

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.10.2023 14:48:13
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
_____ 2017 г.



ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

Часть 1

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки 15.03.01 Машиностроение
профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Курск 2017

УДК 621.791

Составитель Н.И. Иванов

Рецензент

к.т.н., профессор ЮЗГУ *Ю.Н. Селезнев*

Технология и оборудование сварки давлением [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных работ: в 2 ч. Ч.1 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Н.И. Иванов. – Курск: ЮЗГУ, 2017. 75 с., ил. 22, табл. 6, прилож. 1. Библиогр.: с. 70.

Содержат сведения по вопросам технологии и оборудования сварки давлением, необходимые при выполнении лабораторных работ. Указывается необходимое оборудование, материалы, порядок выполнения и оформления отчетов по лабораторным работам.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Работа предназначена для студентов дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 3.03.14. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,3. Уч. - изд. л. 3,9. Тираж 50 экз. Заказ 299. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа № 1. Особенности конструкции контактных машин общего назначения	5
Лабораторная работа №2. Измерение и регистрация основных параметров режима сварки	21
Лабораторная работа № 3. Определение параметров режима точечной сварки расчетным путем	33
Лабораторная работа № 4. Паспортизация машин контактной сварки	45
Лабораторная работа № 5. Настройка шовных машин на технологический режим	52
Лабораторная работа № 6. Исследование влияния ферромагнитных масс и шунтирования тока на качество контактной сварки точечных соединений	63
Список использованных источников	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А	71

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы, представленные в методических указаниях, составлены в соответствии с учебным планом по курсу «Технология и оборудование сварки давлением».

В начале каждой лабораторной работы приведены краткие теоретические сведения, помогающие студенту выполнять ее правильно и осмысленно; дано описание оборудования и приборов, которыми придется пользоваться при выполнении работы, а также разъяснены цели и задачи. После этого изложены конкретные задания, методические рекомендации о порядке выполнения и указания по составлению отчета. Для закрепления знаний и навыков, полученных в результате проведения лабораторных работ, в конце каждой работы приведены контрольные вопросы.

Большинство лабораторных работ состоит из нескольких частей, выполняемых отдельно. Это конкретизирует поставленные перед студентами задачи и позволяет преподавателю проводить работы по частям в зависимости от имеющегося оборудования, приспособлений и материалов.

Студенты перед занятием самостоятельно изучают материалы, приведенные в лекциях, методических указаниях и литературе, рекомендованной к выполняемой работе. В начале занятий по результатам собеседования с преподавателем студент обязан получить допуск к выполнению работы.

Полученные при выполнении работы экспериментальные данные следует проанализировать, обработать, построить необходимые графики и диаграммы и представить их для проверки преподавателю. Опыты, давшие сомнительные результаты, по указанию преподавателя могут быть повторены.

Отчет по лабораторной работе составляется самостоятельно каждым студентом. Отчеты должны быть оформлены и представлены преподавателю к следующему занятию. Для защиты отчета по каждой работе необходимо знать не только технику выполнения лабораторной работы, но и соответствующий материал теории..

Лабораторная работа №1. Особенности конструкции контактных машин общего назначения

1.1 Общие сведения

1.1.1 Классификация машин для сварки давлением. Для соединения деталей из металлов и сплавов используют различные виды сварки давлением, для которых характерно образование сварного соединения без расплавления материалов в зоне сварки или с местным их расплавлением. В некоторых случаях расплавленный материал остается в сварной зоне (например, при контактной, точечной и шовной сварке), а в других случаях полностью или частично удаляется из нее (например, при стыковой сварке оплавлением). Для всех видов сварки давлением характерна пластическая деформация в зоне сварки, которая происходит с нагревом или без нагрева, на воздухе или в контролируемой среде.

Известны следующие виды сварки давлением: контактная, холодная, ультразвуковая, трением, стыковая сварка сопротивлением с нагревом токами высокой частоты и диффузионная, а также менее распространенные — прессовая и газопрессовая, сварка взрывом и др.

Для осуществления вышеуказанных видов сварки промышленностью выпускается следующее оборудование:

- для контактной точечной, рельефной, шовной и стыковой сварки;
- для точечной шовной и стыковой холодной сварки;
- для стыковой сварки трением;
- для стыковой и точечной ультразвуковой сварки;
- для высокочастотной сварки;
- для диффузионной сварки и т. д.

Наибольшее распространение получило оборудование для контактной сварки, на котором выполняют различные виды сварных соединений из разнообразных металлов и сплавов.

1.1.2 Общие требования к машинам контактной сварки.

Основные технические требования к машинам общего назначе-

ния (универсальным) для контактной сварки и используемая терминология приведены в ГОСТ 297–80 «Машины контактные. Общие технические условия».

В настоящее время принята система условных обозначений электросварочных машин, дающая возможность определить тип оборудования и некоторые другие данные.

Обозначение любого типа оборудования состоит из двух частей: буквенного, содержащего две или три буквы, и цифрового, состоящего из четырех цифр.

Первая буква характеризует изделие: установка (У), автомат (А), полуавтомат (П), машина (М) и т. д.

Вторая буква указывает вид сварки: точечная (Т), рельефная (Р), шовная (Ш), стыковая (С).

Иногда в буквенное обозначение входит третья буква, которая указывает либо число одновременно свариваемых точек – многоэлектродная (М), либо характер сварочного тока – конденсаторная (К), с выпрямлением во вторичном контуре (В) и т. д.

Первые две цифры числовой части обозначения указывают величину номинального сварочного тока в килоамперах, а вторые две – номер конструктивного исполнения данного типа машины.

Отечественной промышленностью выпускается большое количество разнообразных универсальных машин для точечной, рельефной, шовной и стыковой сварки. Все они состоят из двух основных частей: *электрической и механической*. Конструкции этих частей и их компоновка в зависимости от вида сварки и назначения машины могут меняться в широких пределах.

Некоторые особенности устройства машины для контактной сварки можно рассмотреть на примере машины для точечной сварки типа МТ-1220 (прессового типа), показанной на рисунке 1.1.

Электрическая часть машины состоит из источника питания – сварочного трансформатора 11 с переключателем ступеней 12 и сварочного контура, состоящего из токоподвода 8, верхней консоли 5 с верхним электрододержателем 6 и нижней консоли 3 с нижним электрододержателем 4. К электрической части машины относится также устройство для коммутации первичного тока сварочного трансфор-

матора – тиристорный контактор 15 (КТ-1) и регулятор цикла сварки 13 (РЦС-503), обеспечивающий заданную последовательность операций цикла сварки и регулировку некоторых его параметров.

Кроме тиристорных контакторов, в машинах малой мощности, нередко, используются электромагнитные контакторы, а в машинах большой мощности могут применяться игнитронные прерыватели, чаще выносимые в отдельный шкаф вместе с блоком поджига.

До настоящего времени применяются и различные типы регуляторов цикла сварки (электронные, на полупроводниковых элементах «Логика-Т», на интегральных микросхемах, а также на базе однокристалльных ЭВМ).

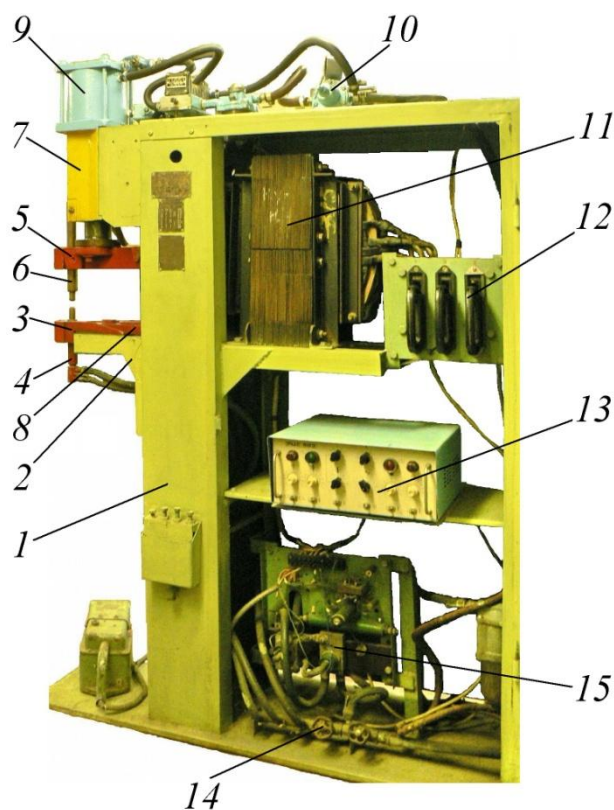


Рисунок 1.1 – Устройство машины МТ-1220 для контактной точечной сварки (обозначения в тексте)

Механическая часть машины (рисунок 1.1) состоит из корпуса 1, в котором размещены все элементы и узлы машины (он рассчитан на восприятие реакций от усилия, создаваемого приводом сжатия

электродов). В составе механической части машины следует отметить: пневматический привод сжатия 9 с направляющим устройством 7, нижний кронштейн 2, на котором закреплена нижняя консоль с электрододержателем. Для сжатия свариваемых деталей используется пневматическое устройство 10, состоящее из аппаратуры подготовки, регулирования и коммутации сжатого воздуха, подаваемого в пневмопривод, и соединительных резинотканевых рукавов. Система водяного охлаждения 14 обеспечивает охлаждение сварочного контура и вентиля контактора.

Размеры рабочего пространства машины (вылет и раствор) могут изменяться путем перемещения по высоте нижнего кронштейна (с консолью, электрододержателем и электродом) ступенчато или плавно. Вылет консолей в большинстве случаев существенно не изменяется (имеется небольшая регулировка $\pm 10 \div 25$ мм для настройки совпадения осей электродов).

В различных машинах для контактной сварки применяют и другие типы приводов, обеспечивающие сжатие электродов, зажатие и перемещение свариваемых деталей и другие операции (электромеханические, рычажные, гидравлические и др.), однако пневматический привод получил наибольшее распространение.

По конструкции машины для рельефной и шовной сварки мало отличаются от машин, предназначенных для точечной сварки:

- в машинах для рельефной сварки вместо электродов установлены контактные плиты, на которых крепится специализированная электродная оснастка;
- машины для шовной сварки имеют устройство для привода вращения роликов и электродные головки с роликовыми электродами.

Машины для стыковой сварки по конструкции существенно отличаются от машин точечной, рельефной и шовной сварки общей компоновкой и устройством отдельных узлов.

1.1.3 Электрические и механические параметры машин для контактной сварки.

При сварке машина потребляет из электрической сети энергию мощностью $P_1 = U_1 I_1$, где U_1 – напряжение питающей сети, I_1 – ток,

потребляемый машиной из сети.

Однако только часть потребляемой мощности расходуется на образование сварного соединения. Эта часть называется полезной мощностью, и она развивается на участке электрической цепи машины между электродами. Полезная мощность

$$P_{\text{св}} = I_2^2 R_{\text{э.э}}, \quad (1.1)$$

где I_2 – сварочный ток, $R_{\text{э.э}}$ – сопротивление участка «электрод – электрод».

Полезная мощность всегда меньше потребляемой мощности, так как часть потребляемой мощности теряется в сварочном контуре и трансформаторе. Общее сопротивление при сварке

$$Z_{\text{св}} = \sqrt{R_{\text{ээ}} + R_1'' + R_2^2 + x_1'' + x_2^2}, \quad (1.2)$$

где R_1'' и x_1'' – активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки сварочного трансформатора, приведенные к вторичной обмотке; R_2 и x_2 – активное и индуктивное сопротивления сварочного контура вместе с вторичной обмоткой сварочного трансформатора.

Тогда полная мощность, потребляемая машиной из сети:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 1,2 \cdot I_2^2 \cdot Z_{\text{св}} = 1,2 \sqrt{R_{\text{ээ}} + R_1'' + R_2^2 + x_1'' + x_2^2} \quad (1.3)$$

где 1,2 – коэффициент, зависящий от вылета и раствора контура и типа трансформатора и учитывающий ток холостого хода трансформатора.

Таким образом, очевидно, что при сварке одних и тех же деталей на различных машинах из сети будет потребляться различная мощность, величина которой зависит от внутреннего сопротивления машины, т. е. от ее конструкции.

Сварка деталей на машине возможна в случае, если напряжение холостого хода

$$U_{2\text{хх}} > I_2 Z_{\text{св}}. \quad (1.4)$$

Машины для контактной сварки, как правило, работают в повторно-кратковременном режиме, при котором чередуются включения сварочного тока с паузами. Во время пауз производится выдержка свариваемых деталей под усилием после сварки (проковка), перемещение деталей, съем сваренных деталей, установка и другие операции.

Оценивается такой режим величиной отношения продолжительности времени включения сварочного тока ко всему времени цикла в процентах (*ПВ*):

$$ПВ = \frac{t_{св} \cdot 100}{t_{св} + t_{п}} = \frac{t_{св}}{t_{ц}} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

где $t_{св}$ – суммарное время протекания сварочного тока, $t_{п}$ – время паузы в течение цикла сварки, $t_{ц}$ – время всего цикла, равное сумме времени протекания тока и паузы.

ПВ является важным параметром, дающим возможность оценить технологические возможности и допустимые нагрузки машины, так как мощность машины ограничивается допустимыми температурами нагрева обмоток сварочного трансформатора и других токоведущих частей. В процессе работы при повторно-кратковременном режиме токоведущие части и обмотки сварочного трансформатора нагреваются при прохождении сварочного тока и охлаждаются в паузах.

Так как потери при повторно-кратковременном режиме равны потерям в длительном режиме с некоторым эквивалентным током, можно найти величину этого эквивалентного тока $I_{длит}$ из уравнения

$$I_2^2 \cdot R \cdot t_{св} = I_{длит}^2 \cdot R (t_{св} + t_{п}) , \quad (1.6)$$

$$I_{длит} = I_2 \cdot \frac{\overline{t_{св}}}{t_{св} + t_{п}} = I_2 \cdot \frac{\overline{ПВ}}{100} , \text{ а } P_{длит} = P_1 \cdot \frac{\overline{ПВ}}{100} . \quad (1.7)$$

При номинальных условиях P_1 – это номинальная мощность, потребляемая из сети. Если известны номинальная мощность P_1 и *ПВ* машины, то можно найти допустимую кратковременную мощность, не вызывающую перегрев и при любом другом *ПВ*:

$$P_{\text{длит}} = P_1 \frac{\overline{ПВ}}{100} = P_1' \frac{\overline{ПВ'}}{100}, \text{ откуда } P_1' = P_1 \frac{\overline{ПВ}}{\overline{ПВ'}}. \quad (1.8)$$

Из этой формулы видно, что кратковременная мощность будет тем больше, чем меньше $\overline{ПВ'}$. Это справедливо только по условиям нагрева. В реальных машинах кратковременная мощность не может быть больше максимальной мощности короткого замыкания, величина которой обычно превышает номинальную мощность не более чем на 60 %. Полное сопротивление сварочной машины ($Z_{\text{св}}$) можно изобразить графически в виде треугольника (рисунок 1.2).

Из треугольника можно определить коэффициенты мощности ($\cos \varphi$) при сварке:

$$\cos \varphi = \frac{R_{\text{вн}} + R_{\text{ээ}}}{\sqrt{(R_{\text{вн}} + R_{\text{ээ}})^2 + x_{\text{вн}}^2}} \quad (1.9)$$

где $R_{\text{вн}}$ – активное сопротивление машины, $x_{\text{вн}}$ – индуктивное сопротивление машины. Коэффициент мощности при коротком замыкании

$$\cos \varphi_{\text{к}} = \frac{R_{\text{вн}}}{\sqrt{R_{\text{вн}}^2 + x_{\text{вн}}^2}} \quad (1.10)$$

$\cos \varphi_{\text{к}}$ всегда меньше $\cos \varphi$.

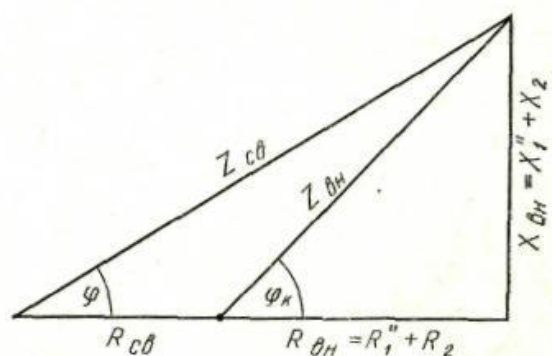


Рисунок 1.2 – Треугольник сопротивлений

Коэффициент полезного действия машины η определяется из соотношения

$$\eta = \frac{P_{\text{св}}}{P_{\text{а}}} = \frac{R_{\text{ээ}}}{R_{\text{вн}} + R_{\text{ээ}}} \quad (1.11)$$

где P_a – активная мощность.

$$P_a = P_1 \cdot \cos \varphi. \quad (1.12)$$

Зависимость между вторичным напряжением и сварочным током, выраженная в виде кривой, называемой внешней характеристикой машины, $U_2 = f(I_2)$ приведена на рисунке 1.3, а.

Пересечение этой кривой с осью абсцисс соответствует режиму короткого замыкания ($R_{\text{св}} = 0$), а с осью ординат – режиму холостого хода ($R_{\text{св}} = \infty$). По внешней характеристике можно судить о пригодности машины для выполнения сварки данного материала и об изменении сварочного тока при изменении сопротивления свариваемых деталей.

