детали)

Сопротивление участка металла, зажато между электродами, складывается из двух контактных сопротивлений контактов электрод-деталь, контактного сопротивления контакта деталь-деталь, и собственного сопротивления металла двух деталей. Контактное сопротивление электрод-деталь примерно в два раза меньше контактного сопротивления деталь-деталь.

При включении сварочного тока в первую очередь разогреваются выступы контакта (см. рисунок 3, а), а затем и металл, находящийся в непосредственной близости к контакту. С повышением температуры металла контактные сопротивления снижа-

ются, и теплота выделяется в основном за счет сопротивления деталей. Ток пропускают до тех пор, пока в центральной, наиболее нагретой зоне металл свариваемых деталей не расплавится. В результате расплавления образуется зона жидкого металла, окруженная кольцом нагретого металла, в пределах которого имеет место достаточно прочное соединение в пластическом состоянии (без расплавления). Это кольцо-поясок, сжатое при нагреве усилием электродов, является уплотнением, препятствующим вытеканию жидкого металла в зазор между свариваемыми деталями.

После получения зоны расплавления необходимых размеров сварочный ток выключают, металл охлаждается и в результате его кристаллизации формируется литое ядро сварной точки (см. рисунок 3, б).

Литое ядро точки имеет дендритную структуру, подобную структуре металла, отлитого в металлическую форму – кокиль. Литое ядро окружено металлом, структура и свойства которого изменились в результате нагрева и охлаждения в процессе сварки. Зона, в пределах которой произошли эти изменения, называется зоной термического влияния.

К основным параметрам режима точечной сварки относят силу сварочного тока  $I_c$ , длительность его протекания  $t_c$ , усилие сжатия  $P_c$  и диаметр электродов  $d_3$ .

Кроме этого, существует ряд дополнительных параметров, обусловленных особенностями применяемых циклов. Циклы (программы изменения тока и усилия), применяемые для точечной сварки, показаны на рисунок 4. Их выбирают в зависимости от материала, его толщины и применяемого оборудования.

Цикл с постоянным усилием и одним импульсом тока (рисунок 4, а) применяют для сварки металлов небольшой толщины (до 3 мм). Для сварки металлов толщиной 3-5 мм с целью предупреждения трещин и раковин применяют цикл с переменным усилием (проковкой) (рисунок 4, б). Усилие проковки  $P_k = (2 - 3) \cdot P_c$ , время запаздывания ковочного усилия  $t_k = (0,01 - 0,02) \cdot S$ , где  $S$  – толщина свариваемых деталей. При сварке деталей большой толщины (5 мм и более) для снижения и стабилизации контактного сопротивления применяют цикл с предварительным обжатием и проковкой (рисунок 4, в). Для склонных к закалке среднеуглеродистых и низколегированных сталей применяют цикл

с постоянным усилием со сварочным и дополнительным импульсом тока (рисунок 4, г). Вторым импульс производится меньшим током и замедляет скорость охлаждения. Время паузы между импульсами тока  $t_{\Pi} = (1,1 - 1,4) \cdot t_c$ , длительность дополнительного импульса  $t_{Д} = (1,5 - 1,8) \cdot t_c$ , сила тока  $I_{Д} = (0,7 - 0,8) \cdot I_c$ .

Обычно режимы точечной сварки задаются по таблицам или номограммам и уточняются при испытаниях опытных образцов. Различают жёсткие и мягкие режимы.

