

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.791.7  
ББК 30.61  
Т38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «31» августа 2023 г., протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, ст. преподаватель Д. Н. Юманов

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Технология и оборудование сварки давлением» предназначены для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | А. О. Коротеев   |
| Корректор               | А. Т. Червинская |
| Компьютерная верстка    | М. М. Дударева   |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2023

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| 1 Лабораторная работа № 1. Исследование влияния различных факторов на электрическое сопротивление контактов.....                               | 4  |
| 2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции стационарных точечных машин и процессов контактной точечной сварки .....                       | 8  |
| 3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструкции подвесных точечных машин и процессов контактной точечной сварки .....                          | 12 |
| 4 Лабораторная работа № 4. Программное регулирование параметров режима контактной рельефной сварки .....                                       | 15 |
| 5 Лабораторная работа № 5. Исследование влияния ферромагнитных масс на энергетические параметры точечной машины и размеры сварных точек.....   | 19 |
| 6 Лабораторная работа № 6. Исследование процесса контактной шовной сварки на машине типа МШ–1601 .....   | 22 |
| 7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструкции и исследование сопротивления вторичного контура контактной машины .....                        | 25 |
| 8 Лабораторная работа № 8. Изучение конструкции машины и исследование технологических процессов контактной стыковой сварки сопротивлением..... | 28 |
| 9 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.....  | 31 |
| Список литературы.....   | 32 |

# 1 Лабораторная работа № 1. Исследование влияния различных факторов на электрическое сопротивление контактов

## Цель работы

Определить влияние на электрическое сопротивление контактов чистоты и состояния поверхности деталей, усилия сжатия электродами контактируемых поверхностей.

## 1.1 Общие теоретические сведения

При контактной точечной, рельефной и шовной сварке формирование неразъемного соединения происходит в результате протекания сварочного тока через заготовки, сжатые электродами, по ограниченным площадям касания. При этом основным процессом, влияющим на ход формирования сварного соединения, является высокотемпературный нагрев.

В процессе сварки в межэлектродной зоне в результате высокотемпературного нагрева выделяется значительное количество теплоты, необходимой для расплавления металла заготовок и формирования общей зоны расплавления, которое можно определить по закону Джоуля – Ленца

$$Q_{\text{ЭЭ}} = \int_0^{\tau_{\text{СВ}}} (I_{\text{СВ}}^2(\tau_{\text{СВ}}) R_{\text{Э-Э}}(\tau_{\text{СВ}})) d\tau_{\text{СВ}}, \quad (1.1)$$

где  $Q_{\text{ЭЭ}}$  – полное количество теплоты, выделяемой в межэлектродной зоне при сварке;

$I_{\text{СВ}}$  – сварочный ток;

$\tau_{\text{СВ}}$  – длительность протекания сварочного тока;

$R_{\text{Э-Э}}$  – полное сопротивление межэлектродной зоны;

$0 \dots \tau_{\text{СВ}}$  – предел интегрирования;

$I_{\text{СВ}}^2 R_{\text{Э-Э}}$  – мощность межэлектродной зоны.

В простейшем случае (при сварке двух деталей) сопротивление  $R_{\text{Э-Э}}$  состоит из двух сопротивлений контактов электрод – деталь  $R_{\text{Э1-Д1}}$  и  $R_{\text{Э2-Д2}}$ , сопротивления контакта деталь – деталь  $R_{\text{Д1-Д2}}$  и собственных сопротивлений деталей  $R_{\text{Д1}}$  и  $R_{\text{Д2}}$  (рисунок 1.1):

$$R_{\text{Э-Э}} = R_{\text{Э1-Д1}} + R_{\text{Д1}} + R_{\text{Д1-Д2}} + R_{\text{Д2}} + R_{\text{Э2-Д2}}. \quad (1.2)$$

Наличие контактных сопротивлений связано с ограниченностью площади электрического контакта из-за волнистости и шероховатости поверхности деталей и электродов, а также из-за различных неэлектропроводных поверхностных образований (оксидные пленки, адсорбированная влага, масло,

продукты коррозии, пылевые частицы и др.). Эти сопротивления зависят от теплофизических свойств металлов и их оксидных пленок.

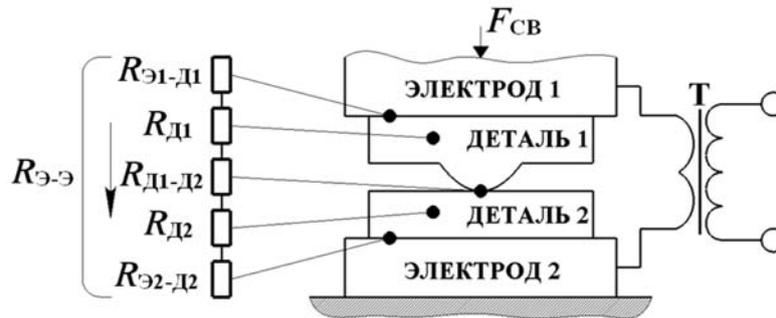


Рисунок 1.1 – Составляющие сопротивления межэлектродной зоны (при контактной рельефной сварке двух деталей)

Влияние состояния поверхности деталей на контактные сопротивления очень велико. При измерении сопротивления двух пластин из низкоуглеродистой стали толщиной 3 + 3 мм и усилия сжатия 2 кН по схеме амперметр – вольтметр ранее определены следующие значения  $R_{ЭЭ}$ : зачистка поверхности наждачным кругом и шлифование – 100 мкОм, обработка резцом – 1200 мкОм, ржавчина и окалина на поверхности – 80000 мкОм.

Общий вид экспериментальной установки для лабораторного исследования влияния различных факторов на электрическое сопротивление контактов представлен на рисунке 1.2.

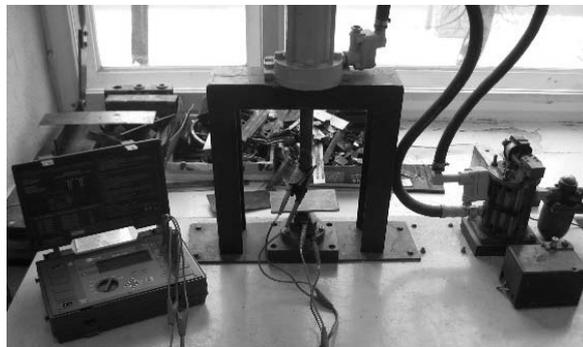


Рисунок 1.2 – Установка для исследования влияния различных факторов на электрическое сопротивление контактов

Установка состоит из пресса с пневматическим приводом сжатия, электрического пускателя (включение/выключение пресса) и прибора для измерения активных сопротивлений электрических цепей.

## **1.2 Оборудование, приборы и материалы**

1 Пресс для осуществления сжатия контактируемых деталей, оснащенный манометром.

2 Штангенциркуль.

- 3 Набор образцов из разных металлов, различных толщин и с различным состоянием поверхностей.
- 4 Цифровой микроомметр MMR-610.

### **1.3 Порядок проведения работы**

- 1 Ознакомиться с конструкцией и работой пресса.
- 2 Изучить устройство и принцип работы микроомметра MMR-610.
- 3 Включить компрессор для накачки сетевого давления.
- 4 Открыть вентиль подачи сжатого воздуха на пресс.
- 5 Подключить токосъемные зажимы микроомметра к электродам пресса.
- 6 Включить прибор нажатием кнопки «ВКЛ».
- 7 Нажать последовательно «МЕНЮ» / «РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ» / «ТИП ОБЪЕКТА» / «Fast».
- Затем «ПРОТЕКАНИЕ ТОКА» / «Два прохода».
- Затем «СРАБАТЫВАНИЕ» / «Нормальное».
- Затем 2 раза нажать кнопку «ESC».
- Тумблер задания измерительного тока выставить на позицию «10 А».
- Таким образом, микроомметр настроен на измерение усредненного активного сопротивления межэлектродной зоны последовательно измерительных токов 0,1 мА; 1 мА; 10 мА; 0,1 А; 1 А; 10 А.
- 8 Включить рубильник сетевого напряжения.
- 9 Подключить к сети переменного тока напряжением 220 В пусковой блок пресса.
- 10 Выставить на манометре пресса давление 3 атм (3 кгс/см<sup>2</sup>).
- 11 Положить на нижний электрод пресса две детали из оцинкованной стали определенной толщины.
- 12 Нажать пусковой блок пресса и во время сжатия деталей на панели микроомметра нажать кнопку «START». Затем необходимо ждать, пока микроомметр в автоматическом режиме не измерит активное сопротивление межэлектродной зоны. Результат, появившийся на дисплее, записать в отчёт.
- 13 Повторить эксперимент для образцов из холоднокатаной стали, горячекатаной стали и стали со ржавчиной на поверхности. Результаты записать в отчёт.
- 14 Выставить на манометре пресса давление 2 атм (2 кгс/см<sup>2</sup>) и провести второй эксперимент.
  - 14.1 Две детали из низкоуглеродистой стали, горячекатаной стали, оцинкованной стали и стали со ржавчиной последовательно сжать электродами, замерить микроомметром активное сопротивление межэлектродной зоны. Результаты записать в отчёт.
  - 14.2 Не разжимая детали, увеличить давление на манометре до 3 атм и зарегистрировать активное сопротивление межэлектродной зоны.
  - 14.3 Увеличить давление на манометре до 4 атм и зарегистрировать активное сопротивление межэлектродной зоны. Результаты записать в отчёт.
- 15 Отключить прибор и пусковой блок пресса от сети.
- 16 Выключить рубильник подачи сетевого напряжения.