Площадь прямоугольника OABC (рисунок 1.3, а) пропорциональна полезной мощности

$$P_{\text{св}} = I_2^2 \cdot R_{\text{св}} = I_2 \cdot U_2. \quad (1.13)$$

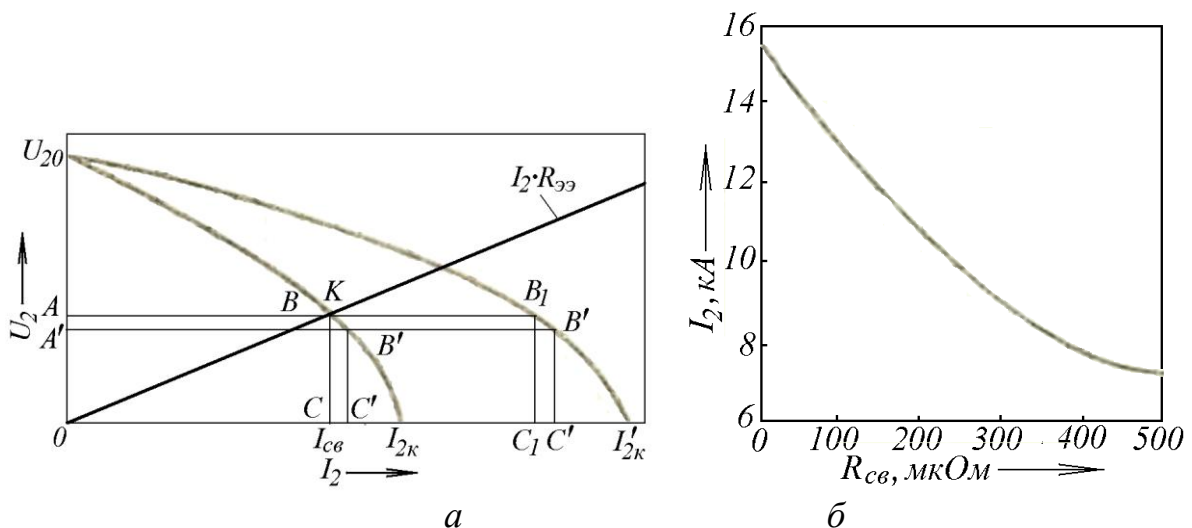


Рисунок 1.3 – Внешние характеристики (а) и нагрузочная характеристика машины для контактной сварки (б)

В зависимости от назначения машины желательно, чтобы внешняя характеристика была бы крутопадающая или пологая.

У большинства машин точечной, рельефной и шовной сварки изменение условий сварки не должно вызывать резкого изменения

количества выделенного тепла, поэтому такие машины должны иметь крутопадающие внешние характеристики (прямоугольники $OABC$ и $OA'B'C'$ примерно равны по площади).

У машин стыковой сварки оплавлением лучше пологая внешняя характеристика, так как в момент образования перемычки между торцами свариваемых деталей происходит уменьшение сопротивления, что приводит к резкому возрастанию тока, а это ускоряет нагрев и разрушение перемычки и оплавление идет устойчивей.

Если известно сопротивление свариваемой детали, то, построив на графике внешней характеристики падение напряжения на свариваемой детали, можно определить величину сварочного тока при сварке данных деталей (точка K и $I_{св}$).

Для определения $I_{св}$ по сопротивлению свариваемых деталей $R_{св}$ удобнее пользоваться нагрузочной характеристикой машины $I_{св} = f(R_{св})$, которая прикладывается к паспорту машины (рисунок 1.3, б).

Потребляемая мощность, номинальный сварочный ток, $PВ$, максимальное усилие сжатия электродов, вылет электродов, раствор (для точечных рельефных и роликовых машин), усилие осадки и усилие зажатия (для машин стыковой сварки) являются основными электрическими и механическими параметрами, которые в основном определяют технологические возможности машин.

1.1.4 Элементы сварочного контура машины для контактной сварки.

Сварочный контур машины образуют токоподводы, соединяющие источник питания (трансформатор) с электродами.

Сварочный контур (рисунок 1.4) обычно состоит из следующих элементов: электродов 3, непосредственно контактирующих со свариваемыми деталями и подводящих ток к месту сварки, а также передающих усилия, необходимые для образования сварного соединения; электрододержателей 2 и 4, служащих для закрепления электродов; верхних и нижних консолей 1 и 5, в которых закрепляются электрододержатели (одна из консолей обычно соединяется с приводом сжатия электродов); гибких медных шин 7, соединяющих подвижный токоподвод 6 с колодкой вторичного витка трансформатора 8. В машинах для точечной, рельефной или шовной сварки такой частью

является одна из консолей, в машинах для стыковой сварки — контактные губки.

Все элементы вторичного контура сварочной машины изготавливаются, как правило, из меди или медных сплавов с высокой электропроводностью. Сечения отдельных элементов контура выбирают такими, чтобы при заданном $IВ$ и сварочном токе их нагрев не превышал $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

От формы и взаимного расположения элементов контура зависит его индуктивное сопротивление, с увеличением которого снижаются КПД и $\cos\varphi$ машины.

Кроме этого, размеры контура (полезный вылет и раствор) определяют технологические возможности машины, т.е. размеры свариваемых деталей.

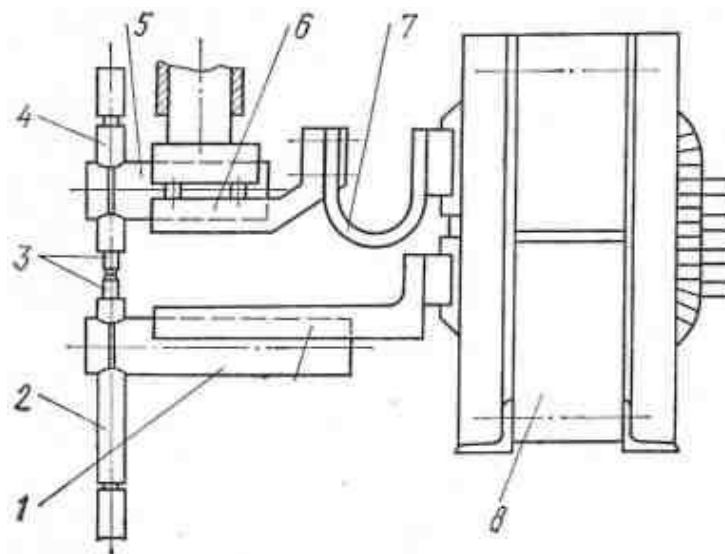


Рисунок 1.4 – Сварочный контур машины для точечной сварки

1.1.5 Электроды и электродные материалы.

Сжатие свариваемых деталей, подвод сварочного тока и отвод тепла, выделяющегося в процессе сварки, в машинах контактной сварки осуществляется с помощью электродов, которые являются сменным рабочим инструментом.

В процессе сварки электроды подвергаются значительному нагреву с одновременным сжатием. Кроме этого, из-за неравномерного

нагрева возникают тепловые напряжения внутри электродов, а стабильность сварного соединения во многом зависит от сохранения формы рабочей поверхности электродов, контактирующей со свариваемыми деталями.

Все эти обстоятельства обуславливают особые требования к материалам и конструкции электродов.

В зависимости от назначения различают следующие группы электродов: для точечной, рельефной, шовной (ролики) и стыковой сварки.

Электроды машин для контактной сварки изготавливаются из медных сплавов, которые в зависимости от их механических и электрических свойств должны соответствовать таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования к электродам

Наименьшая электропроводность сплава по отношению к электропроводности стандартной отожженной меди, % (не менее)	Наименьшая твердость по Бриггеллю, кгс/мм ²	Рекомендуемое применение электродов
80	95	Для сварки легких сплавов
75	120	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей
45	180	Для сварки нержавеющей и жаропрочных сталей

При точечной сварке применяются самые различные электроды, форма которых определяется конфигурацией свариваемых изделий. На рисунке 1.5 изображены наиболее часто встречающиеся электроды.

В большинстве случаев электроды для точечной сварки имеют цилиндрическую форму с посадочной частью в виде конуса с конусностью 1:10 для диаметров электродов до 32 мм и с конусностью 1: 5 для диаметров 32 мм и более.

В зависимости от усилия сжатия, по нормам Международного института сварки (ИСО), диаметр электрода выбирают, исходя из соотношения $P_3 \leq 2,5D_3^2$, где P_3 – усилие сжатия электродов, даН, а D_3 – диаметр электрода, мм. На практике пользуются соотношением $P_3 \leq (3 \div 4) D_3^2$.

Конусность 1: 5 применяют при $P > 1500$ даН, а конусность 1:10 при $P < 1500$ даН. Форма рабочей части электродов выбирается в зависимости от конструкции и материала свариваемых деталей, а также типа машины. На наиболее часто встречающиеся типы электродов выпущен ГОСТ 14111–90 и некоторые типы электродов изготавливаются централизованно.

На рисунке 1.5, а изображены различные типы электродов для точечной сварки.

Размер контактной поверхности определяет размер сварной точки. При малом размере контактной поверхности сварная точка имеет слишком малый размер и не обеспечивает требуемой механической прочности, а при большом размере контактной поверхности из-за малой плотности тока получаемое сварное соединение имеет низкое качество.

Для определения диаметра контактной поверхности электрода при сварке малоуглеродистой стали можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$d = 2\delta + K, \quad (1.14)$$

где d – диаметр контактной части,

δ — толщина свариваемого металла, $K = 4$ при $\delta \leq 1,5$ мм, $K = 3$ при δ от 1,5 до 7,5 мм, $K = 2$ при $\delta > 7,5$ мм.

При сварке двух листов разной толщины расчет ведут исходя из размеров более тонкого листа.

Допускаемые давления на контактную поверхность: при $d \leq 8$ мм, $p = 7$ даН/см², а при $d > 8$ мм $p = 10$ даН/см².

Широко применяются и электроды со сферической рабочей частью. Такие электроды применяются в машинах с радиальным ходом верхнего электрода и прессового типа при сварке малоуглеродистой стали толщиной в 5 мм и более, а также в некоторых других случаях (например, при сварке титана и цветных сплавов). Иногда для точечной сварки применяют составные и разборные электроды, изображенные на рисунке 1.5, б.

Корпус составного электрода изготавливается из сплава с высокой электропроводностью. В рабочую часть корпуса закладывается

вставка из материала, обладающего особыми свойствами (высоким сопротивлением, высокой твердостью и т. д.). Обычно вставки имеют цилиндрическую или призматическую форму, и их припаивают к корпусу твердым припоем. Составные электроды часто применяют для экономии расхода электродного материала.

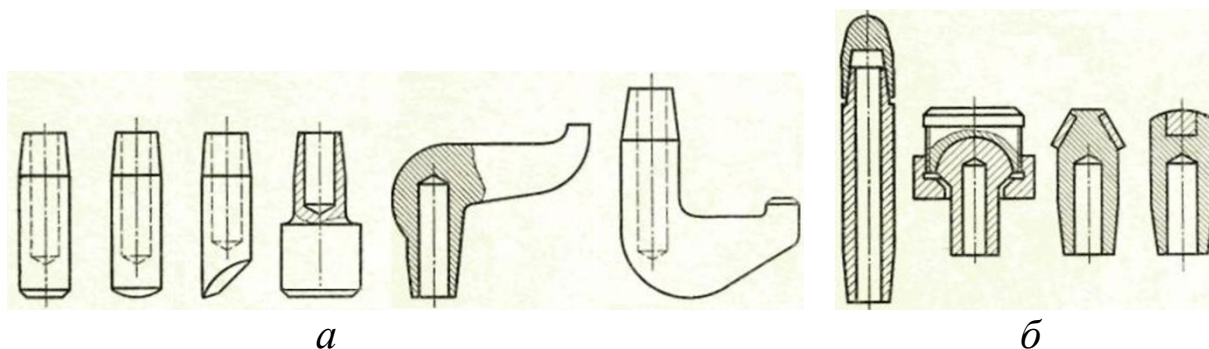


Рисунок 1.5 – Электроды для точечной сварки

Для охлаждения электроды имеют внутренний канал, дно которого отстоит от рабочей части на расстоянии $L = (0,7 \div 0,8) D$, где D — диаметр электрода. Вода в этот канал подается через трубку, закрепленную в электрододержателе. Иногда применяют и другие схемы водяного охлаждения электродов.

Без внутреннего канала для охлаждения изготавливают лишь электроды очень малых размеров.

При рельефной сварке условия работы электродов, а часто и их конструкция, идентичны таковым при точечной сварке, однако, электроды для рельефной сварки отличаются, прежде всего, большими размерами контактной поверхности и большим теплоотводом от свариваемого изделия, а их форма очень часто зависит от формы свариваемых деталей.

1.2 Цель работы

Изучить конструкцию и принцип действия машины МТ-1220. Получить практические навыки работы на машине, исследовать влияние параметров режима на прочность сварных соединений.

1.3 Оборудование и материалы

1.3.1 Машина МТ-1220.

1.3.2 Разрывная машина РТ-250М.

1.3.3 Пассатижи.

1.3.4 Технологические образцы из низкоуглеродистой стали размером 100×20×0,8 мм.

1.4 Методика выполнения работы

1.4.1 Изучить особенности конструкции электрической и механической частей машины МТ-1220 (технические характеристики приведены в таблице А.5). Ответить на контрольные вопросы.

1.4.2 Проверить состояние рабочих поверхностей электродов.

1.4.3 Отрегулировать напор воды в каналах всех контуров охлаждения электросиловой части машины.

1.4.4 Подать сжатый воздух в пневматическую систему механизма сжатия машины.

1.4.5 По таблице А.1 приложения А выбрать необходимые параметры режима сварки для предложенных технологических образцов.

1.4.6 Настроить машину на выбранный режим: величина тока устанавливается переключателем ступеней и ручкой «Нагрев» на панели регулятора РЦС-503; время сварки – соответствующим переключателем регулятора; усилие зависит от давления воздуха в пневмоприводе, устанавливаемого редуктором по манометру.

1.4.7 С разрешения учебного мастера (или преподавателя) подать на машину напряжение электрической сети. Проверить работу в режиме холостого хода. **Внимание! Для этого необходимо отключить подачу управляющего сигнала на тиристоры контактора.**

1.4.8 Произвести сварку, и на машине РТ-250М проверить прочность сварного соединения на отрыв.

1.4.9 Оценить геометрические параметры полученной сварной точки (как среднее значение измерения ее диаметра по двум взаимно перпендикулярным осям).

1.4.10 Внести необходимые поправки в первоначально выбранный режим (по указанию преподавателя) и повторить сварку технологического образца.

1.4.11 Сварить еще восемь технологических образцов, изменяя при этом в одну и другую сторону один из параметров режима относительно оптимальных значений (по указанию преподавателя).

1.4.12 Определить качество сварных точек по пунктам 1.4.8 - 1.4.9. Результаты занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты измерений, вычислений и испытаний

Характеристика режима	Степень мощности	Нагрев	Время, период	Давление воздуха, кгс/см ²	Результаты измерений	
					прочность, даН	диаметр точки, мм
Из таблиц ориентировочных режимов Оптимальный (после корректировки) С уменьшением одного из параметров С увеличением одного из параметров						

1.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- сведения из информационной таблички машины;
- эскиз электрода с необходимыми геометрическими размерами;
- таблица результатов измерений, вычислений и испытаний;
- графики зависимости прочности и диаметров сварных точек от параметров настройки машины;
- выводы по работе.

1.6 Контрольные вопросы

1.6.1 Что характерно для всех видов сварки давлением?

1.6.2 Какая система условных обозначений принята для электросварочных машин в настоящее время?

1.6.3 Из каких основных частей состоят все контактные машины?

1.6.4 Какие элементы относятся к электрической части контактной машины?

1.6.5 Какие элементы относятся к механической части контактной машины?

1.6.6 Для чего в контактной машине предусмотрена возможность изменения размеров рабочего пространства машины (вылета и раствора)? Каким путем они могут изменяться?

1.6.7 Какие типы приводов применяют в различных машинах контактной сварки?

1.6.8 Что такое полезная мощность?

1.6.9 Почему при сварке одних и тех же деталей на различных машинах из сети будет потребляться различная мощность?

1.6.10 Что позволяет оценить параметр $ПВ$?

1.6.11 От чего зависит КПД контактной машины?

1.6.12 Что такое внешняя характеристика машины? Какой она должна быть у контактных машин?

1.6.13 В чем отличие нагрузочной характеристики машины от ее внешней характеристики?

1.6.14 Назовите элементы сварочного контура машины МТ-1220?

1.6.15 Почему все элементы вторичного контура контактной машины изготавливаются, как правило, из меди или медных сплавов с высокой электропроводностью?

1.6.16 Какие требования предъявляются к материалам и конструкции электродов?

1.6.16 Почему в электродах для точечной сварки используется посадочная часть в виде конуса? От чего зависит их конусность?

1.6.17 Как влияет размер контактной поверхности электрода на размер сварной точки?

Лабораторная работа № 2. Измерение и регистрация основных параметров режима сварки

2.1 Общие положения

2.1.1 Параметры режима контактной сварки и особенности их измерения.

Основным условием стабильности процессов контактной сварки, как правило, является строгое соответствие параметров режима, установленных аппаратурой управления, параметрам, заданным по технологии. В технологической карте фиксируют основные параметры режима: сварочный ток, время его протекания (время сварки), усилие сжатия электродов.

В зависимости от толщины свариваемых деталей и фактических свойств материала режимы сварки изменяются в очень широких пределах. Сварочный ток изменяется не только по величине (обычно измеряется в кА), но и по форме импульса. Усилие сжатия электродов изменяется от десятков и сотен грамм при микросварке до сотен и десятков сотен килограммов при сварке изделий больших толщин. Время сварки может изменяться от миллисекунд до нескольких секунд. Основной особенностью сварочных процессов является их кратковременность, поэтому обычные измерительные приборы, как правило, не могут быть использованы.

Требования, предъявляемые к точности измерений параметров сварки, зависят от степени их влияния на прочность сварных соединений. В свою очередь, степень влияния параметров режима сварки на прочность зависит от значений самих параметров, толщины и свойств свариваемого металла, а также от многих других факторов. При этом следует учитывать, что чрезмерное повышение требований, предъявляемых к точности измерительных приборов, приводит к значительному усложнению этих приборов, снижению их надежности и повышению стоимости.

На основании результатов многочисленных исследовательских работ и производственного опыта считают, что в большинстве случаев точность измерения сварочного тока должна быть в пределах $3 \div 4$ %, времени сварки – $4 \div 5$ %, величины усилия сжатия электродов – $5 \div 10$ %.