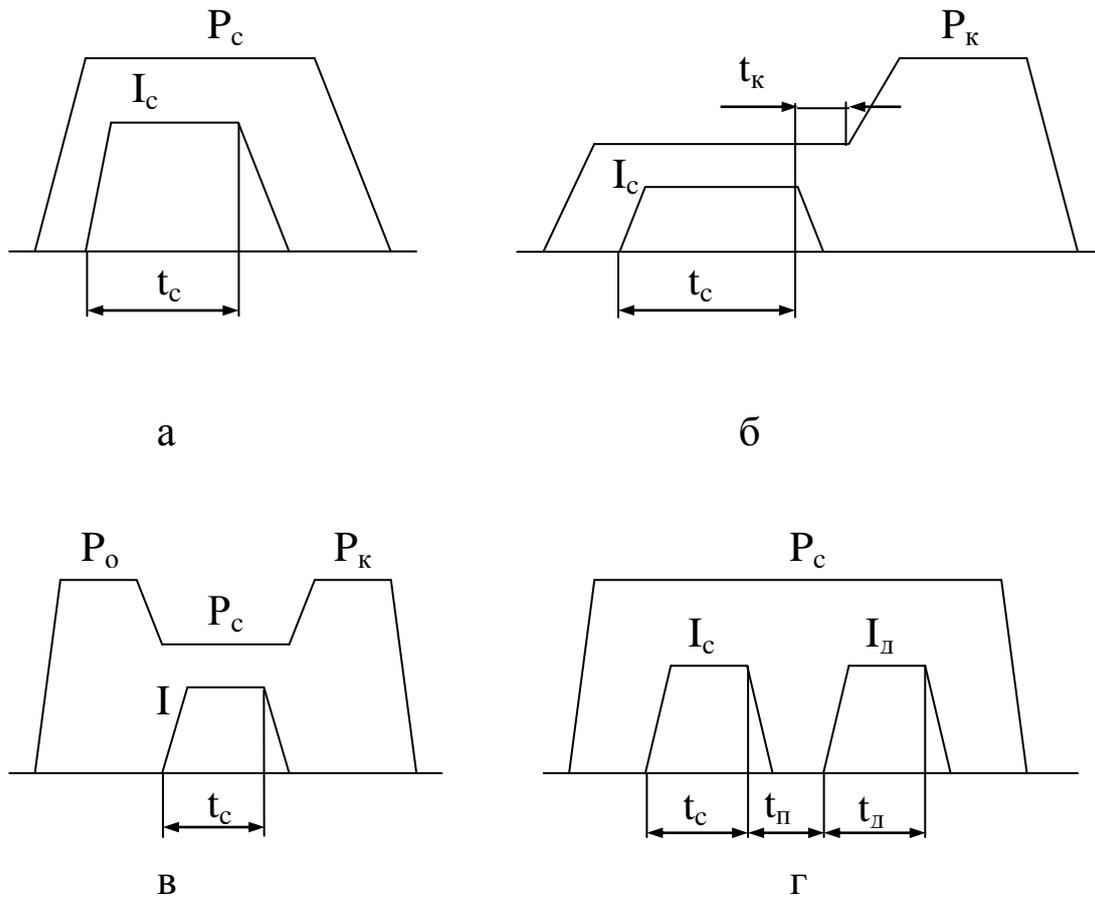


Рисунок 4 – Циклы точечной сварки

Жёсткие режимы характеризуются большой силой тока и малой длительностью его протекания, мягкие режимы – меньшим током и сравнительно большой длительностью его протекания. Мягкие режимы применяют преимущественно при сварке среднеуглеродистых и низколегированных сталей для уменьшения опасности возникновения раковин и трещин в результате образования закалочных структур. Жёсткие – при сварке коррози-

онностойких и жаропрочных сталей, а также алюминиевых и медных сплавов. Низкоуглеродистые стали могут свариваться как на жёстких, так и на мягких режимах. На практике обычно используют жёсткие режимы.

Машины для точечной сварки должны обеспечивать сжатие деталей определённым усилием и подвод к ним сварочного тока. Они состоят из механической и электрической частей. Точечные машины классифицируют по назначению – универсальные (общего назначения) и специальные; по способу подводу тока к месту сварки – односторонние и двусторонние; по форме импульса сварочного тока – постоянного тока, переменного тока и конденсаторные; по приводу механизма сжатия – с педальным, электро-механическим, пневматическим, гидравлическим и комбинированным механизмом сжатия; по числу одновременно свариваемых точек – одноточечные и многоточечные; по способу установки – стационарные, передвижные и подвесные.

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ**

Для выполнения работы требуется:

- точечная конденсаторная машина ТКМ-7;
- листовые металлические образцы.