17 Перекрыть вентиль подачи сжатого воздуха на пресс.

18 Определить усилие сжатия электродов при давлении  $p$  на манометре прессы, равном 2, 3 и 4 атм соответственно:

$$F_{CB} = pS_{\Pi}, \quad (1.3)$$

где  $S_{\Pi}$  – площадь сечения поршня.

19 Записать в таблицу 1.1 результаты всех измерений.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

| Материал деталей     | Толщина деталей $s$ , мм | Усилие сжатия электродов $F_{CB}$ , Н | Диаметр поршня прессы $d_{\Pi}$ , мм | Количество деталей $n$ , шт. | Сопротивление межэлектродной зоны $R_{ЭЭ}$ , мкОм |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|
| Оцинкованная сталь   |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
| Холоднокатаная сталь |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
| Горячекатаная сталь  |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
| Сталь со ржавчиной   |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |
|                      |                          |                                       |                                      |                              |   |

20 Построить график зависимости сопротивления  $R_{ЭЭ} = f(F_{CB})$  для низкоуглеродистой стали, горячекатаной стали, оцинкованной стали и стали со ржавчиной, а затем совместить их на одном поле.

21 Определить влияние состояния обработки поверхностей деталей, а также усилия сжатия электродов на величину холодного сопротивления межэлектродной зоны.

#### **1.4 Содержание отчета**

1 Цель работы.

2 Составляющие сопротивления межэлектродной зоны при контактной рельефной сварке двух деталей.

3 Результаты измерений и расчетов в виде таблицы и графика.

4 Выводы по работе.

#### **Контрольные вопросы**

1 Из каких составляющих складывается общее сопротивление межэлектродной зоны при контактной точечной или рельефной сварке?

2 Методика измерения сопротивления межэлектродной зоны.

3 Какие факторы влияют на величину сопротивления межэлектродной зоны?

## 2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции стационарных точечных машин и процессов контактной точечной сварки

### *Цель работы*

- 1 Изучить особенности конструкции стационарных точечных машин.
- 2 Исследовать работу систем стационарных точечных машин и их основных узлов.
- 3 Исследовать сварочный цикл стационарной точечной машины.
- 4 Освоить технологию контактной точечной сварки на стационарных точечных машинах.
- 5 Выбрать оптимальные параметры режима сварки образцов из указанного материала определенной толщины.

### *2.1 Общие теоретические сведения*

Контактная точечная сварка (КТС) – это способ сварки давлением, при котором образование неразъемного соединения происходит в результате пропускания импульсов сварочного тока через заготовки, сжатые электродами, по ограниченным площадям касания.

При КТС свариваемые детали сжимают усилием  $F_{св}$  при помощи электродов, к которым подключена вторичная обмотка сварочного трансформатора ТС (рисунок 2.1).

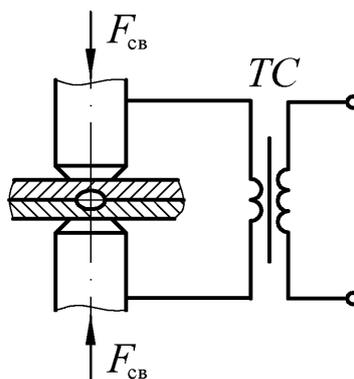


Рисунок 2.1 – Упрощенная схема контактной точечной сварки

Детали нагреваются протекающим сварочным током до образования зоны взаимного расплавления, называемой ядром сварного соединения. Нагрев зоны сварки сопровождается пластической деформацией металла межэлектродной зоны. Вокруг ядра сварного соединения (сварной точки) образуется уплотняющий пояс, предохраняющий жидкий металл от выплеска и взаимодействия с окружающим воздухом. Когда расплавленный металл достигает заданного объема, сварочный ток выключается, тепловыделение в зоне соединения

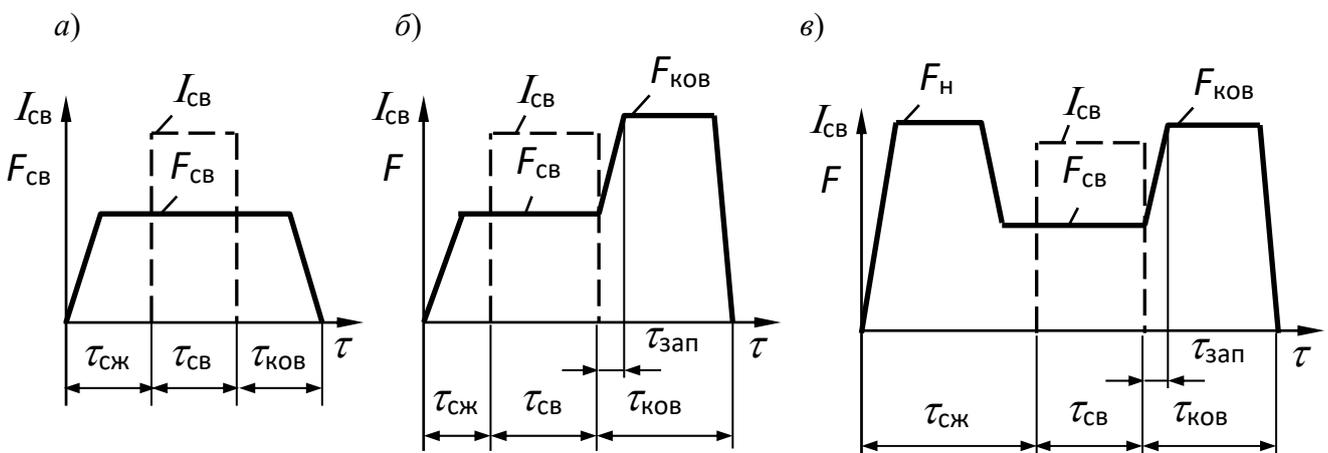
прекращается и металл сварной точки кристаллизуется. Через определенный промежуток времени усилие на электродах снимается.

Машина для КТС должна обеспечивать последовательность следующих операций цикла сварки: сжатие деталей между электродами перед пропуском сварочного тока – «СЖАТИЕ»; прохождение регулируемого по величине и форме импульса сварочного тока через сжатые электродами детали – «СВАРКА»; выдержка деталей в сжатом состоянии (с усилием согласно заданному циклу) при выключенном токе – «ПРОКОВКА»; раскрытие электродов и выдержка времени между двумя последующими циклами для снятия и перемещения детали (узла) – «ПАУЗА».

Стационарные машины КТС типа МТ-1617, МТ-3201 предназначены для точечной сварки деталей из низкоуглеродистых сталей. Они успешно эксплуатируются на автомобильных заводах и характеризуются большой производительностью, надежностью и долговечностью. Цифры 16 и 32 в маркировке означают, что машины рассчитаны на номинальные сварочные токи 16 и 32 кА соответственно.

На практике в зависимости от свойств свариваемых материалов, их толщины, конструкции и ответственности изделий применяют в основном три разновидности циклограмм процессов точечной сварки. Чаще всего используют циклограмму с постоянным усилием сжатия (рисунок 2.2, а). Для сварки металлов большой толщины (свыше 2 мм), алюминия и его сплавов, а также других материалов, склонных к образованию горячих трещин, применяется циклограмма с повышенным ковочным усилием (рисунок 2.2, б).

Прокровку и повышенное усилие сжатия используют с целью устранения усадочных дефектов в литом ядре, снижения трещинообразования, деформации и циклической прочности соединений. Для устранения зазоров и предупреждения начальных выплесков применяют циклограмму, представленную на рисунке 2.2, в.



а – с постоянным усилием сжатия; б – с повышенным ковочным усилием; в – с повышенным предварительным сжатием и ковочным усилием

Рисунок 2.2 – Циклограммы процессов точечной сварки

## 2.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Машина для КТС типа МТ-1617 или МТ-3201.
- 2 Пояс Роговского и прибор для измерения тока.
- 3 Измерительная линейка, штангенциркуль.
- 4 Набор слесарного инструмента.
- 5 Образцы из низкоуглеродистой стали различной толщины.

## 2.3 Порядок проведения работы

1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов управления машины.