Важной особенностью контактной сварки также являются сильные переменные магнитные и электрические поля, вызываемые сварочным током во вторичном контуре, потоками рассеяния трансформатора и резкими изменениями напряжения при включении и выключении силовых вентилях в схемах преобразования и управления. Этими полями могут наводиться значительные э.д.с. от помех в измерительных цепях, которые способны исказить результаты измерений. Для защиты от помех используют, магнитные и электрические экраны, перевивают соединительные провода от датчиков к измерительным приборам, включают встречно компенсирующие катушки, а также применяют ряд других специальных мер.

2.1.2 Измерение и регистрация сварочного тока.

Контактная сварка является процессом, в котором плавление металла происходит за счет теплового действия тока, протекающего через зону сварки. При сварке на машинах переменного тока его тепловое действие оценивается по действующему значению, а для машин с униполярным импульсом – по его амплитудному значению (рисунок 2.1).

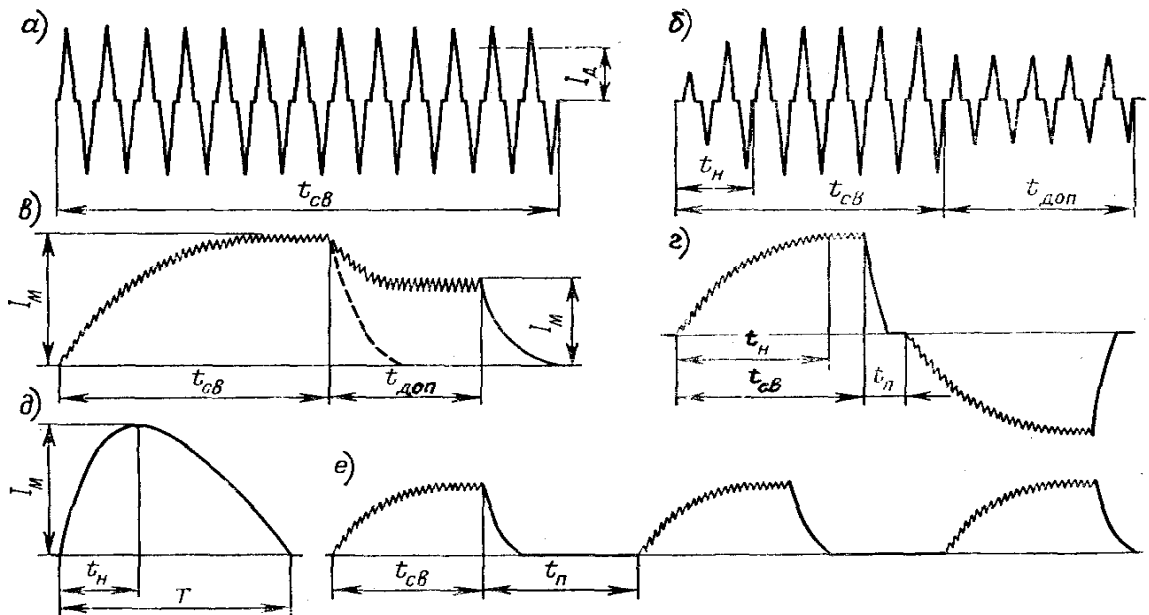


Рисунок 2.1 – Формы импульсов сварочных токов различных типов контактных машин: а, б – переменного тока; в, г – низкочастотных; д – конденсаторных; е – низкочастотных шовных

В современных машинах переменного тока для плавного его изменения применяется фазовое регулирование (регулятор «Нагрев»), существенно изменяющее синусоидальную форму сварочного тока. Кратковременность включения тока, большая величина и несинусоидальная форма импульса делают невозможным использование стандартных приборов для его измерения. Для этих целей применяют специальные приборы типа АСУ-1М, ДСТ-2М (в совокупности с осциллографом), ИТ-02, ИТ-03, ИТ-80 и другие. Основные технические характеристики некоторых приборов приведены в таблице А.3 приложения А.

Прибор АСУ-1М (рисунок 2.2, а, б) используют для периодического измерения сварочного тока. Для этого датчик 1, который представляет собой тороидальную катушку с большим количеством витков, надевают на токоведущий элемент сварочной машины 2 (консоль или электрододержатель).

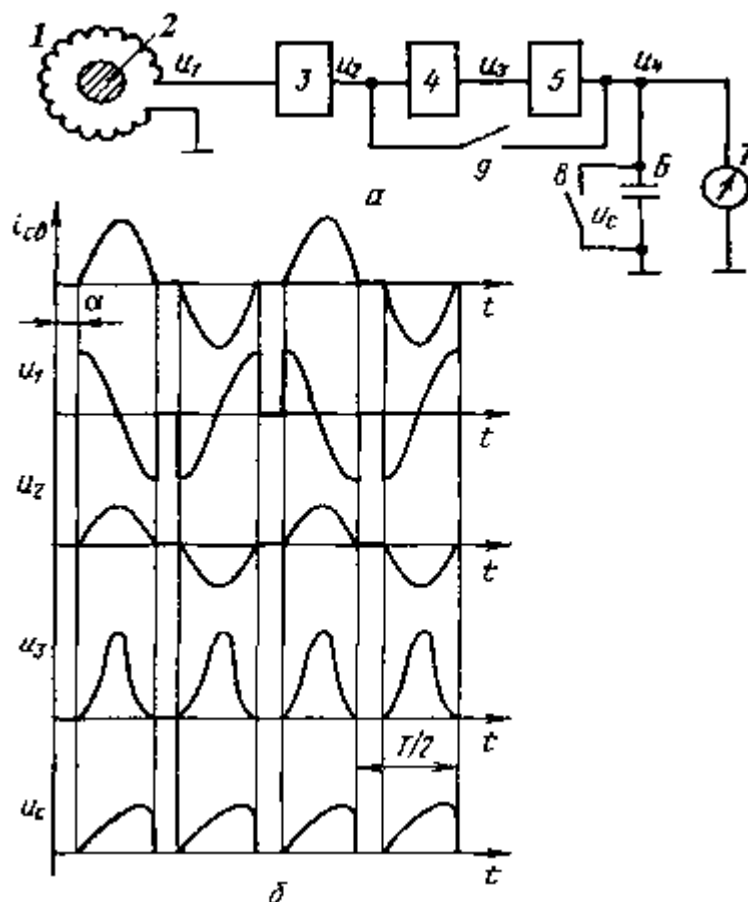


Рисунок 2.2 – Прибор АСУ-1М для измерения параметров сварочного тока:
а – структурная схема; б – графики электрических процессов

Тороидальная форма катушки позволяет получить сигнал напряжения, величина которого не зависит от места расположения катушки в контуре машины. Датчик 1 является измерительным трансформатором без железного магнитопровода, в котором роль первичной обмотки выполняет токоведущий элемент машины, а вторичной – тороидальная катушка.

При измерении действующего значения тока I_D ключ 9 разомкнут. Значение переменного тока за полупериод определяется выражением

$$I_D = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} i_{св}^2 dt} \quad . \quad (2.1)$$

Измерение тока осуществляется следующим образом. На клеммах датчика 1 возникает напряжение u_1 , пропорциональное скорости изменения магнитного потока или сварочного тока

$$u_1 = \frac{di_{св}}{dt} \quad . \quad (2.2)$$

В интегрирующем усилителе 3 происходит формирование сигнала, пропорционального сварочному току

$$u_2 = \int_0^t \left(\frac{di_{св}}{dt} \right) dt \quad . \quad (2.3)$$

В диодном квадраторе 4 формируется сигнал, пропорциональный квадрату мгновенного значения сварочного тока $u_3 = u_2^2$.

Во втором интеграторе 5 формируется сигнал $u_4 = U_c$, пропорциональный квадрату значения тока за $T/2$. Эта информация запоминается конденсатором C (U_c) и считывается электроизмерительным прибором 7, в котором операция извлечения квадратного корня для получения действующего значения сварочного тока в наибольшем, последнем полупериоде предусматривается соответствующей градуировкой его шкалы:

$$I_D = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \left[\int_0^t \left(\frac{di_{c\delta}}{dt} \right) dt \right]^2 dt} \quad . \quad (2.4)$$

Полученное выражение соответствует исходному уравнению (2.1), так как

$$\left[\int_0^t \left(\frac{di_{c\delta}}{dt} \right) dt \right]^2 dt = i_{c\delta}^2 dt \quad .$$

Сброс отсчета осуществляется путем разрядки конденсатора б замыканием ключа 8.

При измерении амплитудного значения тока I_A замыкают ключ 9 и, таким образом, включают элементы 4 и 5 схемы (рисунок 2.2, а).

Сигнал, пропорциональный току, формируется интегрирующим усилителем 3, запоминается конденсатором б и считывается по линейной шкале стрелочного прибора 7.

Минимальная длительность протекания тока, необходимая для достоверных измерений равна 0,01 с. Измерение I_A может производиться либо с выбором полярности импульса, либо в обеих полярностях – без различия в направлениях протекания импульса тока сварочной машины.

Внешний вид прибора приведен на рисунке 2.3.

Для наблюдения сварочного тока на осциллографе в качестве датчиков используются трансформаторы тока, шунты, катушки индуктивности, датчики Холла. В зависимости от требуемой точности измерений, условий их проведения, режимов сварки и типа машин выбираются наиболее подходящие датчики.

Измерительные трансформаторы тока позволяют производить измерения практически во всем диапазоне номинальных сварочных токов контактных машин. Для измерения токов в машинах большой мощности вторичный виток измерительного трансформатора должен иметь водяное охлаждение.

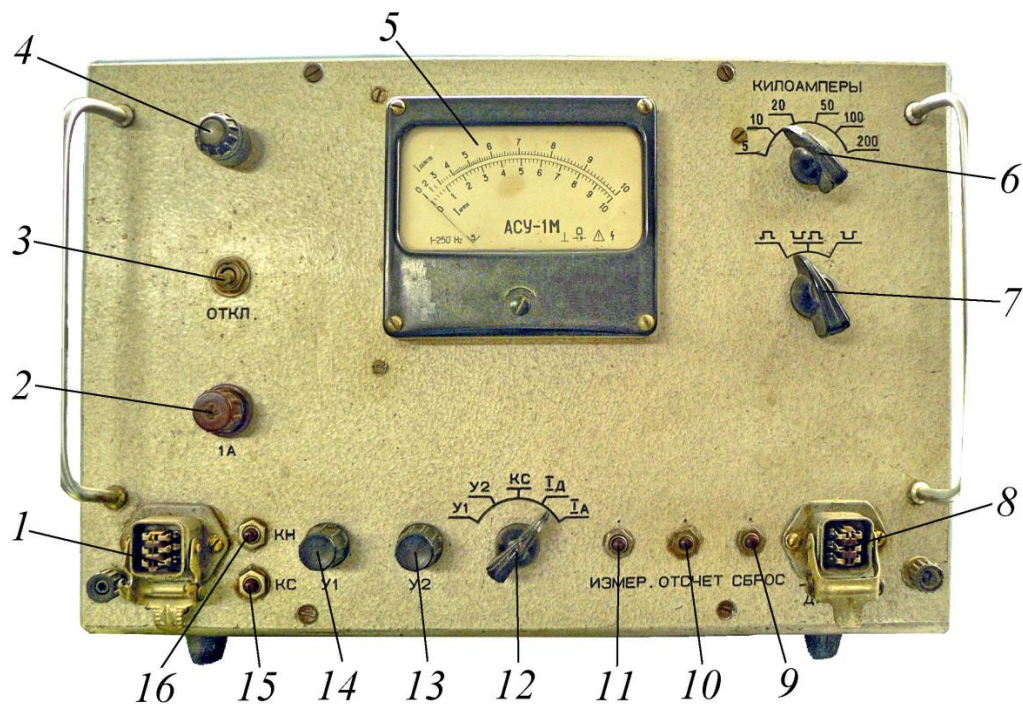


Рисунок 2.3 – Передняя панель прибора АСУ-1М: 1 – сетевой разъем; 2 – предохранитель; 3 – тумблер включения питания; 4 – индикатор сети; 5 – стрелочный прибор отсчета; 6 – переключатель диапазонов измерения тока; 7 – переключатель полярности тока; 8 – разъем датчика; 9 – кнопка «Сброс»; 10 – кнопка «Отсчет»; 11 – кнопка «Измерение» (должна быть нажата во время прохождения импульса сварочного тока); 12 – переключатель рода работ ($У1$ и $У2$ – включение прибора в режим балансировки соответствующего усилителя; $КС$ – включение прибора в режим проверки контрольным сигналом; I_D и I_A – включение прибора в режим измерения параметров сварочного тока – действующего и амплитудного), 13 – балансировка второго усилителя; 14 – балансировка первого усилителя; 15 – кнопка «Контрольный сигнал» (при проверке контрольным сигналом кнопка «Измерение» должна быть в нажатом состоянии, переключатель диапазонов – в положение «10 кА», переключатель полярности – в любом крайнем положении); 16 – кнопка «Контроль напряжения» (стрелка отклоняется в крайнее положение)

Электрические шунты применяют для измерения тока в машинах малой мощности. При использовании шунтов в качестве датчиков тока имеют место погрешности, обусловленные реактивной составляющей падения напряжения на шунте; активной составляющей напряжения, вызванной явлением поверхностного эффекта или эффекта близости; э.д.с., наводимой в проводниках измерительной це-

пи; изменением удельного сопротивления шунта при его нагреве.

В качестве датчиков сварочного тока наиболее широко применяются катушка индуктивности с интегрирующим контуром и полупроводниковые датчики Холла. Катушка индуктивности располагается на токоведущей части вторичного контура сварочной машины, не внося дополнительной индуктивности. Пределы измерения тока практически не ограничены. Для осуществления операций интегрирования применяют электрическую цепь, состоящую из активного сопротивления R и конденсатора C (рисунок 2.4).

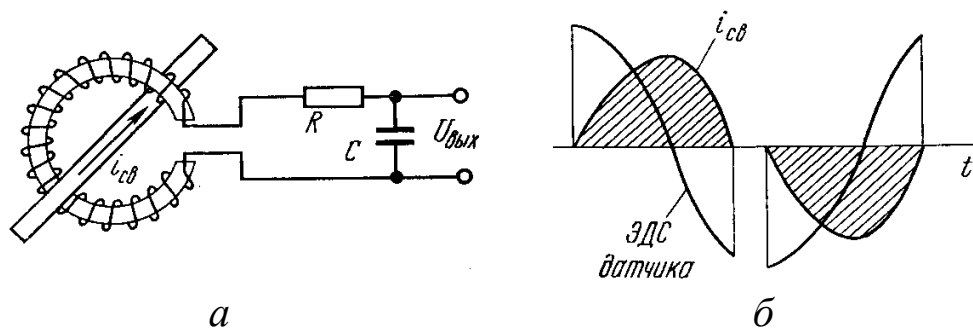


Рисунок 2.4 – Схема датчика тока с интегрирующим контуром (а) и графики э.д.с. и сварочного тока (б)

Напряжение на выходе такой схемы будет приблизительно пропорционально величине сварочного тока. Точность преобразования будет тем выше, чем меньше постоянная времени схемы $\tau = R \cdot C$ по сравнению с длительностью импульса сварочного тока. Однако при этом будет уменьшаться и величина исходного сигнала. Датчики с интегрирующим контуром в большинстве случаев используются для измерений в однофазных машинах, работающих от сети переменного тока промышленной частоты.

Датчики тока, построенные на использовании эффекта Холла в полупроводниках, более совершенны по сравнению с рассмотренными датчиками. Напряжение на выходе такого датчика не зависит от частоты, поэтому он является универсальным и может быть использован для измерения сварочного тока в машинах различного типа: конденсаторных, однофазных, низкочастотных, с выпрямлением тока во вторичном контуре и т.д. Напряжение на выходе такого полупро-

водникового датчика пропорционально не скорости изменения тока, а самому току. Величина выходного напряжения достаточна для прямого измерения без последующего усиления. Все это делает измерительное устройство более точным, надежным и конструктивно несложным.

Недостатком датчика является зависимость выходной э.д.с. от его расположения на машине и от конфигурации ее токоведущих частей. Это вызывает необходимость градуировки датчика всякий раз при его установке. Необходимо также постоянно контролировать величину тока питания датчика.

Эффект Холла заключается в возникновении поперечной э.д.с. U_x на поперечных торцах полупроводниковой пластинки, вдоль которой протекает ток i_b и через которую, перпендикулярно её плоскости, проходят силовые линии магнитного поля H . Эта э.д.с. определяется уравнением

$$U_x = k i_b H \quad , \quad (2.5)$$

где k – коэффициент, зависящий от материала и размеров полупроводниковой пластинки;

H – нормальная составляющая магнитного поля.

В приборе ДСТ-2М датчик Холла (рисунок 2.5) выполнен в виде выносного зонда, который связан с прибором специальным кабелем.

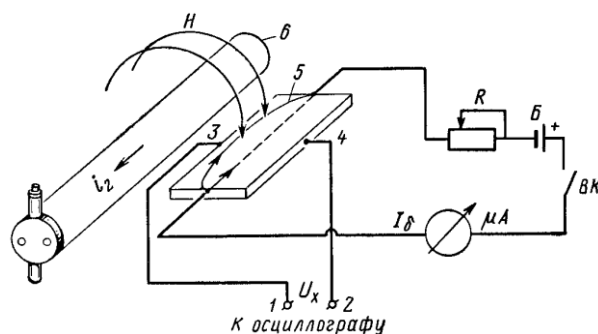


Рисунок 2.5 – Электрическая схема измерения сварочного тока датчиком Холла

Выносной зонд помещается в магнитное поле вторичного контура машины таким образом, чтобы магнитные силовые линии пересе-

кали плоскость датчика. Датчик имеет две системы электродов: токовые 5, служащие для подвода рабочего тока и «холловские» 3-4 – для снятия э.д.с. Холла. Выход датчика подключают к осциллографу. Ток питания датчика i_0 устанавливают по миллиамперметру в зависимости от требуемого масштаба изображения и чувствительности осциллографа, а также вторичного тока машины.

2.1.3 Измерение и регистрация времени сварки.

Для измерения длительности сварочного импульса нашли применение электромеханические секундомеры, например типа ПВ-53Щ. В этом приборе в качестве движущего элемента используется поляризованное реле. При прохождении по обмотке возбуждения переменного тока якорь реле колеблется между полюсами постоянного магнита с частотой 50 Гц, приводя в движение стрелку прибора.