#### **3.1. Устройство и принцип работы точечной конденсаторной машины ТКМ-7**

Конденсаторная машина ТКМ-7 служит для точечной сварки листовых однородных и разнородных цветных и чёрных металлов толщиной от 0,02 + 0,02 мм до 0,8 + 0,8 мм. Электрическая схема и конструкция механизма сжатия обеспечивает не менее 800 сварок в час при максимальной ёмкости конденсаторов. Средняя мощность, потребляемая от сети, не превышает 200 Вт. Габаритные размеры 1400×800×700 мм, вес 150 кг.

Работа машины ТКМ-7 (рисунок 5) осуществляется следующим образом.

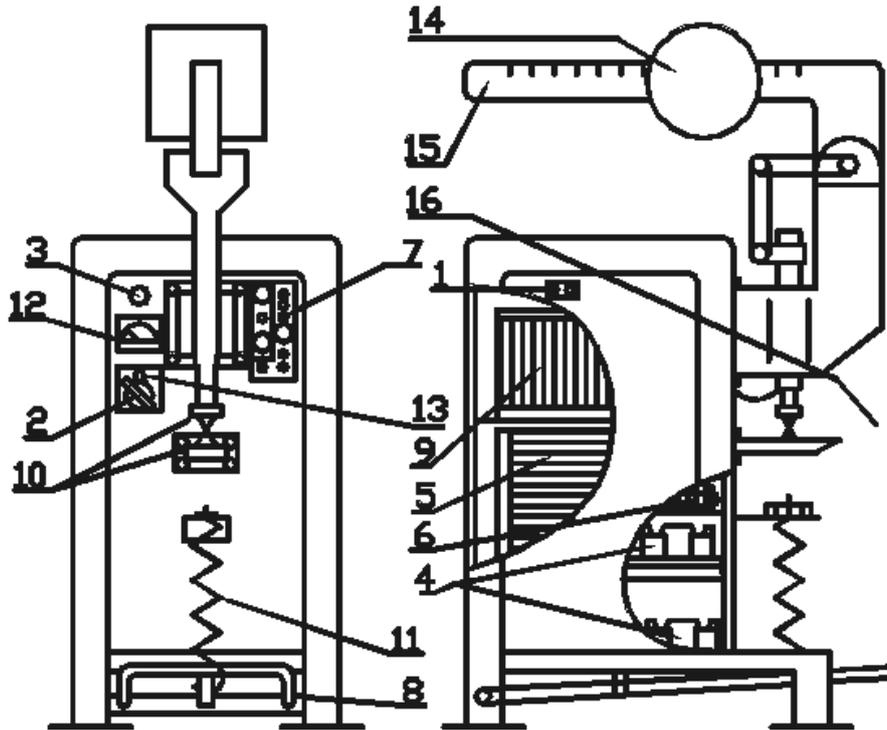


Рисунок 5 – Точечная конденсаторная машина ТКМ-7

При подаче напряжения на штепсельное гнездо 1 и включении выключателя 2 загорается сигнальная лампа 3 и начинается зарядка конденсаторов 4 через выпрямительный трансформатор 5 и селеновый выпрямитель 6. Количество заряжаемых конденсаторов зависит от числа штекеров, включённых в правый ряд штепсельных гнезд переключателя 7. После нажатия на педаль 8 до конца её рабочего хода происходит размыкание цепи зарядки конденсаторов и их разряд на первичную обмотку сварочного трансформатора 9, регулирование коэффициента трансформации которого производится перестановкой штекера в левом ряду штепсельных гнезд переключателя 7. При этом индуктированный во вторичной витке сварочного трансформатора импульс тока обеспечивает сварку деталей, зажатых между электродами 10. Штепсельный переключатель 7 даёт возможность получать ёмкость конденсаторов от 5 мкФ до 295 мкФ через каждые 5 мкФ и коэффициенты трансформации сварочного трансформатора 120, 160, 200 и 240.

После опускания педаль с помощью пружины 11 возвращается в исходное положение и конденсаторы вновь заряжаются

для сварки следующей точки. Индикатор напряжения 12 предназначен для периодического контроля напряжения на конденсаторах и для проверки их исправности. Он включается в цепь нормально отжатой кнопкой 13. Усилие сжатия электродов изменяется путём перемещения грузов 14 на рычаге 15 и заменой величины грузов. Набор грузов состоит из трёх гирь: 4, 2 и 1 кг. Этими грузами создаётся усилие сжатия от 1 до 56 кгс с интервалом регулирования 0,5 кгс. Защитный щиток 16 из плексигласа служит для защиты глаз от возможных мелких выплесков металла при сварке.