2 Установить пояс Роговского (в комплекте с прибором для измерения тока) на нижний токоподвод контактной машины и включить его в сеть 220 В. Откалибровать прибор переключателем «УСТАНОВКА НУЛЯ». Это необходимо для измерения величины сварочного тока  $I_{св}$  в килоамперах при проведении экспериментов (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Пояс Роговского и прибор для измерения тока

- 3 Включить компрессор для накачки сетевого давления.
- 4 Открыть вентили, подводящие к машине сжатый воздух и воду.
- 5 Регулятором установить давление воздуха, равное 2 атм (2 кгс/см<sup>2</sup>).
- 6 Степень регулирования сварочного трансформатора не менять.
- 7 Подать напряжение на машину включением рубильника и переводом рукоятки автоматического выключателя в положение «ВКЛ».
- 8 Проверить, включился ли индикатор «СЕТЬ» на регуляторе РКС-801.
- 9 На регуляторе тумблер включения сварочного тока поставить в нижнее положение («ВЫКЛЮЧЕНО»).
- 10 Нажать на педаль для проверки работы машины на холостом ходу, т. е. электроды должны сжаться без пропускания тока.
- 11 Если с холостым ходом все в порядке, то на регуляторе тумблер включения сварочного тока поставить в верхнее положение («ВКЛЮЧЕНО»).
- 12 На регуляторе выставить время протекания тока  $\tau_{св} = 8$  периодов и позицию по сварочному току № 3. Положить на нижний электрод две детали толщиной 0,5 мм каждую и нажать на педаль. Электроды должны сжать детали и пропустить через них сварочный ток. Во время сварки записать показания на

приборе измерения тока в делениях шкалы. Полученное сварное соединение (если оно сформировалось) механически разрушить с помощью слесарного инструмента и измерить штангенциркулем диаметр литого ядра, а также по специальному графику определить величину сварочного тока в зависимости от числа делений прибора для замера тока (см. верхнюю крышку прибора). Все данные записать. Также заново откалибровать прибор.

13 Повторить эксперимент для позиций по сварочному току № 6 и 9.

14 На регуляторе выставить позицию по сварочному току № 3 и время  $\tau_{\text{СВ}}$ , равное 12 и 14 периодам. Повторить эксперимент и записать значение диаметра ядра и величину сварочного тока (не забывать про калибровку).

15 На регуляторе выставить  $\tau_{\text{СВ}} = 12$  периодов и ток на позиции № 6, а затем повторить эксперимент для давлений на манометре 3 и 4 атм. По табличке на машине МТ-1617 определить усилие сжатия электродов в ньютонах для давлений 3 и 4 атм.

16 Все результаты измерений занести в таблицы 2.1–2.3.

17 Построить зависимости  $d_{\text{я}} = f(I_{\text{СВ}})$ ,  $d_{\text{я}} = f(\tau_{\text{СВ}})$  и  $d_{\text{я}} = f(F_{\text{СВ}})$ .

18 По величине диаметра ядра определить оптимальные параметры режима сварки для образцов, используемых при экспериментах.

Таблица 2.1 – Вариация величины сварочного тока

| Номер опыта | $\tau_{\text{СВ}}$ , с | $I_{\text{СВ}}$ , номер позиции и величина в килоамперах |  | $F_{\text{СВ}}$ , кН | $d_{\text{я}}$ , мм |
|-------------|------------------------|--|--|----------------------|---------------------|
| 1           |                        |  |  |                      |                     |
| 2           |                        |  |  |                      |                     |
| 3           |                        |  |  |                      |                     |

Таблица 2.2 – Вариация длительности протекания сварочного тока

| Номер опыта | $\tau_{\text{СВ}}$ , с | $I_{\text{СВ}}$ , номер позиции и величина в килоамперах |  | $F_{\text{СВ}}$ , кН | $d_{\text{я}}$ , мм |
|-------------|------------------------|--|--|----------------------|---------------------|
| 1           |                        |  |  |                      |                     |
| 2           |                        |  |  |                      |                     |
| 3           |                        |  |  |                      |                     |

Таблица 2.3 – Вариация усилия сжатия электродов

| Номер опыта | $\tau_{\text{СВ}}$ , с | $I_{\text{СВ}}$ , номер позиции и величина в килоамперах |  | $F_{\text{СВ}}$ , кН | $d_{\text{я}}$ , мм |
|-------------|------------------------|--|--|----------------------|---------------------|
| 1           |                        |  |  |                      |                     |
| 2           |                        |  |  |                      |                     |
| 3           |                        |  |  |                      |                     |

## 2.4 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Основные узлы машин МТ-1617, МТ-3201 и их краткое описание.

- 3 Назначение регулятора цикла сварки РКС-801.
- 4 Циклограмма процесса и основные параметры режима КТС.
- 5 Главные составляющие электрической части однофазной машины переменного тока.
- 6 Таблицы результатов сварки.
- 7 Графики  $d_{\text{я}} = f(I_{\text{св}})$ ,  $d_{\text{я}} = f(\tau_{\text{св}})$  и  $d_{\text{я}} = f(F_{\text{св}})$ .
- 8 Выводы по работе.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение и основные узлы машины МТ-1617, МТ-3201.
- 2 Назначение регулятора РКС-801.
- 3 Способы регулировки сварочного тока в машине МТ-1617.
- 4 Принцип работы пояса Роговского и прибора для измерения тока.

## **3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструкции подвесных точечных машин и процессов контактной точечной сварки**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить особенности конструкции подвесных точечных машин.
- 2 Исследовать работу систем подвесных точечных машин и их основных узлов.
- 3 Исследовать сварочный цикл подвесной точечной машины.
- 4 Освоить технологию контактной точечной сварки на подвесных точечных машинах.
- 5 Подобрать оптимальные параметры режима сварки образцов из указанного материала определенной толщины.

### ***3.2 Общие теоретические сведения***

Машина подвесная типа МТП-1110 предназначена для КТС листовых конструкций и прутков арматуры из низкоуглеродистых сталей.

Цифра 11 маркировки означает, что машина рассчитана на максимальный сварочный ток 11 кА (наибольший вторичный ток).

Машина состоит из основного блока, системы подвески, токоведущих кабелей и клещей. Основной блок состоит из сварочного трансформатора, блока пневмоаппаратуры и электрического устройства (рисунок 3.1). Подвесные машины в технологических процессах контактной точечной сварки обладают высокой мобильностью, так как имеют гибкие токоведущие кабели и сварочные клещи.



Рисунок 3.1 – Машина КТС подвесная типа МТП-1110

### ***3.2 Оборудование, приборы и материалы***

- 1 Машина КТС подвесная типа МТП-1110.
- 2 Измерительная линейка, штангенциркуль.
- 3 Набор слесарного инструмента.
- 4 Образцы из низкоуглеродистой стали различной толщины.

### ***3.3 Порядок проведения работы***

1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов управления машины.

2 На цокольном этаже в лаборатории включить компрессор для накачки сетевого давления.

3 После накачки давления в 5 атм выключить компрессор.

4 Открыть вентили, подводящие к машине сжатый воздух и воду.

5 С помощью регулятора давления (с обратной стороны силового блока) установить давление воздуха, равное 3 атм (3 кгс/см<sup>2</sup>).

6 На передней панели силового блока переключателем справа выставить требуемую ступень регулирования сварочного трансформатора (далее она может меняться, т. к. машина рассчитана на относительно небольшой максимальный ток 11 кА, и для сварки образцов на малых ступенях сварочного тока может оказаться недостаточно для формирования требуемого литого ядра).

7 Подать напряжение на машину включением индивидуального рубильника или переводом рукоятки автоматического выключателя в положение «ВКЛ». Машину «БЕЗ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕ ВКЛЮЧАТЬ».

8 Включить трансформатор переключением тумблера в положение «ВКЛ» на панели силового блока.

9 Проверить, включился ли индикатор «СЕТЬ» на регуляторе РКС-801.

10 На регуляторе тумблер включения сварочного тока поставить в нижнее положение («ВЫКЛЮЧЕНО»).

11 Нажать на пусковую кнопку клещей для проверки работы машины на холостом ходу, т. е. электроды должны сжаться без пропуска тока.

12 Если с холостым ходом все в порядке, то на регуляторе тумблер включения сварочного тока поставить в верхнее положение («ВКЛЮЧЕНО»).

13 На регуляторе выставить  $\tau_{св} = 8$  периодов и позицию по сварочному току № 3. Детали из низкоуглеродистой стали толщиной 0,5 мм каждую прижать к нижнему электроду и нажать на педаль. Электроды должны сжать детали и пропустить через них сварочный ток. После разжатия электродов полученное сварное соединение (если оно сформировалось) механически разрушить с помощью слесарного инструмента и измерить штангенциркулем диаметр литого ядра. Все данные записать.

14 Повторить эксперимент для позиций по сварочному току № 6 и 9. Все данные записать.

15 На регуляторе выставить позицию по сварочному току № 6 и время  $\tau_{св} = 10$  периодов. Повторить эксперимент и записать значение диаметра ядра.

16 Повторить эксперимент для  $\tau_{св} = 12$  и  $\tau_{св} = 14$  периодов. Результаты записать.

17 Определить величину усилия сжатия электродов по табличке, расположенной на задней стенке кожуха трансформатора.

18 Все результаты измерений занести в таблицу 3.1.

19 По величине диаметра ядра определить оптимальные параметры режима сварки для образцов, используемых при экспериментах.