Для измерения на машинах переменного тока электро-секундомер подключается параллельно первичной обмотке сварочного трансформатора (рисунок 2.6). При напряжении питания 380 В последовательно с прибором включается добавочное сопротивление $R = 3$ кОм.

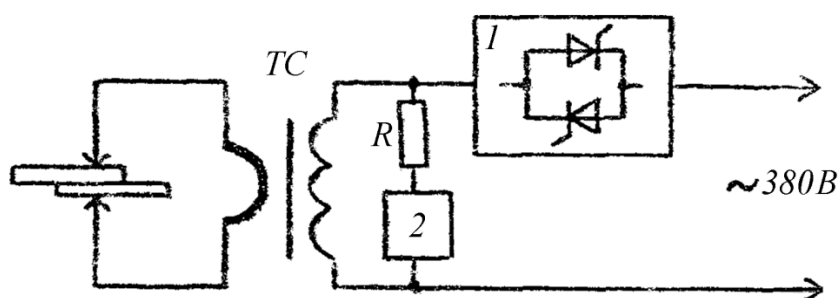


Рисунок 2.6 – Схема измерения длительности протекания сварочного тока: I – контактор; 2 – электрический секундомер (счетчик импульсов)

Электро-секундомеры типа ПВ дают значительную погрешность (особенно при измерении импульсов длительностью менее $0,06 \div 0,08$ с). Для получения более точных измерений пользуются декатронными счетчиками типа СИ-2 или производят запись импульсов тока с помощью осциллографа, у которого имеется либо отметчик времени (светолучевой осциллограф), либо калибратор развертки (электроннолучевой осциллограф).

2.1.4 Измерение и регистрация усилия сжатия.

Для измерения статического усилия на электродах сварочных машин применяют различные динамометры.

Гидравлический динамометр (рисунок 2.7, *а*) состоит из стальной диафрагмы, внутренняя полость которой соединена штуцером с манометром. Полость прибора заполнена маслом. Шкала манометра градуирована в единицах силы.

Принцип действия пружинного динамометра (рисунок 2.7, *б, в*) основан на измерении индикатором часового типа величины деформации плоской пружины. Показания динамометров в делениях индикатора по градуировочным кривым или таблицам переводят в единицы силы. Основная погрешность измерения пружинными динамометрами типа ДПС (рисунок 2.7, *в*) составляет $\pm 3\%$.

Перед измерением усилия необходимо проверить соосность электродов (роликов) и состояние привода. Привод считается хорошо отрегулированным, если при снятии давления воздуха ползун опускается в нижнее положение. Для измерений динамометр помещают между электродами сварочной машины. При отключенном токе включают привод и снимают показания с индикатора динамометра. Затем по графику, прилагаемому к динамометру, определяют усилие электродов.

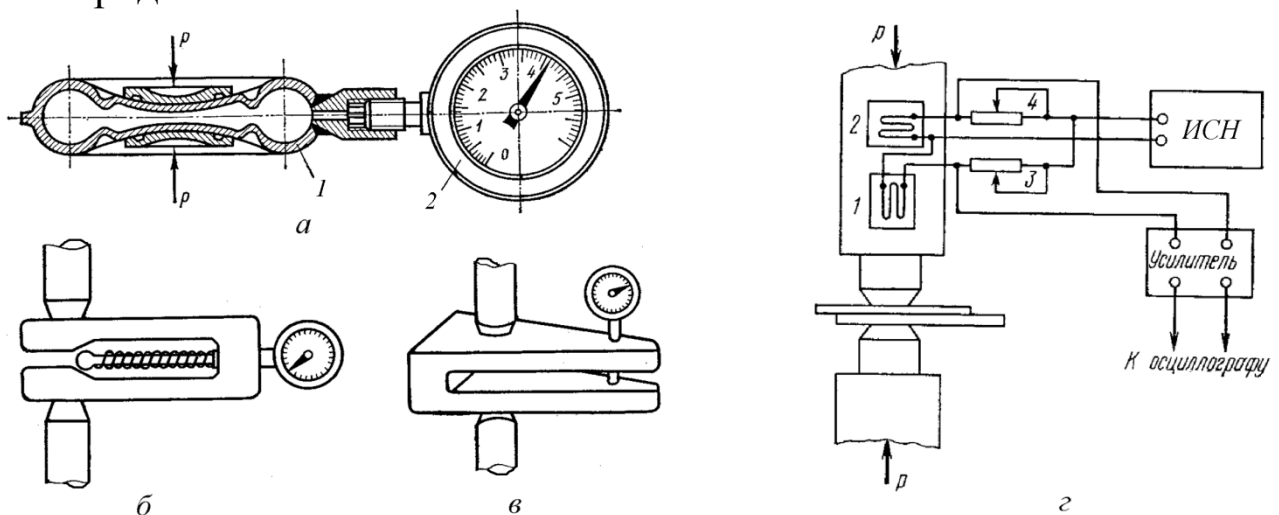


Рисунок 2.7 – Измерение статического (*а – в*) и динамического (*з*) усилий на электродах: *а* – гидравлический динамометр; *б, в* – пружинный динамометр; *з* – схема измерения динамических усилий с помощью тензометрических датчиков

Для регистрации кривой изменения усилия на электродах во времени (динамического усилия) используют осциллограф и специальные датчики, которые преобразуют измеряемое усилие в пропорциональный ему электрический сигнал. В качестве таких датчиков нашли применение потенциометрические, пьезоэлектрические, тензометрические и другие.

Тензометрические проволочные датчики наклеивают на один из элементов вторичного контура, воспринимающего нагрузку (рисунок 2.7, *з*). Датчик 1 воспринимает деформации элемента от нагрузки, а датчик 2 используется для термокомпенсации моста. К одной из диагоналей моста подключается источник стабилизированного напряжения (ИСН); с другой его диагонали сигнал через усилитель подается на осциллограф. Перед измерением мост балансируют изменением сопротивления его плеч. При сбалансированном мосте величина и знак на выходе усилителя будут пропорциональны нагрузке. Масштаб осциллограммы нетрудно определить, записав на тех же установках известное постоянное по величине усилие, измеренное, например, пружинным динамометром.

2.2 Цель работы

Изучить особенности и овладеть методиками измерения и регистрации основных параметров режима контактной сварки.

2.3 Оборудование и материалы

2.3.1 Контактная машина типа МТ-1220.

2.3.2 Амперметр сварочного тока универсальный типа АСУ-1М.

2.3.3 Индуктивный преобразователь тока с интегрирующим контуром.

2.3.4 Датчик сварочного тока ДСТ-2М.

2.3.5 Электро-секундомер ПВ-53Ш с добавочным сопротивлением 3 кОм.

2.3.6 Осциллограф электронный запоминающий типа С9-8.

2.3.7 Динамометр пружинный типа ДПС-1 с градуировочным

графиком.

2.3.8 Инструкции по эксплуатации приборов.

2.3.9 Комплект измерительных проводов.

2.3.10 Медная пластина толщиной $2 \div 3$ мм.

2.3.11 Пластины размером $20 \times 80 \times 0,8$ из низкоуглеродистой стали – 4 шт.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 По инструкциям ознакомиться с правилами эксплуатации приборов.

2.4.2 Подготовить к работе прибор АСУ-1М (проверить контрольные сигналы, сбалансировать усилители, установить нужный диапазон измерений).

2.4.3 Подготовить к работе контактную машину. На двух ступенях сварочного трансформатора, при различных установках фазовой регулировки ручкой «Нагрев» (по указанию преподавателя) произвести замеры действующего и амплитудного значений сварочного тока, сжимая между электродами медную пластинку.

2.4.4 С помощью динамометра ДПС-1 измерить статическое усилие сжатия на электродах при различном давлении воздуха в пневмоцилиндре (**Внимание! При работе на шовной машине предварительно отключить привод вращения роликов**).

2.4.5 По таблицам А.1 или А.2 для предложенных деталей определить требуемые значения основных параметров режима сварки (для мягкого и жесткого режимов).

2.4.6 С помощью осциллографа и датчика тока ДСТ-2М или катушки индуктивности с интегрирующим контуром снять осциллограммы кривых тока при сварке деталей на мягком и жестком режимах. Зарисовать осциллограммы.

2.4.7 При выполнении п. 2.4.6. измерить длительность протекания тока с помощью электросекундомера ПВ-53Щ. Сопоставить время сварки по электро-секундомеру с временем, полученным по осциллограммам тока на экране осциллографа.

2.4.8 С помощью осциллографа и прибора АСУ-1М определить

градуировочные характеристики индуктивного преобразователя тока с интегрирующей цепью. Построить градуировочный график.

2.5 Содержание отчета

- цель и задачи работы;
- методики и схемы измерения и регистрации сварочного тока, времени сварки и усилия сжатия на электродах;
- таблицы с результатами измерений по п.п. 2.4.3 – 2.4.4;
- осциллограммы сварочного тока с указанием масштабов;
- циклограммы процесса сварки на мягком и жестком режимах с указанием временных и амплитудных значений параметров;
- градуировочный график катушки индуктивности.

2.6 Контрольные вопросы

2.6.1 В чем заключаются особенности измерения параметров режима сварки на контактных машинах?

2.6.2 Назовите достоинства и недостатки датчиков тока различного типа.

2.6.3 Назовите основные функциональные элементы прибора АСУ-1М.

2.6.4 Каков порядок подготовки прибора АСУ-1М к работе?

2.6.5 Принцип работы датчика Холла.

2.6.6 В чем заключаются особенности измерения времени сварки на контактных машинах различного типа?

2.6.7 Как, пользуясь электронным осциллографом, измерить сварочный ток и время его протекания?

Лабораторная работа № 3. Определение параметров режима точечной сварки расчетным путем

3.1 Общие сведения

Основными параметрами режима точечной сварки, определяю-

щими качество сварных соединений, являются:

- величина сварочного тока $I_{св}$;
- время протекания тока $t_{св}$;
- усилие сжатия электродов F_3 ;
- размеры контактной поверхности электродов d_3 .

3.1.1 Выбор формы и размеров контактной поверхности электродов.

Форма и величина контактной поверхности электродов – факторы, существенно влияющие на размеры и стабильность литого ядра и, соответственно, на выбор параметров режима сварки. Применяют либо плоскую, либо сферическую форму рабочей поверхности (РП) электродов (рисунок 3.1).

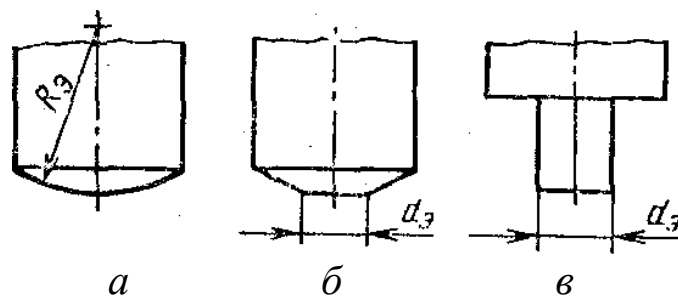


Рисунок 3.1 – Форма рабочей части электродов: *a* – сферическая РП; *б* – коническая с плоской РП; *в* – цилиндрическая с плоской РП

Плоскую форму рабочей поверхности с конусной заточкой электрода применяют на машинах с вертикальным ходом электродов. Они используются при сварке металлов с повышенным сопротивлением деформации (стали, жаропрочные сплавы и др.) и не склонных к массопереносу (стали, никелевые, титановые сплавы и др.).

Сферическую форму используют на машинах с любым ходом электродов для сварки металлов с пониженным сопротивлением деформации, склонных к массопереносу, к горячим трещинам и раковинам (алюминиевые, магниевые, медные, некоторые марки титановых сплавов и др.), при высоких требованиях к качеству соединения (минимальные вмятины, отсутствие выплесков и т.д.).

Размеры контактной поверхности электродов зависят от толщины свариваемых деталей δ . При расчетах диаметр электродов с плос-

кой РП вычисляется по эмпирическому выражению (3.1)

$$d_s = 2\delta + 4 \quad . \quad (3.1)$$

При сварке электродами со сферической РП радиус сферы определяется по выражению

$$R_s = 50\delta + 25 \quad . \quad (3.2)$$

3.1.2 Усилие сжатия электродов.

Усилие сжатия электродов влияет на электрическое сопротивление в зоне сварки и, как следствие, на количество выделяемого при прохождении тока тепла, а также на степень уплотнения ядра в процессе кристаллизации. Необходимое усилие сжатия электродов растет с увеличением толщины металла.

Для низкоуглеродистой стали усилие в ньютонах определяется по выражению

$$F_s = (1 \div 2)\delta * 10^3 \quad , \quad (3.3)$$

где δ - толщина более тонкой детали в мм.

При сварке среднеуглеродистых и низколегированных сталей усилие сжатия электродов увеличивается в 1,5÷2 раза по отношению к сварке низкоуглеродистой стали. При сварке сталей аустенитного класса типа 12X18H10T, 04X18H10 и др. величина рассчитанного усилия увеличивается в 1,5 раза. Для жаропрочных сталей и сплавов типа ХН70Ю, ХН38ВТ и др. усилие должно быть больше в 2,5÷3 раза. Величина усилия при сварке титановых и алюминиевых сплавов принимается равной усилию, рассчитанному для сварки низкоуглеродистых сталей.

3.1.3 Время протекания сварочного тока.

Время протекания сварочного тока определяется свойствами и толщиной свариваемого материала, его реакцией на термический цикл, подготовкой поверхности, типом оборудования и характером производства. Например, низкоуглеродистые стали, мало реагирую-

щие на термический цикл, можно сварить на «мягких» и «жестких» режимах. В массовом производстве, особенно при сварке тонколистовых сталей на автоматических машинах применяют «жесткие» режимы.

Алюминиевые сплавы и латуни из-за высокой тепло- и электропроводности следует сваривать также на «жестких» режимах.

При расчете режимов сварки длительность протекания тока вычисляют по формуле

$$t_{ce} = K_T \delta \quad , \quad (3.4)$$

где K_T – коэффициент, зависящий от свариваемого материала (таблица 3.1);

δ – толщина более тонкой детали в мм.

Расчетное значение t_{ce} необходимо округлить до целого числа периодов переменного тока промышленной частоты.

Таблица 3.1 – Значения коэффициента K_T для различных металлов

Материал	K_T	
	«мягкий» режим	«жесткий» режим
Низкоуглеродистые стали	0,3	0,08
Нержавеющие стали	0,16	0,08
Жаропрочные сплавы	0,3	0,15
Алюминий и его сплавы	0,1	0,07
Титан и его сплавы	0,16	0,1
Латуни	0,16	0,08

3.1.4 Расчет сварочного тока.

Сварочный ток (в кА) рассчитывают по закону Джоуля-Ленца

$$I_{ce} = \sqrt{\frac{Q}{0,24mR_{Д}t_{ce}}} \quad , \quad (3.5)$$

где Q – общее количество тепла, выделяемого при сварке точки в деталях и переходных контактах, кал;

m – коэффициент, учитывающий изменение сопротивления в процессе сварки и зависящий от свойств свариваемого материала (для стали $m = 1,0$; для алюминиевых и магниевых сплавов $m = 1,15$; для коррозионно-стойких сталей $m = 1,2$; для сплавов титана $m = 1,4$);

R_D – собственное сопротивление «горячих» деталей, мкОм;

$t_{св}$ – время протекания сварочного тока, с.

Количество тепла (в кал), необходимое для сварки отдельной точки, может быть определено из уравнения теплового баланса при точечной сварке

$$Q = Q_{пол} + Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad , \quad (3.6)$$

где $Q_{пол}$ – тепло, расходуемое на нагрев условно выделенного центрального столбика металла диаметром $d_э$, зажатого между электродами (рисунок 3.2);

Q_1 – потери тепла на нагрев деталей внецентрального столбика.

Q_2 – потери тепла в электроды;

Q_3 – потери тепла лучеиспусканием с поверхности свариваемых деталей.

С учетом скрытой теплоты плавления за среднюю температуру неравномерно нагретого центрального столбика можно принять температуру плавления $T_{пл}$. Тогда при сварке двух деталей толщиной $\delta_1 + \delta_2$ полезное тепло определяется следующим выражением

$$Q_{пол} = \pi \delta_1 + \delta_2 \frac{\pi d_э^2}{4} c \gamma T_{пл} \quad , \quad (3.7)$$

где c – средняя теплоемкость при нагреве до температуры плавления, кал/(г·°С);

γ – плотность материала, г/см³.

В металле, окружающем центральный столбик, температура понижается от $T_{пл}$ до комнатной. Средняя температура нагреваемого кольца шириной $X_о$ приближается к $T_{пл}/4$. Ширина кольца $X_о$ растет с увеличением продолжительности нагрева и с повышением теплопроводности свариваемого металла

$$X_o = 4\sqrt{at_{ce}} \quad , \quad (3.8)$$

где a – температуропроводность свариваемого металла, $\text{см}^2/\text{с}$.

Свойства некоторых свариваемых материалов приведены в таблице А.4.

Потери тепла на нагрев деталей вне-центрального столбика при сварке двух деталей толщиной $\delta_1 + \delta_2$ равны

$$Q_1 = K_1 \pi X_o \left(\delta_1 + \delta_2 \right) \gamma \frac{T_{nl}}{4} \quad , \quad (3.9)$$

где $\pi X_o \left(\delta_1 + \delta_2 \right)$ – объем условного кольца, см^3 ;

K_1 – коэффициент, учитывающий, что действительная средняя температура кольца меньше $\frac{T_{nl}}{4}$. Принимают $K_1 = 0,8$.

Потери тепла в электроды можно приближенно определить, принимая температуру на их контактной поверхности равной $\frac{T_{nl}}{2}$.

При этом средняя температура интенсивно нагреваемого участка электродов длиной X_o^I (см. рисунок 3.2) равняется $\frac{T_{nl}}{8}$.

