

Министерство образования и науки Украины

Донбасская государственная машиностроительная академия

Катренко В. Т., Пресняков В. А., Лысак В. К., Голуб Д. М.

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ
КОНТАКТНОЙ СВАРКИ»**

Утверждено
на заседании
ученого совета ДГМА
Протокол № от

Краматорск 2006

ББК 30.4
УДК 624.046.
К26

Рецензенты:

Размышляев А. Д., доктор технических наук, профессор (Приазовский государственный технический университет),

Кальянов В. Н., доктор технических наук, профессор (Украинская инженерно-педагогическая академия),

Роганов Л. Л., доктор технических наук, профессор (Донбасская государственная машиностроительная академия)

К 26 Катренко В. Т. Учебное пособие для проведения лабораторных работ по дисциплине «Технология и машины контактной сварки» / В. Т. Катренко, В.А. Пресняков, В. К. Лысак, Д. М. Голуб. – Краматорск: ДГМА, 2006. - 156 с.

ISBN 966-379-065-2

В пособии изложена сущность каждой лабораторно-практической работы, приведено краткое описание оборудования, приспособлений и инструмента, установлена тематика работ, объем и порядок их проведения, а также даны методические указания по каждой лабораторно-практической работе в соответствии с её содержанием и особенностями выполнения.

Настоящее пособие, составленное в соответствии с программой, утвержденной Министерством образования и науки Украины, ставит своей целью помочь студентам в выполнении лабораторных работ, предусмотренных теоретическим курсом.

Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительных техникумов и студентов высших учебных заведений, изучающих предмет «Технология и машины контактной сварки», а также может быть использовано в целях повышения квалификации техниками-технологами, работающими в области контактной электросварки.

ISBN 966-379-065-2

ББК 30.4
© Катренко В. Т., Пресняков В. А.,
Лысак В. К., Голуб Д. М., 2006
© ДГМА, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Методические рекомендации по проведению работ.....	4
Техника безопасности при проведении работ.....	5
1 Лабораторная работа №1. Изучение конструкций стыковых контактных машин и снятие внешних характеристик.....	7
2 Лабораторная работа № 2. Ознакомление с технологией стыковой сварки и определение влияния пара- метров режима сварки на прочность соединения.....	25
3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструкций контактных точечных машин и определение актив- ного сопротивления вторичного контура	37
4 Лабораторная работа № 4. Определение влияния параметров режима точечной сварки на прочность точки.....	57
5 Лабораторная работа № 5. Ознакомление с технологией точечной сварки нержавеющей хромоникелевых сталей и алюминиевых сплавов.....	83
6 Лабораторная работа № 6. Изучение цифрового регулятора цикла сварки серии РКС	92
7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструкций шовных (роликовых) контактных машин и сварка на них низкоуглеродистой стали.....	106
8 Лабораторная работа № 8. Изучение устройства и работы тиристорных контакторов	132
9 Лабораторная работа № 9. Влияние ферромагнитных масс, введенных в контур машины, на качество шовной (ро- ликовой) сварки.....	139
10 Лабораторная работа № 10. Изучение конструкций и ознакомление с технологией сварки на конденсаторных машинах	144
Литература.....	155

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТ

Лабораторные работы следует выполнять после прохождения теоретического материала по данной теме на лекционных и практических занятиях.

Ряд лабораторных работ проводить одновременно всеми учащимися трудно из-за отсутствия достаточного количества однотипного оборудования, поэтому учебную группу лучше делить на две подгруппы, которые, в свою очередь, разбивают на бригады по два-четыре человека. Из этих соображений можно практиковать одновременное проведение нескольких разных лабораторных работ. Некоторые работы в зависимости от имеющегося оборудования и приборов по усмотрению преподавателя можно проводить в демонстрационном порядке для всей подгруппы.

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 материала.