20 Построить графики зависимостей  $d_{я} = f(I_{св})$ ,  $d_{я} = f(\tau_{св})$ .

Таблица 3.1 – Результаты измерений

| Номер ступени регулирования сварочного трансформатора | Номер позиции задания сварочного тока на регуляторе РКС-801 | Величина сварочного тока $I_{св}$ , кА | Длительность протекания сварочного тока $\tau_{св}$ , периоды | Усилие сжатия электродов $F_{св}$ , Н | Диаметр литого ядра $d_{я}$ , мм |
|---|---|--|---|---------------------------------------|----------------------------------|
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |
|   |   |  |   |                                       |                                  |

### **3.4 Содержание отчета**

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение машины МТП-1110.
- 3 Основные узлы машины МТП-1110 и их краткое описание.
- 4 Назначение регулятора цикла сварки РКС-801.
- 5 Основные параметры режима контактной точечной сварки.
- 6 Основные группы дефектов контактной точечной сварки.
- 7 Простейшая циклограмма процесса точечной сварки.
- 8 Главные составляющие электрической части однофазной машины переменного тока.
- 9 Таблица результатов сварки.
- 10 Графики  $d_{\text{я}} = f(I_{\text{СВ}})$  и  $d_{\text{я}} = f(\tau_{\text{СВ}})$ .
- 11 Выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Назначение и основные узлы машины МТП-1110.
- 2 Назначение регулятора РКС-801.
- 3 Способы регулировки сварочного тока в машине МТП-1110.
- 4 Техника безопасности при работе на контактной машине.

## **4 Лабораторная работа № 4. Программное регулирование параметров режима контактной рельефной сварки**

### **Цель работы**

- 1 Изучить назначение основных компонентов экспериментальной установки для реализации системы программного управления (СПУ) процессом контактной рельефной сварки (КРС).
- 2 Изучить структурную схему и принцип работы СПУ процессом КРС.
- 3 Подключить СПУ к сварочной машине «Оливер» МТ-40, произвести настройку программы в среде LabView.
- 4 Осуществить сварку Т-образных соединений с использованием СПУ и проверить их прочностные характеристики.

### **4.1 Общие теоретические сведения**

Обеспечение стабильно высоких прочностных характеристик Т-образных сварных соединений при контактной рельефной сварке (КРС) с различными видами и формами рельефов в настоящее время является актуальной задачей.

Для компенсации влияния возмущений на прочностные характеристики сварных соединений требуется применение компьютерных систем программного управления (СПУ), основная задача которых – стабилизация

мощности тепловложения в зону сварки либо ее изменение по программе, обеспечивающей протекание процесса в оптимальных условиях.

Создание СПУ процессом КРС связано с трудностями, возникающими из-за особенностей процесса сварки: кратковременности и прерывистого характера сварочного процесса; высоких энергетических параметров оборудования; сильных помех, создаваемых мощными электромагнитными полями вокруг сварочного контура.

Важнейшим требованием к разрабатываемой СПУ является измерение в течение короткого промежутка времени (около 0,1...0,5 с) параметров режима и сравнение их с заданными значениями, на основании чего производится корректировка параметров при выполнении следующих сварных соединений.

Серийная аппаратура для управления процессом КРС не всегда может обеспечить плавное задание параметров режима, в связи с чем при сварке наблюдаются выплески расплавленного металла, что приводит к образованию дефектов сварных соединений и снижению прочности.

Компьютерное управление позволяет обеспечить точное воспроизведение режима сварки и контроль не только основных параметров (сварочный ток, напряжение между электродами, мощность тепловложения), но и таких, как величина и скорость перемещения подвижного электрода, что дает более достоверную оценку процесса рельефной сварки. Между характеристиками перемещения подвижного электрода и степенью деформации рельефа существуют взаимосвязи, которые могут быть использованы как критерии получения качественного соединения. Целью построения СПУ является генерирование на основании этих критериев новых законов регулирования.

Для реализации СПУ используется экспериментальная установка на базе машины контактной сварки «Оливер» серии МТ-40 (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Экспериментальная установка для реализации СПУ мощностью тепловложения при контактной рельефной сварке

Экспериментальная установка состоит из следующих компонентов: 1 – машина контактной точечной сварки «Оливер» МТ-40; 2 – контроллер программируемый WELCOM II для управления электропневмоклапанами пневмопривода сжатия электродов; 3 – педаль запуска машины; 4 – блок управления тиристорами ОВЕН БУСТ2; 5 – оптоэлектронный преобразователь линейных перемещений ЛИР-17; 6 – датчик напряжения; 7 – датчик тока «Пояс Роговского»; 8 – модульный аналого-цифровой и цифро-аналоговый измерительный преобразователь напряжений NI-USB 6251; 9 – ЭВМ + программное обеспечение LabView.

Структурная схема СПУ представлена на рисунке 4.2. Через ПЭВМ в преобразователь напряжений NI-USB 6251 вводится программный код, позволяющий задавать циклограмму сварки, определяющую время срабатывания пневмораспределителей привода сжатия электродов и тиристорного контактора, и мощность тепловложения в табличном виде. Преобразователь NI-USB 6251 отслеживает нажатие на педаль пуска сварочной машины, осуществляет выработку управляющего воздействия  $U_y$ , поступающего на вход блока управления тиристорами БУСТ2, и обработку сигналов датчиков сварочного тока  $I_2$ , напряжения межэлектродной зоны  $U_{ээ}$ , длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda$ , величины перемещения подвижного электрода  $H_{эл}$ .

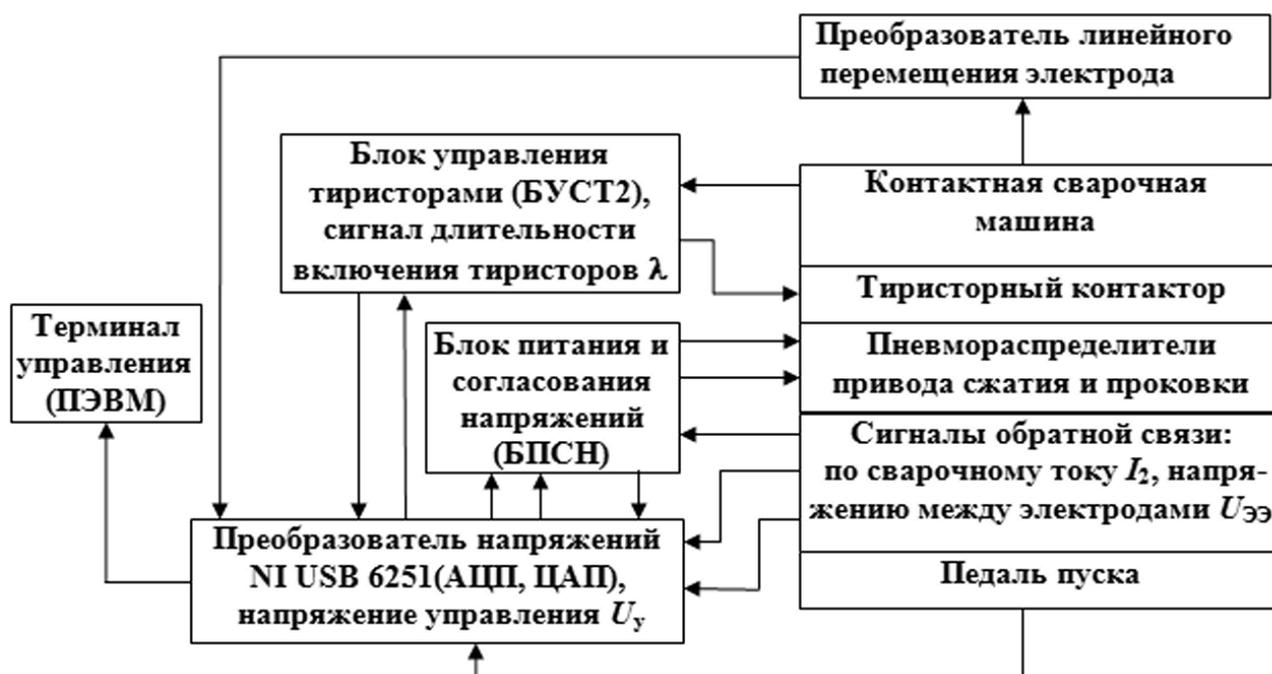
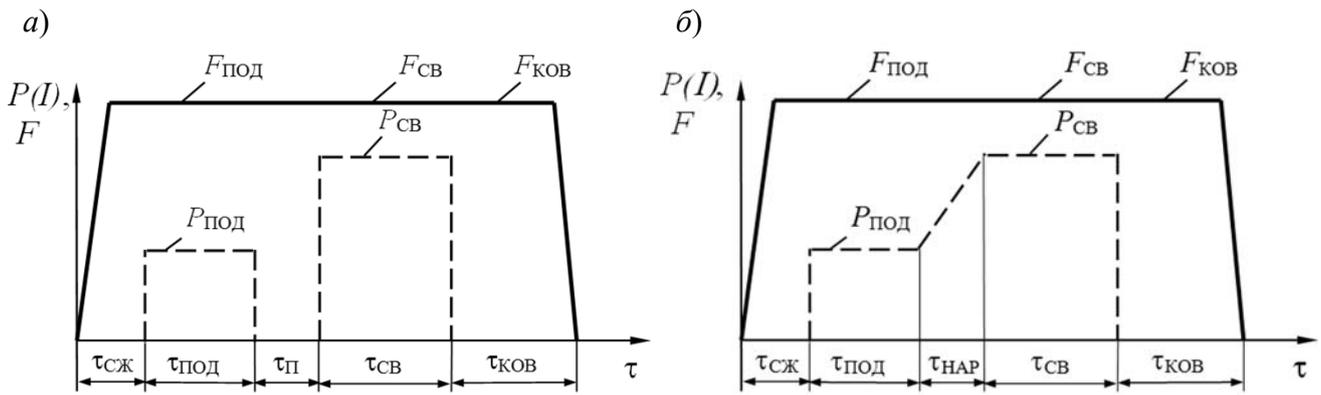