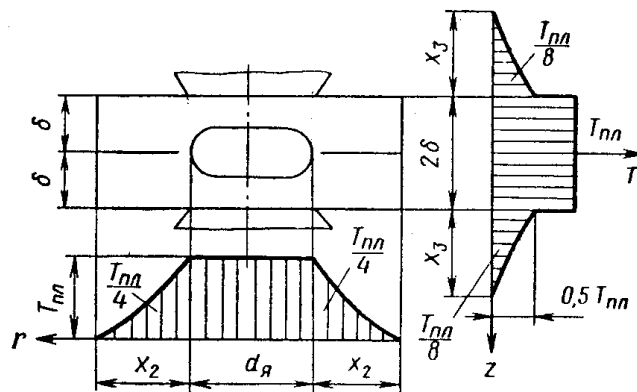


Рисунок 3.2 – Расчетная схема теплового баланса при точечной сварке

Область распространения тепла в электроды (расстояние X_o^I) равна

$$X_o^I = 4\sqrt{a^I t_{ce}}$$

где a^I – температуропроводность материала электродов. Для медных электродов $a^I = 1,05 \text{ см}^2/\text{с}$.

Суммарные потери тепла в два электрода равны

$$Q_2 = K_2 2 \frac{\pi d_\varepsilon^2}{4} X_o^I c^I \gamma^I \frac{T_{nl}}{8} , \quad (3.10)$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий форму электрода. Для конического электрода с плоской контактной поверхностью $K_2 = 1,5$;

γ^I – удельная плотность материала электродов. Для медных электродов $\gamma^I = 8,9 \text{ г/см}^3$;

c^I – удельная теплоемкость материала электродов. Для электродов из меди $c^I = 0,095 \text{ кал/г}^\circ\text{С}$.

При точечной сварке, особенно на «жестких» режимах, величиной Q_3 можно пренебречь ввиду кратковременности процесса.

Собственное сопротивление деталей к концу сварки, принимаемое за расчетное сопротивление участка цепи между электродами, может быть найдено, исходя из допущения, что контакт между деталями в конце сварки распространяется на всю площадку диаметром d_{np} , который зависит от диаметра электродов и толщины деталей

$$d_{np} = d_\varepsilon + \beta \delta , \quad (3.11)$$

где δ – толщина более тонкой детали, мм;

β – коэффициент, зависящий от усилия сжатия электродов и времени сварки. При сварке на «жестких» режимах $\beta = 1,0$; при сварке на «мягких» режимах $\beta = 1,5 \div 1,7$.

Таким образом, к концу сварки ток к каждой детали будет подводиться через контакты диаметрами d_ε и d_{np} (рисунок 3.3).

Для определения границ растекания линий тока, из концов диаметров, проводятся прямые под углом 45° . При этом каждая сва-

риваемая деталь условно разбивается на две зоны нагрева неравной толщины δ^I и δ^{II} (при сварке разнотолщинных деталей построения необходимо выполнять для каждой детали).

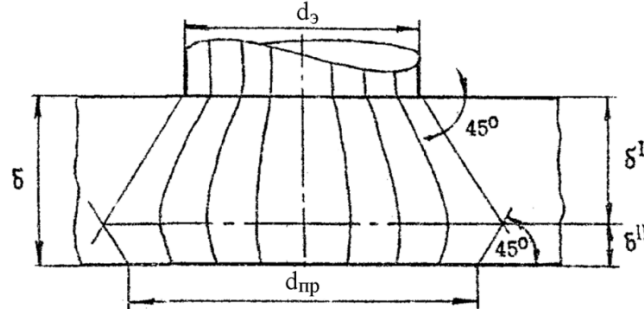


Рисунок 3.3 – Схема поля тока для расчета сопротивления детали

Толщину участков δ^I и δ^{II} можно более точно определить расчетом по формулам:

$$\delta^I = \delta - \delta^{II} \quad (3.12)$$

$$\delta^{II} = \frac{\cos \left[135 - \arctg \frac{\delta}{0,5 d_{np} - d_э} \right] \sqrt{0,5 d_{np} - d_э + \delta^2}}{\sqrt{2}} \quad (3.13)$$

Собственное сопротивление пластинки толщиной δ с контактами неодинакового размера, неравномерно нагретой в условиях точечной сварки, можно приближенно рассчитать как полусумму сопротивления двух пластинок, толщиной δ^I и δ^{II} , зажатых, соответственно, между электродами $d_э$ и d_{np}

$$R = K_3 \left(A_1 \rho_T \frac{4\delta^I}{\pi d_э^2} + A_2 \rho_T \frac{4\delta^{II}}{\pi d_{np}^2} \right), \quad (3.14)$$

где A_1 и A_2 – коэффициенты, зависящие, соответственно, от отношения $d_э/\delta^I$ и d_{np}/δ^{II} и учитывающие, что фактическое сопротивление детали меньше сопротивления цилиндра металла, зажатого между электродами $d_э$ и d_{np} . Эти коэффициенты определяются по графику, представленному на рисунке 3.4;

ρ_T^I и ρ_T^{II} – удельные сопротивления деталей, соответственно, при температурах T_1 и T_2 . При сварке деталей из низкоуглеродистых сталей $T_1 = 1200^\circ\text{C}$ и $T_2 = 1500^\circ\text{C}$, а для алюминиевых сплавов $T_1 = 450^\circ\text{C}$ и $T_2 = 630^\circ\text{C}$;

K_3 – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева деталей. Для сталей $K_3 = 0,85$; для алюминиевых сплавов $K_3 = 0,9$.

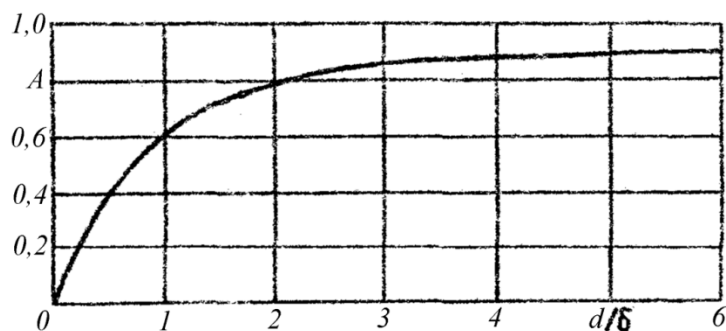


Рисунок 3.4 – Зависимость коэффициента A от отношения d/δ

Удельные сопротивления определяются по формуле:

$$\rho_T = \rho_o (1 + \alpha T) \quad (3.15)$$

где ρ_o – удельное сопротивление металла при 20°C ;

α – температурный коэффициент сопротивления;

T – температура нагрева, при которой определяется ρ_T .

При сварке деталей равной толщины производится расчет сопротивления одной детали и в формулу (3.5) подставляется удвоенная его величина. При сварке деталей неодинаковой толщины производится расчет для обеих деталей и в формулу (3.5) подставляется их сумма.

3.2 Цель работы

Освоение методики расчета режима контактной сварки нахлесточных соединений по заданной толщине и марке материалов. Экс-

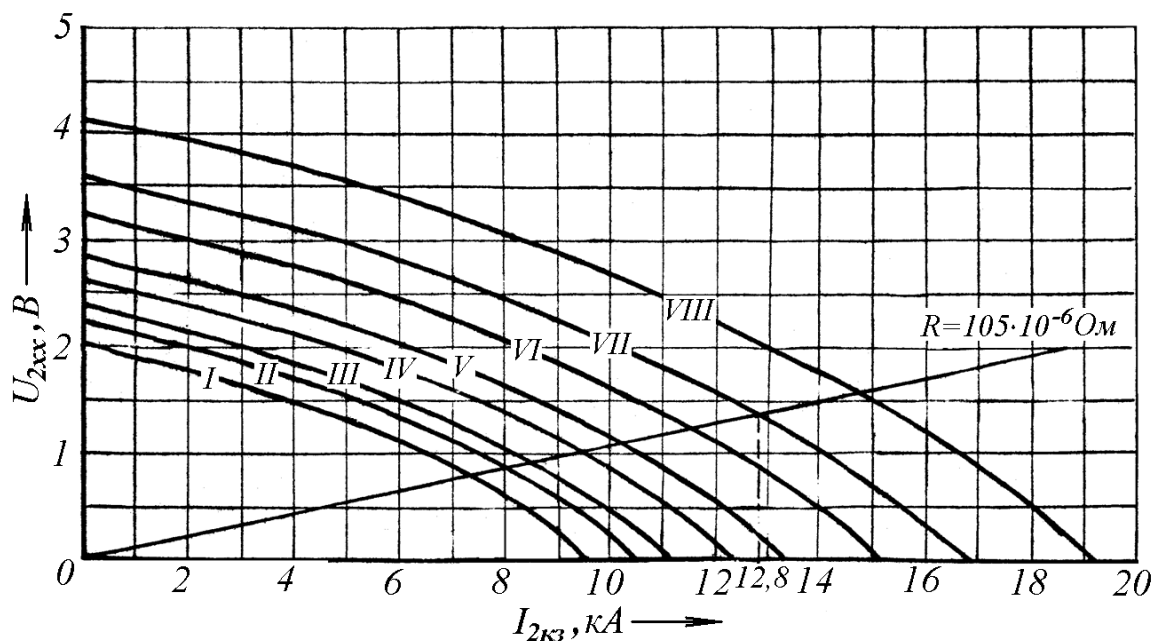
периментальная проверка рассчитанного режима на машине МТ-1220.

3.3 Оборудование и материалы

3.3.1 Пластины для сварки из одноименных или разноименных металлов (по указанию преподавателя) одинаковой или разной толщины: низко- и среднеуглеродистые стали; легированные стали и сплавы; никелевые, титановые, медные и алюминиевые сплавы размером $20 \times 80 \times (0,5 \div 3,0)$ мм.

3.3.2 Машина для контактной точечной сварки типа МТ-1220.

3.3.3 График внешних характеристик машины МТ-1220 (рисунок 3.5).



3.3.4 Масштабная линейка и транспортер.

3.3.5 Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.

3.3.6 Электромеханический секундомер типа ПВ-53Щ.

3.3.7 Набор слесарного инструмента (напильник, зубило, моло-

ток, тиски).

3.3.8 Пружинный динамометр ДПС-1.

3.3.9 Цифровой фотоаппарат.

3.4 Порядок выполнения работы

3.4.1 По приведенной выше методике рассчитать значения основных параметров режима сварки для предложенных преподавателем образцов (теплофизические свойства приведены в таблице А.4).

3.4.2 По внешним характеристикам контактной машины (рисунок 3.5) графически определить оптимальную ступень включения сварочного трансформатора, обеспечивающую возможность установки полученного расчетом тока.

Для определения необходимой степени включения сварочного трансформатора, обеспечивающей требуемый ток, на графике внешних характеристик машины (зависимость $U_2=f(I_{св})$) строится линия сопротивления свариваемых деталей. Угол наклона линии сопротивления определяется по формуле

$$\alpha_R = \arctg M_R R_{Д} \quad , \quad (3.16)$$

где M_R - масштабный коэффициент сопротивления ($M_R = M_U/M_I$);

M_U - масштабный коэффициент напряжения, мм/В;

M_I - масштабный коэффициент тока, мм/А.

На графике внешних характеристик через начало координат под углом α_R проводится линия сопротивления свариваемых деталей. На оси абсцисс откладывается значение полученного расчетом тока $I_{св}$ и из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с линией сопротивления. Ближайшая (большая) от точки пересечения ступень и будет оптимальной.

3.4.3 Заправить электроды на машине, обеспечив требуемый диаметр контакта. Установить вычисленные значения параметров режима: усилие сжатия электродов, время протекания сварочного тока. Установить ступень включения трансформатора и ручку фазовой

регулировки «Нагрев» (на блоке управления) в положение, обеспечивающее ток короткого замыкания, составляющий 75% от максимального тока на данной ступени.

3.4.4 Сварить пластины, измеряя при этом величину сварочного тока и время сварки. В случае отклонения тока от требуемой величины подстроить его значение ручкой «Нагрев».

3.4.5 Разрушить сваренный образец в тисках о помощью зубила и молотка (точка разрушается на отрыв согласно рисунок 3.6) и сравнить диаметр сварной точки с её расчетным значением

$$d_m = 0,9 \div 1,4 \overline{d_s} \quad . \quad (3.17)$$

3.4.6 При значительном отклонении размера сваренной точки от расчетного значения объяснить причину расхождения.

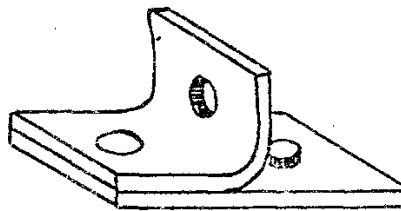


Рисунок 3.6 – Образец технологической пробы

3.5 Содержание отчета

- цель и задачи работы;
- расчет основных параметров режима точечной контактной сварки;
- графическое определение оптимальной ступени сварочного трансформатора;
- эскиз (фото) разрушенного соединения с указанием размеров сварной точки;
- выводы по работе.

3.6 Контрольные вопросы

3.6.1 Назовите основные параметры режима точечной сварки?

3.6.2 Как понимают термины «мягкий» и «жесткий» режимы?

3.6.3 Каков алгоритм расчета сварочного тока при точечной сварке?.

Лабораторная работа № 4. Паспортизация машин контактной сварки

4.1 Общие сведения

В процессе эксплуатации отдельные элементы и узлы сварочной машины и аппаратуры управления могут изменять свои характеристики, что ухудшает работу сварочного оборудования. Поэтому каждая контактная машина должна проходить ежегодную аттестацию, а также обязательно после капитального ремонта. Аттестация включает в себя составление паспорта (паспортизацию) и свидетельства о пригодности машины к эксплуатации при сварке определенных металлов в соединениях различной ответственности.

Паспортизация машин заключается в выполнении контрольных замеров и записи основных технических характеристик. Полученные данные записываются в специальную ведомость – паспорт, где указываются тип и мощность машины, её инвентарный номер, даты выпуска, капитального ремонта и т. п. Во время паспортизации проверяют все электрические, механические и технологические характеристики машины и связанной с ней аппаратуры управления на соответствие её параметров нормативно-техническим документам. Параметры машины соответствуют паспортным, если отклонения их средних значений от исходных паспортных данных находятся в следующих пределах (возможные циклограммы процессов приведены на рисунке А.2 приложения А) :

- сварочный ток ± 5 %;
- длительность сварочного тока ± 5 %;

- длительность паузы при шовной сварке ± 5 %;
- параметры дополнительного импульса тока ± 10 %;
- сварочное усилие ± 8 %;
- ковочное усилие ± 10 %;
- скорость при шовной сварке ± 10 %;
- сопротивление вторичного контура (для машин переменного тока) ± 20 %.

При несоответствии параметров машины паспортным данным устанавливают причину отклонений параметров, после чего машина подлежит ремонту. В отдельных случаях после ремонта (перемотка трансформатора, изменение раствора и вылета консолей и т. п.) может быть допущено изменение паспортных данных машины. Новые средние значения параметров вносят в паспорт взамен старых.

Все измерения при паспортизации проводятся с помощью стандартных или специальных приборов. Для более оперативной настройки контактной машины на технологический режим таблицы и графики, полученные при паспортизации, вывешиваются на машине или около нее.

4.1.1 Паспортизация конструктивных данных машины.

Конструктивные данные для заполнения паспорта определяются осмотром машины и соответствующими измерениями. К таким данным относятся:

- габаритные размеры машины;
- полезный вылет электродов;
- максимальное расстояние между электродами;
- установочная высота нижнего электрода;
- диаметр отверстия для свечей (электродов);
- диаметры нижнего и верхнего роликов;
- расстояние между контактными плитами;
- ход подвижной плиты;
- типы механизмов зажатия;
- типы приводов сжатия и осадки;
- тип привода вращения ролика;
- тип сварочного трансформатора;
- способ регулирования вторичного напряжения;

- количество ступеней регулирования сварочного тока;
- пределы регулирования усилия на электродах (**Внимание! Усилие сжатия электродов измеряют при выключенном токе**);
- пределы регулирования скорости сварки;
- производительность машины при автоматическом режиме работы;
- расход охлаждающей воды, л/час.

В машинах с пневматическим приводом механизма сжатия усилие на электродах замеряется при изменении давления воздуха редуктором через каждые $0,5 \text{ кг/см}^2$. На основании полученных данных составляется таблица и строится график зависимости усилия от давления воздуха.

Скорость шовной сварки измеряют без включения тока, при номинальном усилии сжатия роликов для трех положений регулятора скорости вращения роликов – минимального, среднего и максимального. Линейная скорость вращения роликов, т.е. скорость сварки (в м/мин), определяется после измерения диаметра ведущего ролика и времени его оборота

$$V_{св} = \frac{\pi d_p}{t_{об}}, \quad (4.1)$$

где d_p – диаметр ведущего ролика, м;

$t_{об}$ – время одного оборота ролика, мин;

Количество сварных точек, поставленных за минуту при автоматическом режиме работы точечной машины, определяется на основе хронометража при минимальной продолжительности цикла сварки.

Часовой расход воды замеряют общий и в каждом контуре системы при полностью открытых вентилях. Кроме того, определяют и записывают в паспорте сечение трубопроводов и давление воды в сети.

4.1.2 Паспортизация электрических устройств машины.

Электрические параметры контактной машины определяются по информационной табличке, укрепленной на машине, а также проведением необходимых измерений и расчетов. Паспортизация начи-

нается с замера напряжения питающей сети и определения сечения сетевого кабеля.

Для прерывателя или регулятора цикла сварки составляется таблица по результатам замеров выдержек времени электро-секундомером или осциллографом на каждом из четырех потенциометров («Сжатие», «Сварка», «Проковка», «Пауза»).

Активное сопротивление вторичного контура определяется методом вольтметра-амперметра. К электродам подключается источник постоянного тока, обеспечивающий ток в десятки и более ампер. С этой целью можно использовать сварочный генератор или выпрямитель для дуговой сварки. Во время опыта необходимо одновременно измерять силу тока и падение напряжения на электродах. Тогда сопротивление сварочного контура (мкОм)

$$R_{ск} = \frac{U_{ээ}}{I_{unn}} 10^3, \quad (4.2)$$

где $U_{ээ}$ – падение напряжения на электродах, мВ;

I_{unn} – величина постоянного тока, А.