## 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 4.1. Подготовка машины к работе

4.1.1. Подобрать нужную для сварки образцов пару электродов. Ориентировочный диаметр электродов может быть выбран по таблице 1.

Таблица 1

Ориентировочные режимы сварки на машине ТКМ-7

Толщина деталей, мм	Усилие сжатия, Н (кгс)	Ёмкость конденсаторов, мкФ	Диаметр электродов, мм
0,02-0,08	до 29,43 (3)	5-20	1,0-1,25
0,08-0,15	29,43-58,86 (3-6)	20-40	1,25-1,5
0,15-0,25	58,86-88,29 (6-9)	40-80	1,5-1,75
0,25-0,35	88,29-147,15 (9-15)	80-120	1,75-2,0
0,35-0,50	147,15-245,25 (15-25)	120-160	2,0-2,25
0,50-0,80	245,25-490,5 (25-50)	160-295	2,5-3,0

При отсутствии электродов нужного диаметра допускается сварка электродами диаметром 2,0-2,5 мм для толщин 0,02-0,5 мм и 2,75-3,0 мм – для больших толщин. В этом случае для малых толщин свариваемого металла необходимо несколько увеличить усилие сжатия и ёмкость конденсаторов.

4.1.2. Закрепить электроды в машине.

4.1.3. Проверить соосность электродов. Если электроды не соосны, перемещением держателя нижнего электрода (предварительно ослабив гайки) добиться соосности.

4.1.4. Проверить параллельность контактных поверхностей электродов. При необходимости добиться их параллельности с помощью напильника.

4.1.5. Установить и закрепить на рычаге грузы, необходимые для получения нужного усилия сжатия свариваемых деталей. Усилие сжатия электродов определяется произведением веса груза на цену деления на рычаге в месте, где установлен указательный конец груза. Если грузов несколько, то нужно умножить вес каждого груза на соответствующую цену деления и полученные результаты сложить. Рекомендуемые усилия сжатия приведены в таблице 1.

4.1.6. Установить шток с верхним электродом в рабочее положение, т. е. в соответствии с суммарной толщиной свариваемых деталей.

Для этого:

- поместить на нижнем электроде свариваемые детали;
- нажать педаль до упора;
- освободить при помощи маховичка хомутик штока, опустить его до совмещения с верхней свариваемой деталью и в таком положении зажать хомутик.

4.1.7. Установить рабочую ёмкость конденсаторов (см. таблицу 1) и коэффициент трансформации сварочного трансформатора (рекомендуемые значения 160-200). Большие значения ёмкости выбирают при сварке алюминиевых сплавов, меньшие – при сварке сталей, средние – при сварке медных сплавов.

4.1.8. Присоединить машину к источнику переменного тока напряжением 220 В и включить выключатель сети.

## 4.2. Подготовка образцов к сварке

Поверхность образцов перед сваркой очистить от краски, лака и других загрязнений, промывают и обезжиривают. Образцы не должны иметь вмятин и деформированных участков в местах, предназначенных для сварки.

## 4.3. Проведение сварки

Работа на машине осуществляется в следующем порядке:

- свариваемые образцы наложить на контактную поверхность нижнего электрода;
- нажать ногой на педаль и произвести сварку;
- отпустить педаль и снять сваренные образцы.

Изменяя режимы сварки в пределах, указанных в таблице 1, добиться наиболее качественного соединения. Оценку качества производить, используя приложение.