Все лабораторные работы составлены по единому плану. В начале каждой работы даны краткие теоретические сведения, помогающие студенту правильно и осмысленно выполнять её; описаны оборудование и инструмент, которыми необходимо пользоваться при выполнении работы, и разъяснены цели и задачи каждой работы. После этого изложены конкретные задания, методические рекомендации о порядке их выполнения и указания по составлению отчета. Для закрепления знаний и навыков, полученных в результате проведения лабораторных работ, в конце каждой работы приведены контрольные вопросы.

Пользуясь настоящим пособием, студент может самостоятельно выполнять все лабораторные работы, вводная беседа преподавателя может быть сведена до минимума.

По каждой лабораторной работе студент должен составить письменный отчет, иллюстрированный эскизами, рисунками, таблицами и графиками. В конце каждой работы приведена примерная форма отчета. Эта форма не претендует на исчерпывающую полноту и в отдельных учебных заведениях в зависимости от имеющегося оборудования и выполняемых частей работы может быть изменена. Форму отчета можно отпечатать типографским или другим способом и выдавать учащимся одновременно с заданием на очередную работу. Отчеты должны быть оформлены и сданы преподавателю в течение недели после выполнения работы.

Учет выполнения лабораторных работ ведется в специальном журнале, в котором после проверки отчетов и собеседований с учащимися преподаватель выставляет отметку о зачете. Студент, сдавший отчет о предыдущей работе, допускается к выполнению следующей работы.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ

Каждый студент, выполняющий лабораторно-практические работы по кон-

тактной электросварке, должен знать соответствующие требования техники безопасности. Приступая к очередной лабораторной работе, преподаватель в вводном инструктаже должен предупредить студентов о возможных опасностях и ознакомить их с правилами безопасного выполнения работ. Особое внимание при этом следует обратить на электробезопасность.

Защита от поражения электрическим током

Воздействие электрического тока на организм может вызвать серьезные последствия для здоровья студента и даже привести к мнимой смерти, при которой исчезают видимые признаки жизни. Это воздействие может проявляться в различных формах (ожоги, удары и т. д.), однако наиболее опасен электрический удар, в результате которого поражаются мозговые центры, управляющие функциями сердца и дыхания. Чем выше напряжение электрического тока и чем меньше сопротивление организма его прохождению, тем больше ток и тем сильнее поражение. Чаще всего поражение электрическим током происходит в результате прикосновения к неизолированным токопроводящим частям электрической цепи, находящейся под напряжением. Оборудование для контактной сварки по технике безопасности должно соответствовать требованиям «Правил эксплуатации электроустановок» (ПУЭ), «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), ГОСТ 12.3.003–86, ГОСТ 12.2.003–74, ГОСТ 12.2.049–80, ГОСТ 12.2.007.8–75, «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ).

Требования безопасности, предъявляемые к конструкции машин и входящих в комплект машин изделий, определяет ГОСТ 12.2.007.8–75.

Для предупреждения поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила:

- 1 Корпуса всех машин, металлические кожуха рубильников и магнитных пускателей, к которым подведен электрический ток, должны быть заземлены. При отсутствии заземления пробой первичной обмотки трансформатора на корпус может привести к серьезным последствиям. Все электрические провода, идущие от распределительных щитков к рабочим местам, должны быть надежно изолированы и защищены от механических повреждений.
- 2 Переключать ступени мощности трансформатора можно только при выключенном рубильнике.
- 3 При работе на машинах под ногами должны быть резиновые коврики или сухие деревянные решетки.
- 4 Монтаж, ремонт электрооборудования и наблюдение за ним должны осуществлять квалифицированные электромонтеры. Студентам категорически запрещается производить какие бы то ни было исправления в силовых электрических цепях.
- 5 При включении рубильника нельзя прикасаться голыми руками не только к неизолированным металлическим частям электрических цепей, но и к изолированным, так как повреждение изоляции иногда может быть не за-

мечено.