Измерения параметров тока и напряжения для определения активного сопротивления вторичного контура машины производятся при выключенной управляющей цепи контактора или при отключенном переключателе ступеней мощности сварочного трансформатора.

Индуктивное сопротивление сварочного контура находится после измерения охватываемой контуром площади

$$X = S^{0,73} * 10^{-6}, \quad (4.3)$$

где X – индуктивное сопротивление, Ом;

S – площадь, охватываемая контуром (площадь берется по осям сечений элементов контура), см².

Паспортизация электрических устройств контактной машины заканчивается замерами напряжения между электродами сварочной машины и токов короткого замыкания по ступеням. При измерении

вторичного напряжения холостого хода между электродами зажимают пластину из изоляционного материала (текстолит, фибра и т.п.). К электродам машины подключается вольтметр переменного тока на $10 \div 15$ В.

Измерение токов короткого замыкания производят на первой, последней и одной из промежуточных ступеней трансформатора. У машин, имеющих фазовое регулирование тока («Нагрев»), производят измерения при крайних и двух промежуточных положениях регулятора нагрева. Каждый параметр (при одном положении органов управления машиной) измеряют не менее трех раз, и в паспорт заносят среднее значение параметра.

Кроме отмеченных выше электрических параметров, в паспорт машины вносятся следующие:

- номинальное первичное напряжение, В (табличка на машине);
- номинальная частота питающей сети, Гц (табличка);
- количество фаз для силовой электрической части машины и для вспомогательных цепей;
- номинальная потребляемая мощность, кВА (табличка на машине);
- номинальная продолжительность включения машины, ПВ%;
- допускаяемая длительная мощность $P_{дл}$, кВА (формула 4.4);
- номинальный сварочный ток, кА (табличка на машине);
- особенности аппаратуры управления.

$$P_{дл} = P_{ном} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}, \quad (4.4)$$

где $P_{ном}$ – номинальная потребляемая мощность, кВА;

$ПВ$ – номинальная продолжительность включения.

4.1.3 Свидетельство о пригодности машины к эксплуатации.

Свидетельство характеризует технологические возможности машины и, в известной степени, стабильность установленного режима сварки. Свидетельство составляют по результатам сварки различных образцов – минимальной и максимальной для данной машины толщин металла или различных сочетаний толщин и марок металла,

применяемых в производстве. При сварке образцов следует руководствоваться соответствующей технологической документацией по режимам сварки. Сварка образцов для заполнения свидетельства производится на машине, прошедшей паспортизацию. Параметры режима сварки образцов фиксируются по положениям органов настройки аппаратуры управления, а также по показаниям измерительных приборов в абсолютных единицах (кА, даН и т.п.).

Для одного и того же режима сваривают такое количество образцов, которое позволяет провести необходимый объём механических и металлографических испытаний. Макроструктура исследуется не менее чем на трех образцах, механические испытания - не менее чем на десяти образцах. Разброс прочности сварных точек на образцах не должен превышать $\pm 15\%$ или величины, указанной в ТУ.

4.2 Цель работы

Приобретение практических навыков в проведении паспортизации контактной машины и составления ее паспорта.

4.3 Оборудование и материалы

- 4.3.1 Контактная машина (по указанию преподавателя).
- 4.3.2 Вольтметр переменного тока до $10 \div 15$ В.
- 4.3.3 Источник стабилизированного постоянного тока 20 А.
- 4.3.4 Милливольтметр постоянного тока до $10 \div 50$ мВ.
- 4.3.5 Амперметр постоянного тока до 100 А.
- 4.3.6 Пружинный динамометр типа ДПС-1.
- 4.3.7 Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.
- 4.3.8 Электро-секундомер типа ПВ-53Щ.
- 4.3.9 Осциллограф электронно-лучевой с запоминанием С9-8.
- 4.3.10 Соединительная колодка для подключения источника постоянного тока к сварочному контуру машины.
- 4.3.11 Соединительные и измерительные провода.
- 4.3.12 Секундомер.
- 4.3.13 Стальная линейка, рулетка, штангенциркуль.

4.3.14 Технический паспорт контактной машины.

4.4 Порядок выполнения работы

4.4.1 Ознакомиться с контактной машиной, данными, приведенными в её информационной табличке.

4.4.2 Ознакомиться с методиками проведения необходимых измерений, устройством и работой используемых приборов и датчиков.

4.4.3 Провести паспортизацию машины в следующей последовательности: конструктивные данные; механические, электрические и другие характеристики.

4.4.4 Обработать результаты измерений; сравнить полученные данные с паспортными характеристиками машины; сделать выводы о пригодности машины к эксплуатации.

4.4.5 Оформить отчет по работе.

4.5 Содержание отчета

- цель и задачи работы;
- методики измерения основных технических характеристик машины в виде схем и рисунков с необходимыми пояснениями;
- исходные данные и результаты вычисления параметров машины, определяемых расчетом;
- выводы по результатам паспортизации машины;
- паспорт машины в следующей последовательности:
 - ✓ титульный лист паспорта с расшифровкой назначения и указанием типа машины;
 - ✓ паспортные данные машины (назначение, год выпуска, заводской номер; типы прерывателя или контактора и аппаратуры управления, установленных в машине; для сварки каких материалов, какой толщины или сечения пригодна машина; основные электрические и механические характеристики, конструктивные данные машины);
 - ✓ таблицы результатов исследования (параметров времени, задаваемого аппаратурой управления; напряжение холостого

хода на различных ступенях включения сварочного трансформатора; усилие сжатия электродов при изменении давления воздуха в пневматическом приводе; скорость вращения роликов при различных положениях ручки регулятора; ток короткого замыкания на различных ступенях трансформатора, при различных положениях регулятора нагрева);

✓ график внешних характеристик машины.

4.6 Контрольные вопросы

4.6.1 Когда и почему необходимо проводить аттестацию оборудования для контактной сварки?

4.6.2 Какие конструктивные данные машины подлежат периодическому освидетельствованию?

4.6.3 Какие электрические характеристики машины подлежат периодическому освидетельствованию?

4.6.4 Какие механические характеристики машины подлежат периодическому освидетельствованию?

4.6.5 Какова методика измерения сопротивления вторичного контура; напряжения холостого хода в сварочном контуре; скорости сварки и производительности машины; времени интервалов «сжатие», «проковка» и «пауза»?

4.6.6 По результатам каких работ составляется свидетельство о пригодности машины к эксплуатации?

4.6.7 Какой разброс воспроизведения параметров режима контактной машиной считается допустимым?

Лабораторная работа № 5. Настройка шовных машин на технологический режим

5.1 Общие сведения

Отечественной промышленностью производятся разнообразные универсальные (общего назначения) машины для шовной сварки, отличающиеся по мощности и конструктивному исполнению от-

дельных элементов. Все они, как и машины для других способов контактной сварки, имеют в своем составе две основные части: *электрическую и механическую*. Некоторые особенности устройства машины шовной сварки можно рассмотреть на примере машины радиального типа МШ-1001, показанной на рисунке 5.1.

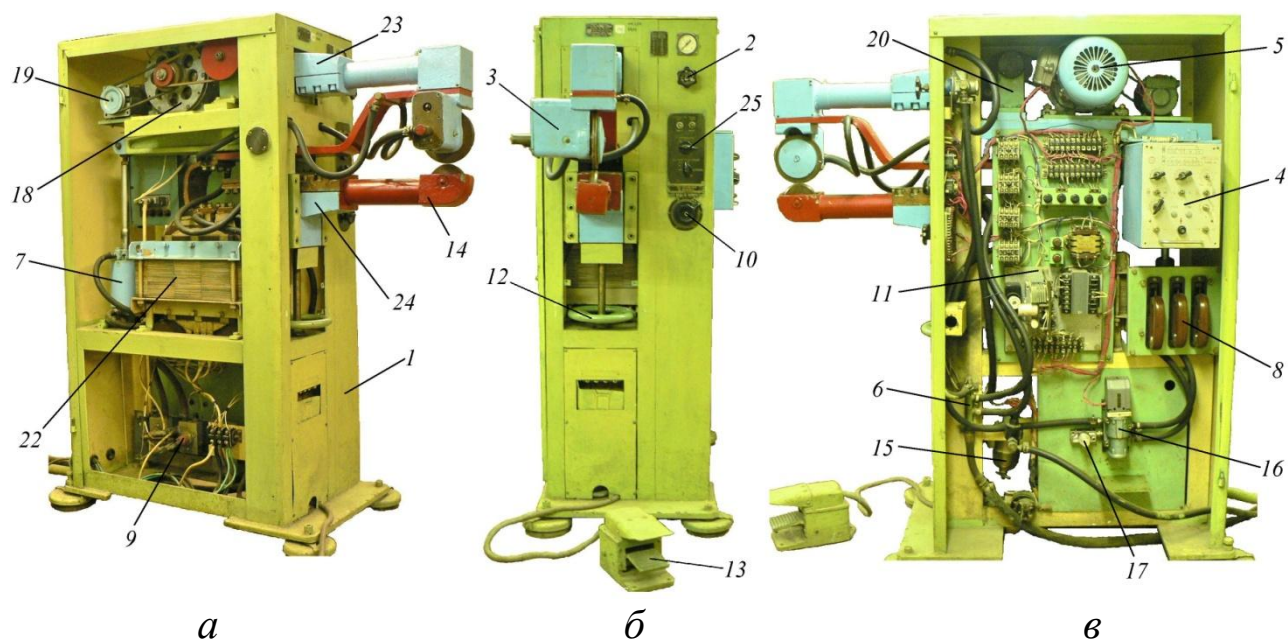


Рисунок 5.1 – Машина МШ-1001: *а* – вид слева; *б* – спереди; *в* – справа; 1 – корпус; 2 – регулятор давления; 3 – электродная головка; 4 – регулятор цикла сварки; 5 – электродвигатель; 6 – система охлаждения; 7 – пневмопривод; 8 – переключатель ступеней; 9 – контактор; 10 – регулятор скорости сварки; 11 – блок управления приводами машины; 12 – маховик перемещения нижней консоли; 13 – педальная кнопка; 14 – сменный нижний хобот; 15 – влагоотделитель; 16 – электропневматический клапан; 17 – дросселирующий клапан; 18 – электромагнитная муфта; 19 – тахогенератор; 20 – червячный редуктор; 22 – сварочный трансформатор; 23 – верхний рычаг; 24 – нижний кронштейн; 25 – панель управления (дверки машины сняты)

5.1.1 Устройство машины.

Узлами *электрической части* машины являются: сварочный трансформатор 22; переключатель ступеней 8; элементы вторичного контура – универсальная поворотная электродная головка 3, сменный нижний хобот 14 (что обеспечивает возможность сварки как продольных, так и поперечных швов), жесткая и гибкая шины, а также

нижний токоподводящий кронштейн. К электрической части машины относится также устройство, коммутирующее первичный ток сварочного трансформатора – тиристорный контактор 9 и регулятор цикла сварки 4 (РВТШ-20), обеспечивающий заданную последовательность операций цикла сварки и регулировку некоторых его параметров.

Механическая часть машины включает: корпус 1, в котором размещены все элементы и узлы машины; пневматический привод сжатия, состоящий из аппаратуры подготовки, регулирования и коммутации сжатого воздуха, подаваемого в пневмопривод 7, – влагоотделителя 15, регулятора давления 2, электропневматического клапана 16, дросселирующего клапана 17 и соединительных резиноканевых рукавов; устройство перемещения нижней консоли 12; привод вращения верхнего ролика, включающий асинхронный двигатель 5 с электромагнитной муфтой 18, тахогенератор 19, червячный редуктор 20 и блок управления 11; система охлаждения 6.

Сжатый воздух из воздушной сети поступает через входной вентиль и влагоотделитель в регулятор давления (редуктор), которым регулируется давление сжатого воздуха, подаваемого на вход электропневматического клапана. Из клапана воздух поступает в верхнюю или нижнюю полости пневмоцилиндра сжатия электродов. При обесточенном клапане сжатый воздух поступает в верхнюю полость, и верхний роликовый электрод поднимается. При подаче напряжения на управляющую катушку клапана сжатый воздух поступает в нижнюю камеру пневмоцилиндра, поршень со штоком поднимается и сжимает роликовые электроды. Воздух из верхней камеры (при обратном ходе – из нижней) через электропневматический и дросселирующий клапана выходит в атмосферу.

Сварочный трансформатор – однофазный броневого типа, встроен в корпус машины. Первичная и вторичная обмотки – дисковые чередующиеся. Регулирование вторичного напряжения осуществляется изменением числа включенных в сеть витков первичной обмотки при помощи штепсельного переключателя типа ПШ-200-8, расположенного в корпусе машины, рядом с трансформатором.

Контактор тиристорный служит для включения сварочного тока. Он состоит: из двух тиристорov, включенных встречно-параллельно. При подаче положительного напряжения на анод тиристора он не проводит ток до тех пор, пока на его управляющий электрод от регулятора цикла сварки не будет подан положительный импульс достаточной мощности. После подачи импульса тиристор переходит в проводящее состояние и будет проводить ток, пока он не уменьшится до значений близких к нулю. Импульсы на управляющие переходы тиристорov подаются одновременно, при этом в проводящее состояние переходит только тот тиристор, у которого в данный момент приложено положительное напряжение к аноду. Изменяя время подачи импульсов регулятором цикла сварки, можно регулировать параметры сварочного тока.

В машине применен электромеханический привод вращения типа ПМСМ с муфтой скольжения и бесконтактным регулятором скорости вращения. Муфта скольжения, установленная на валу электродвигателя привода, соединена ременной передачей с червячным редуктором. Крутящий момент для принудительного вращения верхнего электрода от ПМСМ передается на верхний электрод через редуктор, карданный вал и конические шестерни в верхнем электродном устройстве.

Элементы управления электропневматическим клапаном и привода вращения верхнего ролика расположены в блоке, смонтированном на металлической панели. Включение машины осуществляется от педальной кнопки, связанной с машиной гибким защищенным кабелем.

Система охлаждения предназначена для охлаждения дисков вторичного витка трансформатора и элементов сварочного контура проточной водой, подаваемой из водопроводной сети. Внутри корпуса машины установлен входной вентиль с распределителем на четыре направления. В одной из ветвей охлаждения установлен кран, позволяющий регулировать количество протекающей воды через нижнее электродное устройство. Для остальных охлаждаемых элементов используются нерегулируемые ветви охлаждения. Отрабо-

танная вода сливается в сливную коробку, сливной штуцер которой должен быть соединен с канализационной системой.

5.1.2 Принцип работы машины.

Основными операциями, выполняемыми машиной, являются сжатие и нагрев свариваемых деталей электрическим током в зоне соединения.

Сжатие и нагрев металла в зоне сварки осуществляются по специальной программе, соответствующим образом согласованной по времени с помощью регулятора цикла сварки.

После установки деталей между электродами машины и нажатия рычага педальной кнопки. Срабатывает электропневматический клапан, который переключает подачу сжатого воздуха из верхней камеры пневматического цилиндра в нижнюю. Поршень, перемещаясь в цилиндре вверх, опускает связанный с ним верхний ролик, сжимая помещенные между электродами детали. При отпуске рычага педальной кнопки запускается привод вращения ролика и регулятор цикла сварки, который начинает отработывать предварительно заданную программу.

При повторном нажатии на рычаг педали отключаются привод вращения ролика и контактор, а с помощью электропневматического клапана переключается подача воздуха из нижней камеры в верхнюю. Происходит подъем верхнего ролика и освобождение сваренных деталей.

5.1.3 Настройка машины на заданный режим.

Настройка контактных машин заключается в подготовке машины к работе, выборе режима сварки и настройке машины на этот режим, поддержании режима путем сохранения постоянных величин параметров сварки.

Режим сварки обычно устанавливают по таблицам ориентировочных режимов (таблица А.2), которые в настоящее время достаточно хорошо разработаны для основных групп металлов, встречающихся на практике. Если необходимо сваривать новый металл, то, зная его основные свойства (электро- и теплопроводность, температуру плавления, жаропрочность) всегда можно найти группу металлов с близкими свойствами, для которой известен ориентировочный

режим сварки.

Данные таблиц и номограмм, которые имеются в литературе по контактной сварке, часто значительно отличаются друг от друга. Это объясняется широким диапазоном параметров сварки, при которых можно получить требуемое качество сварного соединения некоторых металлов, а также большим разнообразием условий сварки. Чем лучше сваривается металл, тем шире диапазон параметров сварки.

При освоении производственного процесса в первую очередь необходимо добиться получения требуемого качества продукции, что особенно важно при подборе режима контактной сварки. Вторым критерием правильно установленного режима является устойчивая работа оборудования. Это условие значительно легче соблюдать при средних значениях параметров настройки для данной машины, т.е. по возможности нужно устанавливать среднюю ступень трансформатора, среднее усилие сжатия, среднее время сварки и т.д.

Настройку на рекомендованный режим легко выполнить при условии предварительно проведенной паспортизации машины или применяя приборы для замера отдельных параметров режима сварки.

Режим сварки настраивают на технологических образцах, идентичных свариваемым деталям по марке, состоянию и толщине металла, форме и подготовке поверхности. Ввиду большого разнообразия контактных машин процесс наладки может иметь некоторые особенности для каждого типа машины и тем более для каждого вида сварки.

5.1.4 Наладка шовных машин.

Наладка шовной машины аналогична наладке точечных машин. Отличие заключается в проверке работы педали. При шовной сварке используются двух- и трехходовые педали.

Шовную сварку можно рассматривать как точечную с близким расположением точек друг от друга. Величина сварочного тока, длительность сварочного импульса и усилие сжатия электродов также влияют на механическую прочность сварного соединения, как и при точечной сварке. Для надежности и устойчивости работы машины устанавливают среднее усилие сжатия электродов, самую низкую ступень сварочного трансформатора, средний нагрев и длительность

импульса сварки в 3 периода (0,06 с). Время перерывов между импульсами первоначально устанавливается максимальное. Скорость сварки берется 2 м/мин.