Рисунок 4.2 – Структурная схема СПУ процессом рельефной сварки

В результате формируются циклограммы рельефной сварки с заданием мощности тепловложения при подогреве  $P_{под}$  и сварке  $P_{св}$  с паузой  $\tau_{п}$  между импульсами (рисунок 4.3, а) и при плавном нарастании мощности от подогрева  $P_{под}$  до сварки  $P_{св}$  (рисунок 4.3, б).



*a* – с паузой  $\tau_{П}$  между импульсами подогрева  $P_{ПОД}$  и сварки  $P_{СВ}$ ; *б* – при плавном нарастании мощности от подогрева  $P_{ПОД}$  до сварки  $P_{СВ}$

Рисунок 4.3 – Циклограммы рельефной сварки с постоянным усилием сжатия электродов при подогреве, сварке и проковке  $F_{ПОД} = F_{СВ} = F_{КОВ}$

Таким образом, экспериментальная установка с программным управлением позволяет генерировать новые циклограммы контактной рельефной сварки с плавным заданием мощности тепловложения при переходе от подогрева к сварке, что исключает динамические броски мощности в первичной цепи трансформатора при включении тока, и за счет стабилизации характеристик перемещения подвижного электрода оптимизировать мощность тепловложения в зону сварки на разных стадиях процесса с целью получения сварных соединений со стабильно высокими прочностными характеристиками.

## 4.2 Оборудование, приборы и материалы

1 Машина КТС типа «Оливер» МТ-40 с программным управлением мощностью тепловложения.

2 ЭВМ и программное обеспечение LabView.

3 Пластины из низкоуглеродистой стали СтЗпс толщиной 4 мм и винты М8 с потайной головкой (ГОСТ 17475-80).

4 Разрывная машина РГМ-1000.

## 4.3 Порядок проведения работы

1 Собрать экспериментальную установку на машине «Оливер» МТ-40 (см. рисунок 4.1). Включить сварочную машину.

2 Загрузить на ЭВМ программный код системы программного управления сварочной машиной (файл среды LabView).

3 В программном коде задать циклограмму сварки в виде таблицы напряжения управляющего воздействия  $U_y$  для каждого полупериода сетевого напряжения в течение заданного времени протекания тока подогрева и сварочного тока.

4 Активировать программный код в режиме «Run».

5 Выполнить нажатием на педаль одновременный запуск сварочной машины и системы управления и осуществить сварку Т-образного соединения пластины толщиной 4 мм (горячекатаная сталь СтЗпс ГОСТ 380-2005) и винтов М8 с потайной головкой (ГОСТ 17475-80) с использованием СПУ.

6 Проанализировать внешний вид образцов с точки зрения наличия выплесков, оценить степень деформации рельефа, произвести испытания образцов на статическое продавливание на разрывной машине РГМ-1000. Сделать соответствующие выводы.

#### ***4.4 Содержание отчета***

- 1 Структурная схема СПУ процессом рельефной сварки.
- 2 Циклограммы рельефной сварки, реализуемые СПУ.
- 3 Преимущества КРС с программным управлением мощностью тепловложения по сравнению со сваркой на серийной аппаратуре управления.
- 4 Результаты механических испытаний образцов на разных режимах.

#### ***Контрольные вопросы***

- 1 Опишите назначение компонентов экспериментальной установки для реализации СПУ мощностью тепловложения при контактной рельефной сварке.
- 2 Опишите структурную схему и принцип работы СПУ.
- 3 Какие преимущества дает КРС с программным управлением мощностью тепловложения по сравнению со сваркой на серийной аппаратуре?

## **5 Лабораторная работа № 5. Исследование влияния ферромагнитных масс на энергетические параметры точечной машины и размеры сварных точек**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить особенности конструкции машины КТС типа МТ-604У4 и работу ее основных узлов.
- 2 Изучить настройку сварочного цикла машины МТ-604У4.
- 3 Исследовать влияние величины ферромагнитной массы, введенной в сварочный контур машины, на энергетические параметры машины и размеры сварных точек.

### ***5.1 Общие теоретические сведения***

Основные энергетические параметры, характеризующие контактную однофазную машину переменного тока, следующие:

- 1) напряжение сети  $U_1$ , питающее сварочную машину;

2) напряжение холостого хода на вторичной обмотке сварочного трансформатора  $U_{20}$ ;

3) ток холостого хода первичной обмотки трансформатора  $I_{1XX}$ ;

4) коэффициент трансформации сварочного трансформатора

$$K_{TP} = W_1/W_2 = U_1/U_{20}, \quad (5.1)$$

где  $W_1, W_2$  – число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора;

5) ток короткого замыкания во вторичном контуре

$$I_{2КЗ} = (I_{1КЗ} - I_{1XX})K_{TP}, \quad (5.2)$$

где  $I_{1КЗ}$  – ток короткого замыкания в первичной цепи трансформатора;

$I_{1XX}$  – ток холостого хода на соответствующей ступени;

6) ток во вторичной цепи в режиме сварки

$$I_2 = (I_1 - I_{1XX})K_{TP}, \quad (5.3)$$

где  $I_1$  – ток в первичной цепи трансформатора на соответствующей ступени;

7) активная мощность, потребляемая машиной из сети в процессе сварки,

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi, \quad (5.4)$$

где  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности машины при сварке;

8) полная мощность, потребляемая машиной из сети при сварке,

$$S_1 = U_1 I_1. \quad (5.5)$$

При введении ферромагнитных масс во вторичный сварочный контур его индуктивное сопротивление увеличивается, что приводит к уменьшению величины фактического сварочного тока и тепловложения в зону сварки (согласно закону Джоуля – Ленца). Это приводит к уменьшению диаметра литого ядра. Прочность соединения при этом уменьшается.

Машины типа МТ-604 предназначены для контактной точечной сварки деталей из низкоуглеродистой стали. Номинальный сварочный ток равен 6 кА. Машина состоит из корпуса (стойка и навешиваемые двери), рычага с верхней контактной частью, пневматического привода сжатия (цилиндр, крышки и шток), нижнего кронштейна (включая эксцентричные втулки, электрододержатели и электроды), сварочного трансформатора броневое типа (однофазный, вторичное напряжение регулируется изменением числа включенных в сеть витков первичной обмотки при помощи двух пакетных переключателей), регулятора цикла сварки РЦС-301У4, тиристорного контактора и автоматического выключателя АП50-2МН).

## **5.2 Оборудование, приборы и материалы**

- 1 Машина для КТС типа МТ-604.
- 2 Пояс Роговского и прибор для измерения сварочного тока.
- 3 Измерительная линейка, штангенциркуль.
- 4 Набор слесарного инструмента.
- 5 Образцы из низкоуглеродистой стали 08кп толщиной 0,5 мм.

## **5.3 Порядок проведения работы**

1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов управления машины МТ-604.

2 Установить пояс Роговского (в комплекте с прибором для измерения тока) на нижний токоподвод контактной машины и включить его в сеть 220 В. Откалибровать прибор переключателем «УСТАНОВКА НУЛЯ». Это необходимо для измерения величины сварочного тока  $I_{св}$  в килоамперах при проведении экспериментов (см. рисунок 2.3).

3 Включить компрессор для накачки сетевого давления.

4 Открыть вентили, подводящие к машине сжатый воздух и воду.

5 Регулятором установить давление воздуха, равное 3 атм (3 кгс/см<sup>2</sup>).

6 На пакетном переключателе ступеней трансформатора выставить максимальную ступень по таблице.

7 На регуляторе цикла сварки РЦС-301У4 переключателями установить фиксированные значения длительности протекания сварочного тока, сварочный ток по номеру позиции и длительность паузы.

8 Подать напряжение на машину включением рубильника и нажатием кнопки автоматического выключателя в положение «ВКЛ». Проверить, включился ли индикатор «СЕТЬ» на регуляторе РЦС-301У4.

9 Положить на нижний электрод любой диэлектрик. Нажать на педаль для проверки работы машины на холостом ходу, т. е. электроды должны сжаться без сварочного тока (трансформатор загудит при протекании тока холостого хода в первичной обмотке).