- 6 При окончании работы на конденсаторных машинах или при длительных паузах следует обязательно разрядить конденсаторы путем короткого замыкания их выводов. Разрядку конденсаторов нужно повторить несколько раз. Отсутствие напряжения на конденсаторах проверяют по вольтметру.
- 7 При обнаружении повреждения электрической цепи необходимо прекратить работу, выключить рубильник и немедленно сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

При поражении электрическим током необходимо освободить пострадавшего от воздействия тока. Нужно выключить рубильник, вывернуть предохранительные пробки, перерубить токоведущие провода и т. д. Если пострадавший не подает признаков жизни, ему делают искусственное дыхание до прихода врача. Состояние пострадавшего может определить только врач.

Способы предупреждения ожогов

В процессе стыковой сварки оплавлением, а также точечной сварки деталей с грязной и ржавой поверхностью образуется большое количество искр и брызг расплавленного металла, которые могут попасть на незащищенную поверхность тела и вызвать ожоги. Для защиты от ожогов необходимо соблюдать следующие правила:

- 1 Сварку производить в очках шоферского типа с простыми стеклами, в фартуке из плотной ткани и головном уборе и рукавицах.
- 2 При стыковой сварке оплавлением пространство зажимного механизма закрыть металлическим щитком.
- 3 При точечной сварке титана, алюминиевых сплавов и других металлов, дающих большое количество брызг, место сварки закрыть откидным прозрачным щитком.
- 4 Не работать без водяного охлаждения, так как кроме порчи машины это может привести к ожогам на руках.

Противопожарные мероприятия

Причинами пожаров при сварочных работах могут явиться воспламенение горючих материалов, находящихся вблизи от рабочих мест, а также неисправное состояние электрических проводов. Следует помнить, что искры и брызги расплавленного металла, попавшие на горючий материал, могут вызвать его тление, а затем и воспламенение.

Для предупреждения пожаров необходимы следующие мероприятия:

- 1 Не хранить вблизи от места сварки легко воспламеняющиеся или огнеопасные материалы (паклю, керосин, бензин и др.).
- 2 Необходимо постоянно следить за наличием и исправным состоянием противопожарных средств (огнетушителей, ящиков с песком и лопат, бочек с водой и ведер, пожарных рукавов).
- 3 После окончания сварочных работ необходимо выключить все электрические

установки и водяное охлаждение, а также убедиться в отсутствии горячих и тлеющих предметов.

Следует помнить, что при тушении нефти, керосина, бензина, а также горящих электрических проводов нельзя использовать воду и пенные огнетушители. В этих случаях необходимо применять углекислотные или сухие огнетушители.

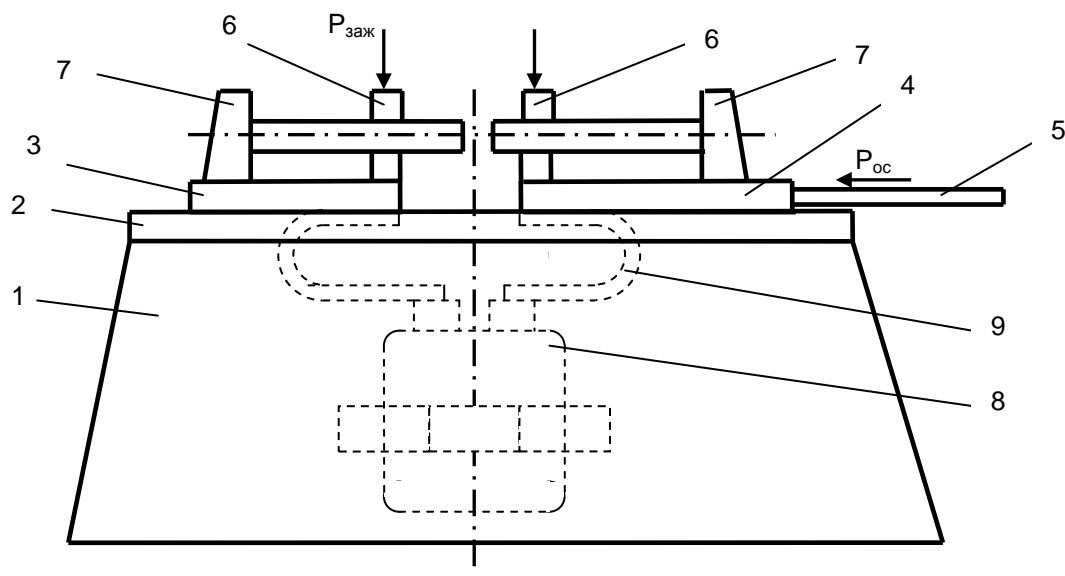
Все лабораторные работы должны проводиться в присутствии преподавателя или лаборанта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТЫКОВЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН И СНЯТИЕ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1.1 Общие сведения