На таком режиме сваривается одна точка на образцах и машина быстро выключается. Определяется прочность сварного соединения в разрывной машине или разрушением сварной точки в тисках при помощи зубила и молотка. Если прочность точки недостаточна (нет вырыва основного металла), то режим постепенно увеличивают: повышают ступень трансформатора, увеличивают длительность импульса до 4-6 периодов, поворачивают ручку регулятора «Нагрев» до положения, соответствующего 75% среднего тока на данной ступени. Если при сварке точек заметны признаки большого количества тепла (выплески, прожоги), то следующие точки свариваются на ослабленном режиме: снижается степень нагрева, уменьшается длительность импульса тока и т.д. После получения удовлетворительного по механической прочности соединения в одной точке переходят к сварке сплошного шва.

Для получения сплошного шва точки должны перекрывать одна другую не менее чем на 1/3 своего диаметра. Это условие достигается при определенном соотношении длительности сварочного импульса, длительности перерывов между импульсами и скорости сварки. От длительности импульса зависит диаметр точки, а от длительности перерывов и скорости сварки - расстояние между центрами точек. Практикой установлено, что плотный шов можно получить при соотношении величин длительности импульса и паузы, равном для сталей 1:1, а для алюминиевых сплавов 1:2 при скорости сварки, равной, соответственно, $1 \div 2$ м/мин и $0,5 \div 1$ м/мин.

Исходя из этих данных и результатов подбора режима точечной сварки, устанавливают пробный режим шовной сварки. Обычно при переходе от сварки точки к сварке сплошного шва необходимо включить трансформатор на более высокую ступень или повернуть ручку регулятора «Нагрев» в сторону увеличения. Корректировка пробного режима шовной сварки производится до получения соединения требуемой прочности. Кроме прочности проверяется внешний вид сварного шва, его ширина и глубина отпечатка ролика на поверхно-

сти детали (вмятины).

Правильно установленный режим сварки гарантирует хорошее качество шва. При нарушении режима сварки могут образоваться такие дефекты, как пережог, непровар, выплески, глубокие вмятины и т.д.

Пережог образуется в результате слишком большой выдержки под током, малого давления, малой скорости сварки и плохого контакта свариваемых деталей. Пережог характеризуется окисленной поверхностью и большим ореолом цветов побежалости вокруг отдельных точек.

Причинами непровара являются малый ток, недостаточное время выдержки под током, малое давление и слишком высокая скорость сварки. При сварке металла с загрязненной поверхностью могут образоваться пережог и непровар. Очень часто при этом наблюдаются выплески металла.

Глубокие вмятины образуются при малой ширине рабочей поверхности роликов и слишком большом давлении. Глубина опечатка ролика не должна превышать 10% толщины свариваемых листов.

5.1.5 Контроль герметичности швов.

Неплотность шва связана с большим шагом между точками, нарушением режима (по току, давлению, длительности импульсов, скорости, по диаметру и ширине роликов), с плохой сборкой деталей, большой разницей диаметров верхнего и нижнего роликов и т.д.

Герметичность швов может проверяться гелием и фреоном с использованием специальных течеискателей, керосино-меловой пробой и проведением пневматических испытаний.

Для проведения керосино-меловой пробы сваривают «карманы», Это две пластины, обваренные по дуге. После сварки с помощью зубила пластины отгибают и в место разъема наливается несколько граммов керосина. Для выявления дефектных мест внешнюю часть «кармана» предварительно покрывают водным раствором мела или каолина и просушивают. Неплотности шва обнаруживают по появлению жирных ржавых точек на меловом или каолиновом покрытии. Появление отдельных точек указывает на наличие неплотностей (например, местных прожогов), а появление полосок свидетельствует

о значительных непроварах.

При пневматических испытаниях в одной из двух свариваемых пластин сверлят отверстие диаметром $5 \div 10$ мм и приваривают трубку. Сварка образцов производится по замкнутому кругу. Технологический образец испытывают сжатым воздухом на сетевое давление ($4 \div 5$ кг/см²). Для этого на приваренный к образцу штуцер надевают дюритовый шланг и образец погружают в водяную ванну. Под давлением сжатого воздуха образец деформируется и принимает форму подшки. Если воздух не выходит через шов, т.е. пузырьки в воде не обнаружены, то качество образца по плотности удовлетворительно.

5.2 Цель работы

Изучить конструкцию и принцип действия машины МШ-1001. Получить практические навыки работы на машине. Приобрести опыт настройки шовных машин на оптимальный режим. Исследовать влияние параметров режима на прочность сварных соединений.

5.3 Оборудование и материалы

5.3.1 Шовная машина типа МШ-1001.

5.3.2 Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.

5.3.3 Заготовки технологических образцов из листовой холоднокатаной низкоуглеродистой стали толщиной $100 \times 100 \times 0,8$ мм.

5.3.4 Секундомер.

5.3.5 Набор маркеров.

5.3.6 Слесарный инструмент (штангенциркуль, пассатижи, молоток).

5.3.7 Цифровой фотоаппарат.

5.4. Порядок выполнения работы

5.4.1 Изучить особенности конструкции электрической и механической частей машины МШ-1001. Ответить на контрольные вопросы (технические характеристики приведены в таблице А.6).

5.4.2 Проверить состояние рабочих поверхностей роликовых электродов.

5.4.3 Отрегулировать напор воды в каналах всех ветвей охлаждения электросиловой части машины.

5.4.4 Подать сжатый воздух в пневматическую систему механизма сжатия машины.

5.4.5 По таблице А.2 приложения А выбрать необходимые параметры режима сварки для предложенных технологических образцов.

5.4.6 Настроить машину на выбранный режим: величина тока устанавливается переключателем ступеней и ручкой «Нагрев» на панели регулятора РВТШ-20; время сварки – соответствующим переключателем регулятора; усилие зависит от давления воздуха в пневмоприводе, устанавливаемого редуктором по манометру.

5.4.7 С разрешения учебного мастера (или преподавателя) подать на машину напряжение электрической сети. Проверить работу в режиме холостого хода. **Внимание! Для этого необходимо отключить подачу управляющего сигнала на тиристоры контактора.**

5.4.8 На пробных пластинках произвести сварку отдельной точки, проверить ее качество, испытать на скручивание. Оценить размеры полученной сварной точки (как среднее значение измерения ее диаметра по двум взаимно перпендикулярным осям).

5.4.9 При необходимости внести поправки в первоначально выбранный режим, и подготовить к сварке технологический образец, сделав на нем маркировку одиннадцати будущих швов.

5.4.10 Сварить одиннадцать швов, изменяя при этом в одну и другую сторону один из параметров режима:

- сварочный ток (при помощи переключателя ступеней мощности и фазовой регулировки);
- время импульса тока и паузы между ними (РВТШ-20);
- скорость сварки (регулятором на передней стенке машины).

5.4.11. Оценить качество сварных соединений, согласно рисунка А.1 приложения А. Экспериментальные данные внести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты измерений, вычислений и испытаний

Характеристика режима	Степень мощности	«Нагрев»	Время, период		Усилие сжатия, даН	Скорость сварки, м/мин	Сварочный ток, кА	Результаты измерений параметров шва, мм			
			Импульс	Пауза				d	$t_{ш}$	l	f
<ul style="list-style-type: none"> · Из таблиц ориентировочных режимов · Оптимальный (после корректировки) · С уменьшением одного из параметров · С увеличением одного из параметров 											

5.5 Содержание отчета

- цель и задачи работы;
- сведения о материале и толщине заготовок, подлежащих сварке;
- таблица результатов измерений, вычислений и испытаний (таблица 5.1);
- фото сварных швов на технологическом образце, выполненных на разных режимах, с обозначением конструктивных элементов;
- графики зависимости размеров конструктивных элементов шва от параметров режима;
- выводы по результатам анализа влияния отдельных параметров режима шовной сварки на величину конструктивных элементов сварного шва.

5.6 Контрольные вопросы

5.6.1 Что входит в понятие «режим шовной сварки»? Как его выбирают?

5.6.2 Почему литературные данные ориентировочных режимов часто отличаются друг от друга?

5.6.3 Какие требования предъявляются к технологическим образцам, используемым для настройки режима?

5.6.4 Назовите особенности настройки на режим шовных ма-

шин.

5.6.5 Назовите основные критерии правильно установленного режима.

5.6.6 Каковы причины образования дефектов шовной сварки: пережога, непровара, выплесков, глубоких вмятин и др.?

5.6.7 Методы контроля шовной сварки на герметичность (плотность)?

5.6.8 Какие бывают методы испытания соединений, выполненных шовной сваркой?

5.6.9 Каково влияние основных параметров режима шовной сварки на геометрические размеры сварного шва?

Лабораторная работа № 6. Исследование влияния ферромагнитных масс и шунтирования тока на качество контактной сварки точечных соединений

6.1 Общие сведения

6.1.1 Влияние ферромагнитных масс.

Часто технологи подбирают оптимальный режим сварки на образцах малых размеров, забывая о том, что реальное изделие представляет собой крупногабаритную конструкцию, введение которой в сварочный контур машины может внести заметные изменения в его электрические параметры, и, следовательно, в режим сварки.

При точечной (рельефной) и шовной сварке стальных листовых конструкций в плоскости деталей перпендикулярно оси электродов концентрируются магнитные потоки Φ_n (рисунок 6.1, а). При шовной сварке цилиндрических деталей кроме плоского поля, создаваемого сварочным током $I_{св}$, в цилиндре будет замыкаться и кольцевое поле Φ_k , создаваемое током $I_{св}$ во вторичном контуре при прохождении его через нижнюю консоль. Эти потоки создают дополнительную индуктивность, которая играет отрицательную роль в процессе сварки, уменьшая сварочный ток. Индуктивное сопротивление, создаваемое магнитными потоками Φ_n и Φ_k , будет различным в зависимости от того сварена или нет часть конструкции, находящаяся в простран-

стве вторичного контура. Если сварена, то в ней замыкается поток гораздо больший, чем когда она собрана на прихватках.

В связи с этим, для уменьшения влияния магнитных потоков, и особенно Φ_k , на силу сварочного тока необходимо вести сварку, не вводя деталь в сварочный контур, а наоборот, выводя ее из контура, как показано стрелкой на рисунке 6.1, б. В первую очередь это касается сварки ферромагнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью.

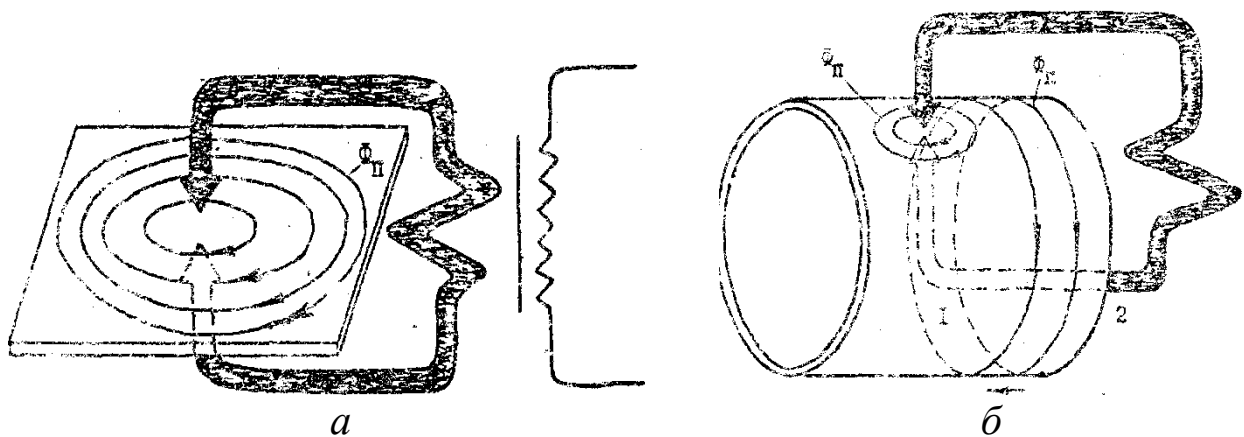


Рисунок 6.1 – Магнитные потоки в свариваемых стальных деталях: а – плоское магнитное поле; б – плоское и кольцевое магнитные поля

Необходимо также помнить, что переменный магнитный поток, пронизывающий детали, вызывает образование в них вихревых токов Фуко, которые нагревают детали.

Потери на вихревые токи проявляются в виде изменения активного сопротивления вторичного контура машины и установленного значения сварочного тока.

Таким образом, наличие ферромагнитных масс во вторичном контуре машины может существенно повысить общее сопротивление контура, уменьшить сварочный ток и, как следствие, размеры и прочность соединения.

6.1.2 Влияние шунтирования тока.

Для технолога представляет интерес не только распределение тока в зоне свариваемого контакта, но и вне его. Особенно в случаях стыковой сварки кольцевых деталей, многоточечной двухсторонней

и односторонней сварки и др. Для примера на рисунках 6.2 и 6.3 показаны картины распределения токов при стыковой сварке колец и многоточечной сварке листов.

При рассмотрении схемы стыковой сварки замкнутого кольца (рисунок 6.2) видно, что вторичный ток I_2 , подводимый от сварочного трансформатора к губкам A и B зажатия свариваемых концов, разветвляется на две составляющие: сварочный ток $I_{св}$ и ток шунтирования $I_{ш}$, ответвляющийся во внешнюю часть кольца. Это приводит к уменьшению тепловыделения в зоне сварки, которое уменьшается тем больше, чем больше поперечное сечение детали и удельное сопротивление материала.

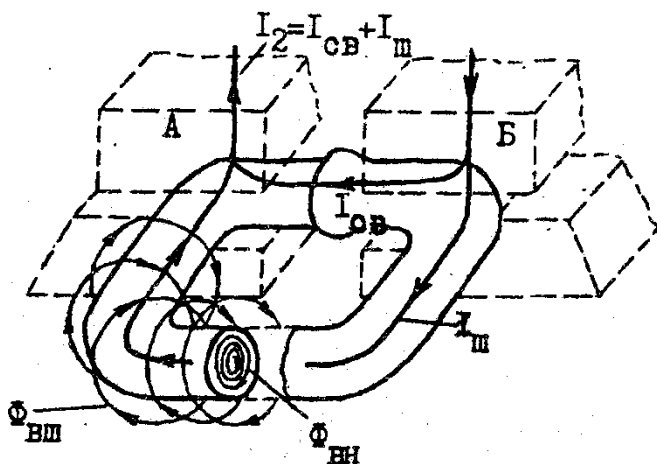


Рисунок 6.2 – Распределение вторичного тока I_2 на сваривающий $I_{св}$ и ток шунтирования $I_{ш}$ при сварке кольцевых изделий

Для снижения тока шунтирования при стыковой сварке пользуются двумя способами. При первом способе для кольцевых деталей малого сечения (до 30-40 мм²) производится сварка одновременно двух стыков, т.е. двух полуколец. При втором способе, для кольцевых деталей большого диаметра (колеса, бандажки и др.) ток шунтирования снижают до минимума путем надевания на внешнюю часть кольца разъемного железного сердечника. В этом случае последний является ферромагнитной массой, которая существенно повышает индуктивное сопротивление ветви шунтирования.

Особенно эффективен данный прием при сварке кольцевых де-

талей из высокоэлектропроводного или немагнитного материала (медь, алюминий, их сплавы и др.). Дело в том, что при прохождении переменного тока шунтирования через кольцевую деталь вокруг неё создаётся магнитный поток: в воздухе – внешний $\Phi_{вн}$, а в самом металле – внутренний $\Phi_{вн}$ (рисунок 6.2). В зависимости от магнитных свойств металла количество магнитных линий внутри его будет различным и, как следствие, больше или меньше будет индуктивное сопротивление ветви шунтирования и ток через неё. В частности, при сварке ферромагнитных материалов это сопротивление может быть настолько значительным, что необходимость в дополнительных приемах снижения тока шунтирования отпадает.

Намного труднее, а часто и вообще невозможно уменьшить ток шунтирования при точечной сварке: например, при одностороннем подводе тока или когда регламентированное технологией (исходя из требований к конструкции) расстояние (шаг) между точками меньше допустимого.

Наличие расположенных близко к зоне соединения электрических контактов по кромкам деталей или в сваренной точке приводит к тому, что часть вторичного тока I_2 шунтируется ($I_{ш}$) через эти контакты (рисунок 6.3). При этом характерным для точечной сварки является то, что при наличии шунтирования или без него величина вторичного тока $I_2 = I_{св} + I_{ш}$ остается почти неизменной, а величину сварочного тока $I_{св}$ нельзя измерить. Уменьшение сварочного тока $I_{св}$ отрицательно сказывается на прочности точки.

Степень шунтирования тока через кромки деталей, ранее сваренную точку или верхнюю деталь при односторонней сварке зависит от тепло- и электропроводности металла, его толщины, шага между точками и расстояния до края деталей, а также от порядка постановки точек и количества деталей в пакете. Поэтому для различных металлов и толщин рекомендуется минимально допустимый шаг, при котором ток шунтирования незначительно снижает прочность соединения. В тех случаях, когда по конструктивным или другим соображениям принимается шаг точек меньше минимально допустимого, необходимо установить в выбранном режиме сварки ток на 10-30% больше, чем при сварке тех же деталей, но одиночной

точкой.

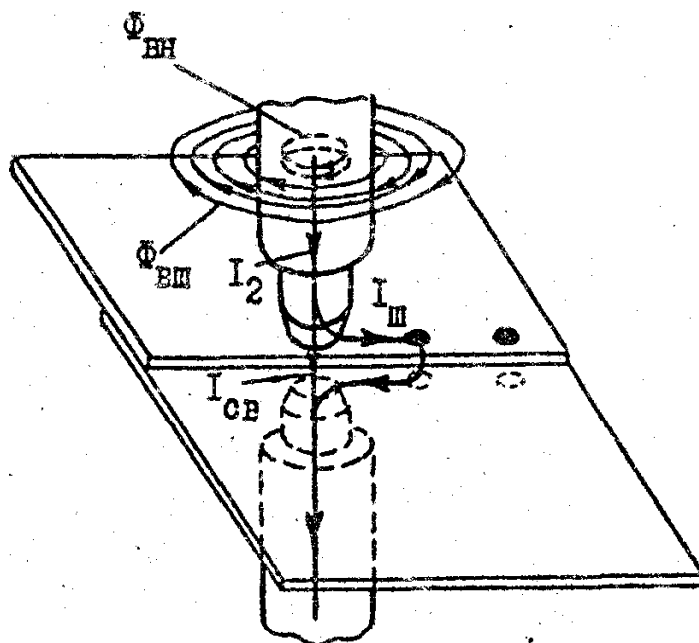


Рисунок 6.3 – Распределение токов при многоточечном соединении

6.2 Цель работы

Изучить влияние ферромагнитных масс и шунтирования сварочного тока на процесс контактной сварки. Исследовать зависимость прочности сварных точки от количества ферромагнитной массы, введенной в контур машины, и наличия предварительно сваренных вблизи точек.