10 Далее проводим эксперимент в следующей последовательности:

– снова нажать на педаль и при сжатии электродов снять показания с прибора измерения тока (количество делений шкалы). В этом случае регистрируется ток короткого замыкания;

– на нижний кронштейн положить последовательно ферромагнитные массы  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  и т. д., нажать на педаль и при сжатии электродов снять показания тока короткого замыкания с прибора;

– убрать ферромагнитные массы и сварить две детали из стали 08кп толщиной 0,5 мм. Снять показания сварочного тока с прибора;

– повторить сварку с ферромагнитными массами  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  и т. д. в зоне вторичного контура (по аналогии с предыдущими пунктами).

11 Полученные сварные соединения механически разрушить с помощью слесарного инструмента и замерить штангенциркулем для каждого образца диаметр литого ядра  $d_{\text{я}}$ .

12 Для всех опытов по специальному графику на приборе для измерения тока определить значения токов короткого замыкания и сварки.

13 Все результаты измерений занести в таблицу 5.1.

14 Построить зависимости  $I_{\text{кз}} = f(m)$ ,  $I_{\text{св}} = f(m)$ ,  $d_{\text{я}} = f(m)$ .

Таблица 5.1 – Влияние величины ферромагнитной массы на величину сварочного тока и диаметр литого ядра

| Номер опыта | $\tau_{\text{св}}$ , с | $F_{\text{св}}$ , кН | Номер позиции «нагрев» регулятора | Номер ступени сварочного трансформатора | $m$ , кг<br>(ферромагнитная масса) | $I_{\text{кз}}$ , кА | $I_{\text{св}}$ , кА | $d_{\text{я}}$ , мм |
|-------------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|             |                        |                      |                                   |   |                                    |                      |                      |                     |
|             |                        |                      |                                   |   |                                    |                      |                      |                     |
|             |                        |                      |                                   |   |                                    |                      |                      |                     |

#### 5.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение и основные узлы машины МТ-604 и их описание.
- 3 Таблица результатов экспериментов.
- 4 Графики  $I_{\text{кз}} = f(m)$ ,  $I_{\text{св}} = f(m)$ ,  $d_{\text{я}} = f(m)$ .
- 5 Выводы по работе.

#### Контрольные вопросы

- 1 Назначение и основные узлы машины МТ-604.
- 2 Назначение и настройки регулятора цикла сварки РЦС-304У4.
- 3 Как влияют ферромагнитные массы на работу сварочной машины?

## 6 Лабораторная работа № 6. Исследование процесса контактной шовной сварки на машине типа МШ-1601

#### Цель работы

- 1 Изучить особенности конструкции и работы основных узлов машины шовной сварки типа МШ-1601.
- 2 Исследовать сварочный цикл контактной шовной машины.
- 3 Освоить технологию контактной шовной сварки.
- 4 Выбрать оптимальные параметры режима сварки образцов из указанного материала определенной толщины.

### 6.1 Общие теоретические сведения

Контактная шовная сварка (КШС) – это способ сварки давлением, при котором образование неразъемного соединения деталей происходит между токоподводящими вращающимися дисковыми электродами (роликами), передающими усилие сжатия  $F_{св}$  (рисунок 6.1).

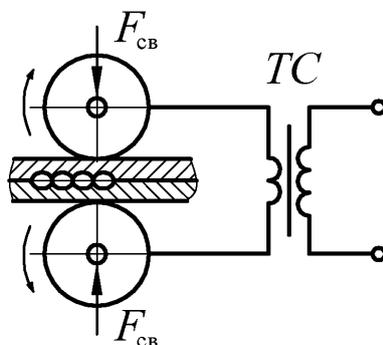


Рисунок 6.1 – Схема процесса КШС (ТС – сварочный трансформатор)

При помощи КШС изготавливают изделия из листовых материалов: топливные и масляные баки, глушители выхлопа двигателей, трубы, корпуса холодильников, пенные огнетушители, панельные отопительные радиаторы, мембраны, сильфоны, узлы стиральных машин, элементы солнечных батарей, узлы сельхозмашин.

Существует три разновидности КШС: непрерывная, прерывистая и шаговая.

При непрерывной КШС токоведущие ролики вращаются непрерывно и ток через них и зону сварки поступает также непрерывно. Кристаллизация точечных зон расплавления происходит без воздействия усилия сжатия со стороны сварочных роликов, поэтому качество соединений низкое.

При прерывистой КШС импульсы сварочного тока чередуются с паузами. Это уменьшает перегрев сварочных роликов, но качество соединений довольно низкое.

При шаговой КШС сварочный ток проходит между электродами в момент их остановки. Кристаллизация каждой зоны расплавления происходит при действующем усилии сжатия, что обеспечивает высокое качество сварных соединений.

Машины типа МШ-1601 предназначены для КШС изделий из низкоуглеродистых и легированных сталей без покрытия. Номинальный сварочный ток равен 16 кА. Головка машины обеспечивает возможность сварки поперечных швов.

### 6.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Машина для контактной шовной сварки типа МШ-1601.
- 2 Измерительная линейка, штангенциркуль.
- 3 Набор слесарного инструмента.
- 4 Образцы в виде полосок из низкоуглеродистой стали толщиной 0,8...1,2 мм.

### **6.3 Порядок проведения работы**

1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов управления машины МШ-1601.

2 Включить компрессор для накачки сетевого давления.

3 Открыть вентили, подводящие к машине сжатый воздух и воду.

4 С помощью регулятора давления установить давление воздуха, равное 3 атм (3 кгс/см<sup>2</sup>).

5 На стержневом переключателе ступеней трансформатора выставить минимальную ступень по табличке, соответствующую положению ножей 2/2.

6 Регулятором скорости вращения верхнего ролика выставить позицию 5 делений (одно деление соответствует примерно 20 об/мин).

7 Подать напряжение на машину включением рубильника и переводом рукоятки автоматического выключателя в положение «ВКЛ».

8 Проверить, включился ли индикатор «СЕТЬ» на регуляторе ПСЛ-700.

9 На регуляторе ПСЛ-700 специальным переключателем установить:

– режим сварки с перекрытием точек;

– максимальную длительность протекания тока (без прибавления 10 периодов);

– максимальный номер позиции по сварочному току (нагрев);

– длительность паузы между точками – 5 периодов.

10 Переключатель сварочного тока (около привода сжатия) переключить в положение «ВЫКЛ».

11 Нажать на педаль для проверки работы машины на холостом ходу, т. е. ролики должны сжаться и начать вращаться без пропуска тока. Затем нажать педаль повторно, после чего ролики перестанут вращаться и верхний поднимется в исходное положение.

12 Если с холостым ходом все в порядке, то тумблер включения сварочного тока поставить в положение «ВКЛ».

13 Стальные полосы, подлежащие сварке, установить на нижний ролик по направлению его вращения и нажать педаль. После отработки цикла сварки и поднятия верхнего ролика полученное сварное соединение (если оно сформировалось) механически разрушить с помощью слесарного инструмента и замерить штангенциркулем ширину литой зоны. Данные записать (номер опыта, позиции регулятора, ширина литой зоны).

14 Если соединение не сформировалось, то необходимо выставить автоматический выключатель на обратной стороне машины в нижнее положение («ВЫКЛ»), после чего посредством стержневых переключателей увеличить ступень трансформатора с № 2 до № 3 (по таблице).

15 Повторить эксперимент согласно п. 13.

16 Если проплавление недостаточное, то повторить операции п. 14 при увеличении ступени трансформатора с № 3 до № 5.

17 Повторить эксперимент согласно п. 13.

18 Затем регулятором скорости вращения роликов выставить 15 делений (увеличить скорость вращения) и на регуляторе ПСЛ-700 уменьшить длительность паузы между импульсами до одного периода.

19 Повторить эксперимент согласно п. 13.

20 Повторить эксперимент для 20, 25 и 30 делений регулятора скорости вращения роликов. Все результаты измерений занести в таблицы.

21 Построить зависимости  $d = f(I_{CB})$ ,  $d = f(V_{CB})$  (здесь  $d$  – ширина литой зоны, мм;  $I_{CB}$  – величина тока в ступенях регулирования трансформатора;  $V_{CB}$  – скорость вращения роликов, об/мин).

22 По ширине литой зоны определить оптимальные параметры режима сварки для образцов, используемых при экспериментах.

#### ***6.4 Содержание отчета***

1 Цель работы.

2 Назначение и основные узлы машины МШ-1601.

3 Циклограмма и основные параметры режима шовной сварки.

4 Таблицы результатов сварки.

5 Графики  $d = f(I_{CB})$ ,  $d = f(V_{CB})$ .

6 Выводы по работе.

#### ***Контрольные вопросы***

1 Назначение и основные узлы машины МШ-1601.

2 Назначение и настройки регулятора ПСЛ-700.

3 Способы регулировки сварочного тока в машине МШ-1601.

4 Основные дефекты, возникающие при контактной шовной сварке.