Основные узлы стыковых машин для контактной сварки (рис. 1.1): станина (корпус) с направляющими, сварочный трансформатор, переключатель ступеней мощности, зажимное устройство с токоподводящими электродами (губками), механизм подачи и осадки, механизм включения и выключения тока, система водяного охлаждения.



1 – станина; 2 – направляющие; 3 – неподвижная плита; 4 – подвижная плита; 5 – подающее устройство; 6 – зажимное устройство; 7 – упоры; 8 – сварочный трансформатор; 9 – гибкие токоподводящие шины

Рисунок 1.1 – Расположение узлов стыковой машины

Для лучшего изучения конструкции стыковых машин разберем устройство каждого из этих узлов.

Станина, сварная или литая, предназначена для крепления на ней всех

основных узлов. Внутри станины установлен сварочный трансформатор, а сверху – зажимное устройство и механизм подачи и осадки.

Сварочный трансформатор служит для получения в сварочной цепи большого тока при относительно низком его напряжении. Трансформатор состоит из сердечника 4, секционированной первичной обмотки 2 с отводами 6, вторичного витка 1 с контактными колодками 3 и трубками водяного охлаждения 5 (рис. 1.2). Сердечники изготавливают из листовой электротехнической стали, по конструкции они могут быть стержневыми (рис. 1.3, а), броневыми (рис. 1.3, б) и кольцевыми (рис. 1.3, в). Вторичные витки трансформаторов контактных сварочных машин обычно изготавливают из тонкой медной фольги (рис. 1.4, а), сварными из медных труб (рис. 1.4, б), литыми из алюминия (рис. 1.4, в) или вырезают из толстолистовой меди (рис. 1.4, г). Витки из медной фольги охлаждают воздухом, а все остальные витки – холодной проточной водой.