6.3 Оборудование и материалы

- 6.3.1 Контактная машина МТ-1220.
- 6.3.1 Амперметр сварочного тока АСУ-1М.
- 6.3.1 Разрывная машина типа РТ-250М.
- 6.3.1 Штангенциркуль и комплект маркеров.
- 6.3.1 Набор слесарного инструмента.
- 6.3.1 Кольца из ферромагнитного материала.
- 6.3.1 Образцы для сварки размером $100 \times 30 \times 0,8$ из низкоуглеродистой стали и алюминиевого сплава (по указанию преподавателя).
- 6.3.1 Наждачная бумага.

6.4 Порядок выполнения работы

6.4.1 Изучить теоретические сведения.

6.4.2 Исследование влияния ферромагнитных масс.

6.4.2.1 Подготовить восемь пар образцов из низкоуглеродистой стали и промаркировать их (снять заусенцы и зачистить поверхности).

6.4.2.2 По справочным материалам (таблица А.1) подобрать режим для сварки данных заготовок.

6.4.2.3 Подготовить к работе контактную машину. Проверить работу в режиме холостого хода. Установить на машине подобранный режим.

6.4.2.4 Подготовить к работе прибор АСУ-1М.

6.4.2.5 Провести пробную сварку на технологическом образце и при необходимости скорректировать параметры режима с целью получения номинального диаметра ядра. Замеры диаметра ядра проводить после разрушения соединения при испытаниях на отрыв в разрывной машине.

6.4.2.6 На подобранном режиме сварить опытные образцы (по два на каждом режиме) без колец и с кольцами, последовательно одевая их на нижнюю консоль машины. На каждом образце ставить одну точку, измеряя при этом сварочный ток.

6.4.2.7 Испытать на отрыв все соединения и провести измерения диаметра сварных точек. Результаты опытов занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Параметры режима и результаты экспериментов

№ опыта	Количество ф/м массы, кг	Параметры настройки		Параметры режима сварки			Результаты экспериментов	
		ступень	нагрев	ток, кА	время пер.	усилие даН	усилие даН	диаметр мм

6.4.3 Исследование влияния шунтирования

6.4.3.1 Подготовить образцы из различных материалов (по указанию преподавателя по четыре пары для каждого материала) и промаркировать их.

6.4.3.2 По справочным материалам найти рекомендуемые для исследуемых материалов параметры режима сварки и произвести настройку контактной машины.

6.4.3.3 Провести пробные сварки на технологических образцах для каждого материала и при необходимости скорректировать параметры с целью получения номинального диаметра ядра.

6.4.3.4 На подобранных для каждого материала режимах сварить опытные образцы (по два в каждом опыте), сначала в одной точке, а затем в трех, предварительно разметив места постановки точек. Для односточечного соединения точка ставится в пересечении осей симметрии пластин. В трехточечных образцах точки ставятся также симметрично относительно кромок в следующей последовательности: сначала две на расстоянии друг от друга 15 мм и на одинаковом расстоянии, от краев пластин, затем третья точка ставится в центре между предыдущими точками. Во всех опытах необходимо измерять действующее значение сварочного тока.

6.4.3.5 Испытать на отрыв и замерить диаметр ядра всех односточечных соединений.

6.4.3.6 В трехточечных соединениях высверлить две крайние точки и испытать на отрыв (с последующим измерением диаметра) центральной точки.

6.4.3.7 Все исходные данные и результаты опытов занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты измерений и испытаний

№ опыта	Условия сварки	Материал	Параметры настройки		Режим сварки			Результаты испытаний и измерений	
			ступень	нагрев	ток кА	время пер.	усилие даН	усилие даН	диаметр мм

6.5 Содержание отчета

- цель в задачи работы;

- эскизы одно- и трехточечного соединений;
- схема испытания образцов на отрыв;
- результаты опытов (таблицы 6.1 и 6.2);
- график зависимости сварочного тока и прочности сварной точки от количества ферромагнитных масс;
- диаграммы влияния шунтирования сварочного тока на прочность сварной точки для каждого материала;
- выводы по работе.

6.6 Контрольные вопросы

6.6.1 В чем сущность влияния на прочность сварного соединения ферромагнитной массы, внесенной в контур сварочной цепи?

6.6.2 В чем заключается сущность шунтирования при контактной сварке?

6.6.3 Как влияют шунтирование и ферромагнитные массы на прочность сварной точки?

Список использованной литературы

1 Технология и оборудование контактной сварки. / Б.Д.Орлов, А.А.Чакалев, Ю.В.Дмитриев и др.; Под. общ.ред. Б.Д.Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1986. – 352 с.

2 Глебов Л.В. Филиппов Ю.И., Чулошников П.Л. Устройство и эксплуатация контактных машин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 312 с.

3 Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Текст]: Учебное пособие / Под ред. Г.Г. Чернышова и Д.М. Шашина. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 464 с.

4 Климов А.С., Смирнов И.В., Кудинов А.К., Кудинова Г.Э. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки [Текст]: учебное пособие. – 3-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 336 с.

5 Аксельрод Ф.А., Миркин А.М. Оборудование для сварки давлением. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1975. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Ориентировочные режимы точечной сварки низкоуглеродистых сталей на однофазных машинах переменного тока *

S, мм	Параметры режима					
	Циклограммы (рис. П2)	$I_{св.д.}$, кА	$t_{св.}$, с	$F_{св.}$, кН	$F_{к.}$, кН	$t_{к.}$, с
0,5	<i>a</i>	6—7	0,08—0,1	1,2—1,8	2—	
0,8	<i>a</i>	7—8,5	0,1—0,14	2,8	2,5—3	
1,0	<i>a</i>	8,5—9,5	0,12—0,16	3—4		
1,2	<i>a</i>	9,5—10,5	0,12—0,2	4—5		
1,5	<i>a</i>	11—12	0,16—0,24	6—7		
2,0	<i>a</i>	12—13	0,2—0,32	9—10		
3,0	<i>б</i>	14—15	0,3—0,48	13—15	18—20	20—
4,0	<i>б, в</i>	18—19	0,7—0,9		24	0,36—0,54 0,8—1

* Форма рабочей поверхности электродов плоская

Таблица А.2 – Ориентировочные режимы шовной сварки низкоуглеродистых сталей на однофазных машинах переменного тока *

S, мм	Параметры режима					
	Циклограммы (рис. П2)	$I_{св.д.}$, кА	$t_{св.}$, с	$t_{п.}$, с	$F_{св.}$, кН	$v_{св.}$, м/мин
0,5	<i>б</i>	7—8	0,02—0,04	0,04—0,06	1,5—2	2—
0,8	<i>б</i>	8,5—10	0,04—0,06	0,04—0,08	3	1—1,2 0,9—1
1,0	<i>б</i>	10,5—12	0,06—0,08	0,08—0,1	3—4	0,8—0,9
1,2	<i>б</i>	12—13	0,08—0,1	0,1—0,2	4—5	0,7—0,8
1,5	<i>б</i>	13—14,5	0,12—0,14	0,12—0,18	5—6	0,6—0,7
2,0	<i>б</i>	15,5—17	0,16—0,18	0,18—0,28	7—8	0,5—0,6
3,0	<i>б</i>	18—20	0,24—0,32	0,28—0,36	9—10	0,4—0,5

* Форма рабочей поверхности роликов цилиндрическая

Таблица А.3 – Основные технические характеристики приборов для измерения силы сварочного тока во вторичном контуре

Параметр	АСУ-1М	ИТ-02	ИТ-03	ИТ-80
Измеряемая сила сварочного тока, кА	2,5—200	2,0—500	2,0—200	2,0—320
Относительная погрешность измерения, %	±5,0	±2,5	±3,0	±2,5
Конструкция датчика	Тороид	Тороид разъемный		
Отсчет измеряемой величины	Аналоговый	Цифровой		Аналоговый
Возможность измерения сварочного тока на машинах:				
конденсаторных	+	—	+	+
низкочастотных	+	—	+	+
постоянного тока	+	—	+	+
переменного, 50 Гц	+	+	—	+
Возможность измерения в заданной полувольтне	—	+	—	+
Габаритные размеры, мм	415×298×355	308×120×31	280×120×315	250×170×130
Масса, кг	23	8	7,9	3,3

Таблица А.4 – Теплофизические свойства некоторых металлов и сплавов

Материал	γ , г/см ³	$T_{пл}$, °С	α , °С ⁻¹	a , см ² /с	ρ_0 , мкОм*см	c , кал/г°С
Н.у. стали	7,85	1530	0,006	0,15	15	0,18
30ХГСА	7,85	1480	0,006	0,15	22	0,115
40ХНМА	7,85	1480	0,006	0,1	20	0,115
1Х18Н9Т	7,86	1440	0,004	0,038	70	0,125
Х20Н80	8,17	1390	0,0001	0,28	100	0,11
Никель	8,9	1453	0,0068	0,23	7,3	0,115
Титан	4,5	1725	0,0038	0,073	60	0,162
Латунь Л62	8,5	905	0,004	0,26	7,1	0,1
Д16	2,8	650	0,004	0,6	4,5	0,12
Амц	2,73	650	0,004	0,7	4,2	0,2
АМг	2,72	650	0,004	0,68	4,4	0,2

Таблица А.5 Технические характеристики машины МТ-1220

Наименование параметра	Величина
Диапазон свариваемых толщин деталей из низкоуглеродистых сталей, мм	от 0,5 + 0,5 до 4 + 4
Номинальное напряжение питающей сети частотой 50 Гц, В	380
Номинальный ток, А	
сварочный	12500
первичный	138,5
Номинальная потребляемая мощность, кВА	55
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	8
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	2,08 – 4,16
Номинальная продолжительность включения (ПВ), %	32
Номинальный вылет электродов, мм	300
Номинальный раствор, мм	150
Ход верхнего электрода	вертикальный
Максимальное усилие сжатия, даН	630
Сопротивление сварочного контура постоянному току, мкОм	не более 80
Максимальная производительность, сварок/мин (для 1+1 мм)	200
Расход охлаждающей воды при давлении 1,5 кг/см ² , л/час	400
Масса машины, кг	450
Габаритные размеры, мм (длина×высота×ширина)	1695×447×1235

Таблица А.6 Технические характеристики машины МШ-1001

Наименование параметра	Величина
Диапазон свариваемых толщин деталей из низкоуглеродистых сталей, мм	от 0,5 + 0,5 до 1,2 + 1,2
Номинальное напряжение питающей сети частотой 50 Гц, В	380
Номинальный ток, кА	
сварочный	10
длительный вторичный	7
Номинальная потребляемая мощность, кВА	31
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	8
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	1,75 – 3,50
Номинальная продолжительность включения (ПВ), %	50
Номинальный вылет электродов, мм	400
Ход верхнего электрода	радиальный
Максимальное усилие сжатия, даН	245
Номинальный диаметр верхнего ролика, мм	130
Скорость сварки при непрерывном вращении роликов, м/мин	1 - 5
Масса машины, кг	526
Габаритные размеры, мм (длина×высота×ширина)	1405×630×1270

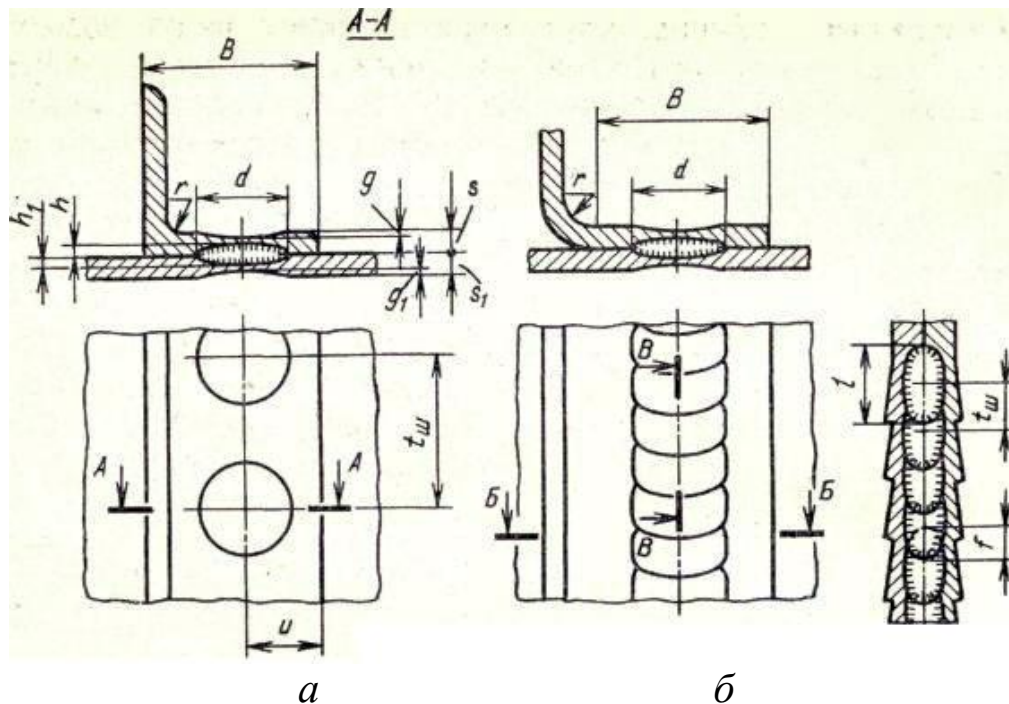


Рисунок А.1 – Конструктивные элементы соединений при сварке:
a – точечной; *б* – шовной

Таблица А.7 – Размеры некоторых конструктивных элементов точечных и шовных соединений (ГОСТ 15878—79) при сварке деталей одинаковой толщины однорядным швом, мм (рисунок А.1)

Толщина деталей $S = S_1$	Минимальный диаметр литого ядра, ширина литой зоны d	Минимальная величина нахлестки B		Минимальный шаг между точками для алюминиевых, магниевых, медных сплавов, $t_{ш}$
		алюминиевые, магниевые, медные сплавы	стали, титановые сплавы	
0,5	3	10	8	10
1,0	4	14	11	15
1,2	5	16	13	17
1,5	6	18	14	20
2,0	7	20	17	25
2,5	8	22	19	30
3,0	9	26	21	35
4,0	12	32	28	45
5,0	14	40	34	55
6,0	16	50	42	65

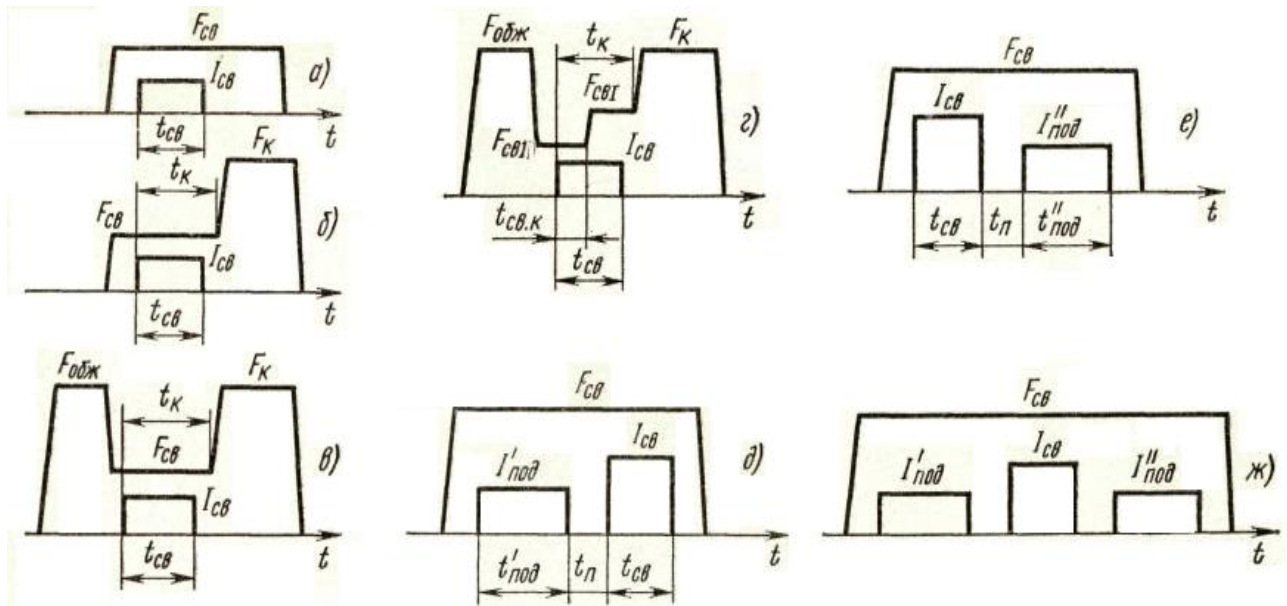


Рисунок А.2 – Наиболее распространенные циклограммы усилия и тока при точечной сварке: *а* — с постоянным сварочным усилием F_{CB} ; *б* — то же и приложении ковочного усилия F_K ; *в* — с предварительным обжатием $F_{обж}$ и проковкой; *г* — со ступенчатым увеличением сварочного усилия (от F_{CB1} до F_{CBII}) и проковкой F_K (импульс сварочного тока условно показан в виде прямоугольника); *д* — с предварительным подогревом; *е* — с последующим подогревом; *ж* — трехимпульсная программа с предварительным и последующим подогревами (сварочное усилие условно показано постоянным)