## **7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструкции и исследование сопротивления вторичного контура контактной машины**

### ***Цель работы***

1 Изучить конструкцию сварочного (вторичного) контура машины для контактной сварки.

2 Исследовать факторы, влияющие на изменение активного сопротивления вторичного контура, на примере стационарной машины контактной точечной сварки.

### ***7.1 Общие теоретические сведения***

Вторичный, или сварочный, контур каждой контактной машины включает в себя вторичный виток сварочного трансформатора и соединенные с ним

конструктивные элементы машины, предназначенные для подведения сварочного тока к электродам, т. е. к месту сварки.

В качестве примера на рисунке 7.1 представлен сварочный контур контактной точечной машины.

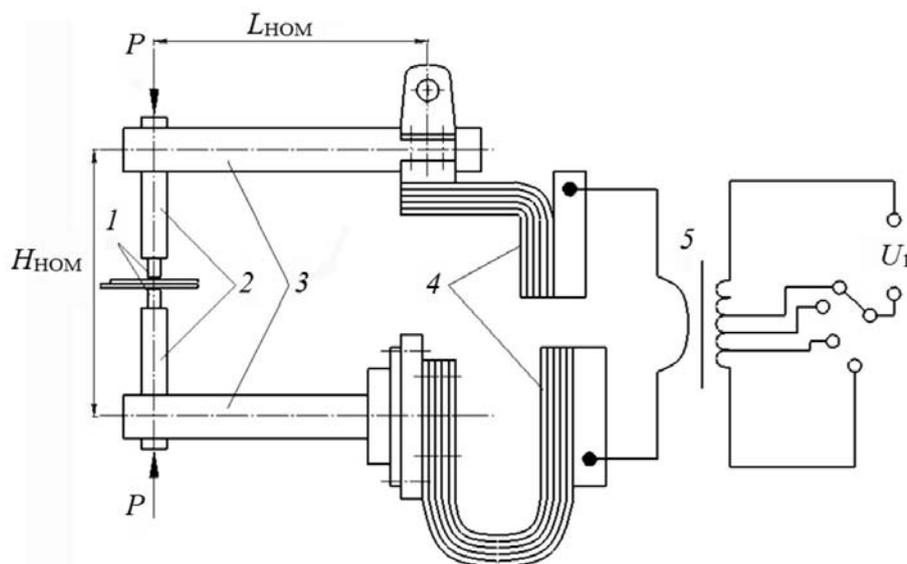


Рисунок 7.1 – Вторичный контур контактной точечной машины

Основными его элементами являются электроды 1, непосредственно подводящие ток к свариваемым деталям и передающие необходимые усилия для их сжатия; электрододержатели 2, служащие для закрепления электродов; хоботы 3, соединенные с механизмами, обеспечивающими необходимые усилия сжатия свариваемых деталей; гибкие шины 4, соединяющие контактные плиты трансформатора с подвижными элементами контура; сварочный трансформатор 5.

Вторичный контур контактной машины включает в себя активное  $r_B$  и индуктивное  $x_B$  сопротивления. Значения этих сопротивлений имеют непосредственное отношение к определению исходных данных вторичного напряжения холостого хода сварочного трансформатора.

Расчет  $r_B$  и  $x_B$  производится после уточнения геометрических размеров вторичного контура машины и выбора сечений всех его элементов.

## 7.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Машина для контактной точечной сварки типа МТ-1617.
- 2 Измерительная линейка, штангенциркуль.
- 3 Прибор для измерения контактных сопротивлений.
- 4 Набор гаечных рожковых и шестигранных ключей, набор отверток.

### 7.3 Порядок проведения работы

1 На машине МТ-1617 снять две защитные панели для доступа к местам болтового крепления жестких консолей контура ко вторичной обмотке сварочного трансформатора.

2 Идентифицировать отдельные элементы вторичного контура сварочной машины и записать их названия, например, нижняя Г-образная консоль, нижний хобот, нижний электрододержатель, нижний электрод, верхний электрод, верхний электрододержатель, верхний хобот, гибкая медная шина, верхняя жесткая консоль.

3 В виде трехмерного эскиза зарисовать в отчете каждый элемент контура.

4 Определить, в какой плоскости будет производиться сечение каждого из элементов вторичного контура (кроме вторичной обмотки сварочного трансформатора). На эскизах заштриховать соответствующие сечения элементов контура. Обозначить размерными линиями длины сечений каждого из элементов контура.

5 С помощью линейки и штангенциркуля определить размеры сечений и их длины для каждого из элементов контура. Размеры записать на эскизах.

6 Рассчитать площадь поперечного сечения каждого из элементов  $S_i$ , записать значение рядом с соответствующим эскизом (также записать длину соответствующего сечения  $L_i$ ).

7 Рассчитать активное сопротивление каждого из элементов контура

$$r_i = \rho l_i / S_i, \quad (7.1)$$

где  $\rho$  – удельное электросопротивление материала элемента, для хромистой бронзы,  $\rho = 0,03$  мкОм·м.

8 Рассчитать поправочные коэффициенты  $K_{Pi}$  для каждого элемента контура (коэффициенты поверхностного эффекта). Для этого необходимо разбить элементы контура на две группы: массивные и немассивные. Методику расчета взять у преподавателя.

9 Пересчитать активное сопротивление каждого из элементов контура с учетом поправочных коэффициентов.

10 Найти суммарное активное сопротивление элементов контура (при температуре 20 °С).

11 Уточнить суммарное активное сопротивление элементов контура  $r_i$  при условной рабочей температуре его нагрева 80 °С (с учетом коэффициента 1,2352).

12 Определить количество контактов во вторичном контуре машины и их тип (подвижные и неподвижные).

13 Рассчитать суммарное сопротивление контактов вторичного контура  $r_k$ . Сопротивление одного неподвижного контакта принять 1...2 мкОм, подвижного контакта – 4 мкОм.

14 Принять для дальнейших расчетов значения приведенного активного и индуктивного сопротивлений вторичной обмотки сварочного трансформатора  $r_T = x_T = 20$  мкОм.

15 Определить суммарное индуктивное сопротивление элементов контура (кроме вторичной обмотки трансформатора):

$$x_B = \sum l_i C 10^{-6}, \quad (7.2)$$

где  $C$  – эмпирический коэффициент (принять  $C = 1,26$ ).

16 Принять сопротивление межэлектродной зоны  $r_{\text{ЭЭ}}$  для процесса контактной точечной сварки двух пластин из низкоуглеродистой стали максимальной толщины, которую обеспечивает машина.

17 Рассчитать полное сопротивление контура при коротком замыкании:

$$z_K^{\text{КЗ}} = \sqrt{(r_t + r_K + r_T)^2 + (x_K + x_T)^2}. \quad (7.3)$$

18 Рассчитать полное сопротивление контура в режиме нагрузки (при сварке):

$$z_K^{\text{НАГР}} = \sqrt{(r_t + r_K + r_T + r_{\text{ЭЭ}})^2 + (x_K + x_T)^2}. \quad (7.4)$$

19 В техническом паспорте на сварочную машину МТ-1617 в диапазоне напряжений холостого хода, обеспечиваемых машиной, выбрать наибольшее число. Затем найти максимальный сварочный ток (для сварки образцов максимальной толщины на последней ступени):

$$I_{2H} = U_{20\text{MAX}} / z_K^{\text{НАГР}}. \quad (7.5)$$

20 С помощью цифрового прибора для измерения активных электрических сопротивлений цепей (см. лабораторную работу № 1) измерить фактическое активное сопротивление вторичного контура контактной машины МТ-1617 и сравнить полученное значение с расчетным. Сделать выводы.

#### **7.4 Содержание отчета**

- 1 Чертежи элементов сварочного контура машины МТ-1617.
- 2 Расчет сварочного контура машины МТ-1617 с пояснениями.
- 3 Вывод по расчету сварочного контура машины МТ-1617.
- 4 Выводы по работе.

#### **7.5 Контрольные вопросы**

- 1 Назначение сварочного (вторичного) контура контактной машины.
- 2 Составляющие активного сопротивления сварочного контура контактной машины.
- 3 Составляющие индуктивного сопротивления сварочного контура контактной машины.
- 4 Порядок расчета сварочного контура контактной машины.

## 8 Лабораторная работа № 8. Изучение конструкции машины и исследование технологических процессов контактной стыковой сварки сопротивлением

### Цель работы

- 1 Изучить сущность процесса контактной стыковой сварки сопротивлением.
- 2 Изучить конструкцию машины для контактной стыковой сварки типа МС-1602У4.
- 3 На машине МС-1602У4 исследовать процесс контактной стыковой сварки сопротивлением.

### 8.1 Общие теоретические сведения

Контактная стыковая сварка – это разновидность контактной сварки, при которой нагрев металла деталей, предварительно зажатых усилием  $F_{сж}$  между токоподводящими зажимами приспособления и сжимаемых основным усилием сжатия  $F_{св}$ , осуществляется электрическим током до температуры сварки  $T_{св}$ , которая может быть ниже или выше температуры плавления  $T_{пл}$  соединяемых материалов, а сварка происходит по всей площади касания деталей (рисунок 8.1).