## 5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При работе на машине ТКМ-7 необходимо выполнять следующие требования:

- все крышки машины должны быть закрыты;
- работать при наличии защитного стекла или в защитных очках;
- после окончания работы отключить машину от сети, предварительно разрядив полностью конденсаторы. Для этого между электродами машины вставляется тонкая изоляционная прокладка, нажимается до упора педаль и в таком положении отключается сетевой выключатель. После этого следует убедиться в отсутствии напряжения на конденсаторах по индикатору.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчёт должен содержать:

- наименование и цель лабораторной работы;
- краткое изложение основных теоретических положений;
- режимы, на которых проводилась сварка;

- результаты контроля качества сваренных образцов;
- выводы о влиянии режимов сварки на качество сварного соединения.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чём состоит сущность точечной сварки?
2. По каким признакам классифицируют точечную сварку?
3. Что относят к основным параметрам режима точечной сварки?
4. Чем различаются мягкие и жёсткие режимы сварки?
5. Какие циклы применяют для точечной сварки?
6. Как классифицируют машины для точечной сварки?

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Технология конструкционных материалов / под ред. А. М. Дальского. – Москва : Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. Виноградов, В. М. Основы сварочного производства / В. М. Виноградов [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.
3. ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры. – Москва : Изд-во стандартов, 1979. – 20 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

## Основные дефекты точечной сварки

Вид дефекта	Наиболее вероятные причины образования дефекта	Способы устранения дефекта
1	2	3
Полный или частичный непровар	Сварочный ток мал, усилие сжатия велико. Большой диаметр электродов. Точка поставлена слишком близко от соседней, ранее сваренной точки. Большие зазоры между деталями.	Увеличить ёмкость конденсаторов, уменьшить усилие сжатия. Заменить электроды. Увеличить расстояние между свариваемыми точками. Устранить неровности на поверхности деталей.
Наружные трещины	Велик сварочный ток. Мало усилие сжатия. Грязная поверхность деталей или электродов	Уменьшить ёмкость конденсаторов. Увеличить усилие сжатия. Зачистить поверхность деталей или электродов.
Чрезмерные вмятины от электродов	Мал диаметр электродов. Электроды установлены неправильно. Завышены режимы сварки.	Заменить электроды. Правильно установить электроды. Уменьшить ёмкость конденсаторов и усилие сжатия.
Разрыв и наружные трещины металла у кромок нахлестки	Точки выполнены слишком близко от края, мала нахлестка.	Проводить сварку дальше от края.
Выплеск металла	Мало усилие сжатия. Велик сварочный ток. Грязная поверхность деталей или электродов. Неправильно установлены электроды.	Увеличить усилие сжатия. Уменьшить ёмкость конденсаторов. Зачистить поверхности деталей или электродов. Правильно установить электроды.

## Продолжение приложение

1	2	3
Большие зазоры между деталями после сварки	Велико усилие сжатия. Неправильно выбраны электроды.	Уменьшить усилие сжатия. Увеличить диаметр электродов.
Выдавливание металла на поверхность точек	Форсированный режим сварки. Неправильно установлены электроды.	Уменьшить ёмкость конденсаторов. Уменьшить усилие сжатия. Правильно установить электроды.
Неправильная форма литой зоны в плоскости соединения	Плохая подготовка поверхности деталей. Неправильно установлены электроды.	Зачистить поверхности деталей. Правильно установить электроды.
Тёмная (окисленная) поверхность точки	Завышен сварочный ток. Занижено усилие сжатия. Грязная поверхность деталей или электродов.	Уменьшить ёмкость конденсаторов. Увеличить усилие сжатия. Зачистить поверхности деталей или электродов.
Прожоги	Мало или отсутствует усилие сжатия. Большой сварочный ток. Окислирована или сильно загрязнена поверхность деталей. Неплотное прилегание электродов к поверхности деталей. Перекос электродов.	Увеличить усилие сжатия. Уменьшить ёмкость конденсаторов. Увеличить значение коэффициента трансформации. Правильно установить электроды.

Составители  
Вячеслав Владиславович Драчев  
Константин Петрович Петренко

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
**«Технология конструкционных материалов»** для бакалавров направле-  
ний подготовки 15.03.01 «Машиностроение»,  
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин  
и комплексов», по дисциплине **«Технологические процессы  
в машиностроении»** для бакалавров направления подготовки 15.03.05  
**«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»**, по дисциплине  
**«Технологические процессы автоматизированных производств»**  
для бакалавров направления 15.03.04 «Автоматизация  
технологических процессов и производств», всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 04.04.2016. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 0,7. Тираж 30 экз. Заказ.

КузГТУ. 650000, Кемерово, уд. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.