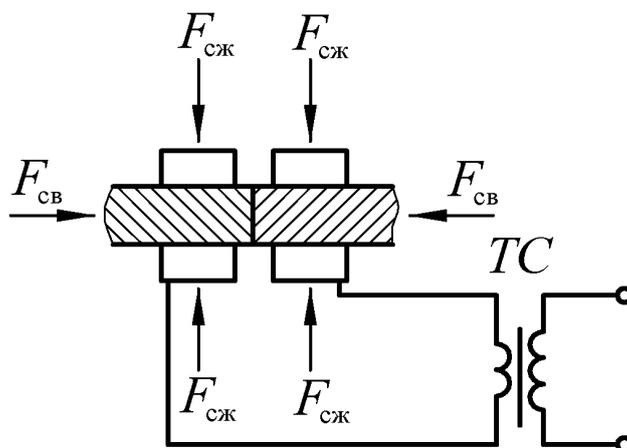


Рисунок 8.1 – Схема контактной стыковой сварки (ТС – сварочный трансформатор)

Общее применение стыковой сварки: производство трубопроводов, рельсов, арматуры железобетона, цепей, проводов и др.

Существует две разновидности стыковой сварки:

- 1) стыковая сварка сопротивлением, когда  $T_{св} < T_{пл}$ ;
- 2) стыковая сварка оплавлением, когда  $T_{св} \geq T_{пл}$ .

При стыковой сварке сопротивлением торцы деталей вначале сжимаются, а затем к ним подводится ток. Пока торцы не разогреты, они соприкасаются лишь по отдельным небольшим площадкам, образовавшимся в результате деформации выступающих частей микрорельефа их поверхностей.

При стыковой сварке непрерывным оплавлением процесс оплавления начинается в результате поступательного движения сразу же после сближения

деталей, находящихся под напряжением. Происходит непрерывно повторяющееся образование и разрушение отдельных участков торцевых поверхностей свариваемых деталей с выбрасыванием из стыка расплавленных частиц металла, а сварное соединение формируется сжатием нагретых стыкуемых поверхностей. Во время сжатия вместе с выдавливаемым из стыка жидким металлом удаляются окислы и другие загрязнения.

При стыковой сварке оплавлением с подогревом сопротивлением предварительный подогрев осуществляется неоднократным кратковременным замыканием торцов свариваемых деталей. Во время замыкания торцы нагреваются до температуры подогрева  $T_{\text{под}} < T_{\text{пл}}$ . Во время паузы теплота от нагретых торцов распространяется вглубь деталей, подогревая металл, выступающий из зажимов (электродов). Предварительный подогрев повышает сопротивление выступающих из электродов (зажимных губок) деталей, что способствует увеличению количества выделяемой теплоты и уменьшает величину тока оплавления  $I_{\text{опл}}$ .

После выполнения сварочной операции производится последующая обработка сварного соединения, которая включает удаление грата (усиления), правку и термообработку.

Машина сварочная типа МС-1602У4 предназначена для электрической контактной сварки сопротивлением изделий из низкоуглеродистой стали. Номинальный сварочный ток – 16 кА, номинальное усилие зажатия – 6,3 кН, номинальное усилие осадки с рычажным приводом – 4,0 кН, максимальная производительность – 60 свар. / ч.

## **8.2 Оборудование, приборы и материалы**

- 1 Машина для стыковой сварки МС-1602У4.
- 2 Секундомер.
- 3 Мультиметр.
- 4 Линейка, штангенциркуль.
- 5 Набор слесарного инструмента.
- 6 Образцы из низкоуглеродистой стали диаметром 15...20 мм,  $l = 150$  мм.

## **8.3 Порядок проведения работы**

1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов машины стыковой сварки МС-1602У4. Изучить электрическую схему машины.

2 Исследовать взаимодействие узлов машины при выключенном напряжении (проверить заземление корпуса машины!).

3 По литературным данным определить оптимальные параметры режима стыковой сварки сопротивлением применительно к имеющимся образцам из низкоуглеродистой стали.

4 Открыть вентиль, подводящий воду для охлаждения сварочного трансформатора и токоподводящих губок.

5 Подать напряжение на машину включением рубильника.

6 Измерить напряжение холостого хода сварочного трансформатора на всех ступенях регулирования. Данные измерений занести в таблицу.

7 Произвести пробную сварку образцов стыковой сваркой сопротивлением. Внести поправки в подобранный режим.

8 Сварить образцы сваркой сопротивлением на уточнённом режиме. Оценить полученное соединение по внешнему виду (величина и равномерность грата, наличие смещения кромок, перелома оси, незакрытые кратеры, наличие неметаллических включений и др.).

9 Освоить технику выполнения стыковой сварки сопротивлением.

#### **8.4 Содержание отчета**

1 Перечень основных узлов машины стыковой сварки МС-1602У4.

2 Циклограмма стыковой сварки сопротивлением.

3 Уточненные параметры режима стыковой сварки сопротивлением.

4 Выводы по работе.

#### **Контрольные вопросы**

1 Назовите основные узлы машины для стыковой сварки МС-1602У4.

2 Техника стыковой сварки сопротивлением.

3 Основные дефекты при стыковой сварке сопротивлением.

### **9 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ**

1 Машина контактной сварки должна быть заземлена (проверить наличие заземляющего кабеля, его сплошность, а также проверить контакт с корпусом машины мультиметром).

2 Рубильник подключения машины к трехфазной сети (380 В) включать только с резинового коврика, причем рубильник должен находиться при этом в закрытом состоянии (при закрытой дверце).

3 Перед включением рубильника в сеть необходимо проверить подключение кабеля управления к регулятору цикла сварки. Машину подключать к трехфазной сети напряжения только при подключенном кабеле управления и только при закрытых дверях контактной машины.

4 Перед осуществлением процесса сварки необходимо надеть спецодежду: костюм сварщика, защитные очки, рукавицы.

5 При осуществлении процессов контактной точечной и рельефной сварки необходимо стоять на сухом резиновом коврике, а детали держать руками нежелательно. Детали можно придерживать плоскогубцами либо захватами с изолирующими ручками.

6 Перед включением машины необходимо визуально убедиться в отсутствии оголенных проводов в пределах рабочей зоны.

7 Открывать дверцы контактной машины в процессе сварки строго запрещено.

8 При необходимости грубой регулировки сварочного тока необходимо выключить автоматический выключатель, выключить рубильник подвода к машине трехфазного напряжения, после чего открыть дверцу шкафа и переподключить комбинацию клемм сварочного трансформатора согласно требуемому коэффициенту трансформации.

9 Располагать руки между электродами как в режиме холостого хода машины, так и при нагрузке строго запрещено!

### Список литературы

1 **Березиенко, В. П.** Технология сварки давлением / В. П. Березиенко, С. Ф. Мельников, С. М. Фурманов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 256 с.

2 **Катаев, Р. Ф.** Теория и технология контактной сварки: учебное пособие / Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 144 с.

3 **Гельман, А. С.** Технология контактной электросварки / А. С. Гельман. – Москва: МАШГИЗ, 1952. – 322 с.

4 **Гилевич, В. А.** Технология и оборудование рельефной сварки / В. А. Гилевич. – Ленинград: Машиностроение, 1976. – 151 с.

5 **Абабков, Н. В.** Технология и оборудование контактной сварки: учебное пособие / Н. В. Абабков, М. В. Пимонов. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 258 с.

6 **Орлов, Б. Д.** Технология и оборудование контактной сварки: учебник для машиностроительных вузов / Б. Д. Орлов. – Москва: Машиностроение, 1986. – 352 с.

7 **Липа, М.** Контактная рельефная сварка / М. Липа, Я. Голасек. – Киев: Техника, 1971. – 324 с.

8 Справочник по специальным работам. Сварочные работы в строительстве / В. Д. Таран [и др.]. – Москва: Изд-во литературы по строительству, 1971. – 464 с.

9 **Людвиг, Ю. И.** Технология и оборудование точечной и рельефной сварки / Ю. И. Людвиг. – Киев: Наукова думка, 1976. – 43 с.

10 **Банов, М. Д.** Технология и оборудование контактной сварки: учебник для студентов учреждений сред. проф. образования / М. Д. Банов. – Москва: Академия, 2008. – 224 с.

11 **Чуларис, А. А.** Технология сварки давлением / А. А. Чуларис, Д. Д. Рогозин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 221 с.

12 **Гуляев, А. И.** Технология точечной и рельефной сварки сталей (в массовом производстве) / А. И. Гуляев. – Москва: Машиностроение, 1978. – 246 с.

13 **Рыкалин, Н. Н.** Тепловые основы сварки. Процессы распространения тепла при дуговой сварке / Н. Н. Рыкалин. – Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1947. – 271 с.

14 **Кархин, В. А.** Тепловые процессы при сварке / В. А. Кархин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 572 с.

15 **Куликов, В. П.** Технология сварки плавлением и термической резки: учебник / В. П. Куликов. – 3-е изд., стер. – Минск : Новое знание, 2019. – 463 с.