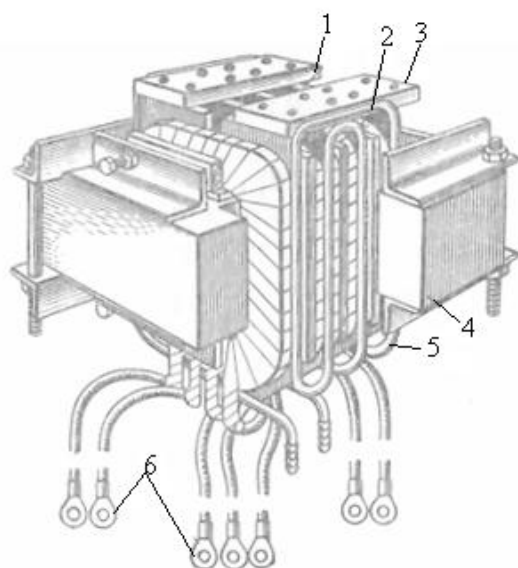


Рисунок 1.2 – Сварочный трансформатор

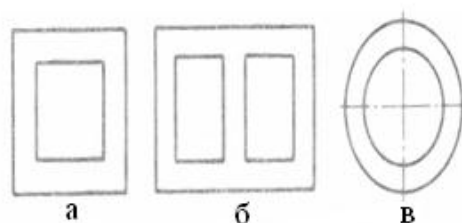


Рисунок 1.3 – Типы сердечников трансформаторов

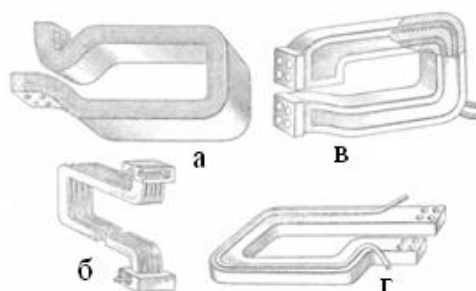


Рисунок 1.4 – Типы вторичных витков сварочных трансформаторов

Первичную обработку трансформатора выполняют в виде цилиндрической или дисковой катушки, от которой отводят провода для подключения ее к сети и переключателю ступеней мощности.

Одной из характеристик сварочного трансформатора является продолжительность его включения ПВ, которая определяется отношением продолжительности включения тока в течение одного сварочного цикла $t_{св}$ к продолжительности полного цикла $t_{ц}$, равного сумме продолжительностей сварки и паузы:

$$ПВ = \frac{t_{св}}{t_{ц}} \cdot 100 \% .$$

Переключатель ступеней мощности служит для ступенчатого регулирования сварочного тока. Увеличивая или уменьшая количество витков первич-

ной обмотки, включенных в сеть, соответственно изменяют напряжение на концах вторичного витка. В зависимости от мощности машины применяют штепсельные (рис. 1.5, а), пластинчатые (рис. 1.5, б), втычные (рис. 1.5, в) переключатели и переключатели со скользящими контактами (рис. 1.5, г).

Зажимное устройство предназначено для закрепления и центрирования свариваемых деталей в электродах (губках) машины, а также подвода к ним сварочного тока. Зажимные устройства могут быть ручные или механизированные. К ручным относятся эксцентриковые, винтовые и рычажные зажимы. Они обычно применяются в машинах малой и средней мощности. В машинах средней и большой мощности используют механизированные зажимы: пневматические, гидравлические, электрические и пневмогидравлические устройства (рис. 1.6). Для предупреждения проскальзывания деталей в электродах зажимные устройства некоторых стыковых машин имеют упоры.

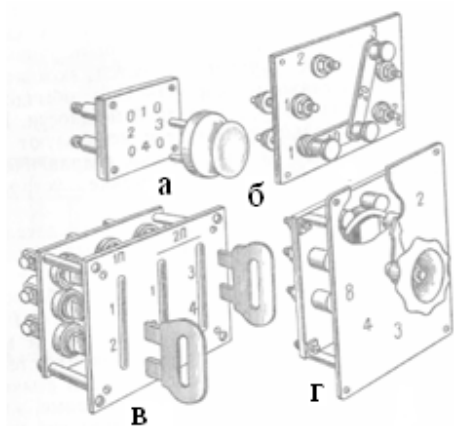
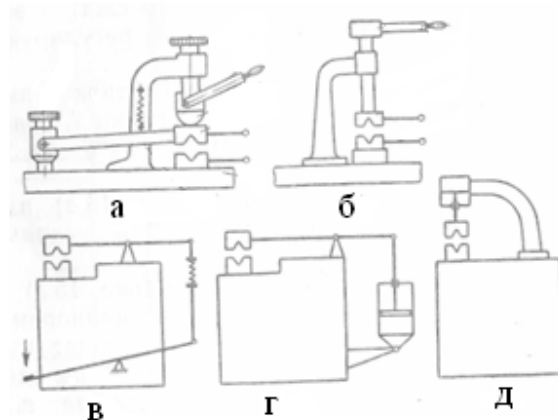


Рисунок – 1.5 –Переключатели ступеней мощности



а – эксцентриковое; б - винтовое; в – рычажно-пружинное; г – рычажно-пневматическое; д – пневматическое
Рисунок 1.6 – Зажимные устройства стыковых машин

Механизм подачи и осадки служит для сближения свариваемых деталей и создания необходимого давления в момент сварки и осадки. В зависимости от метода сварки (сопротивлением или оплавлением), степени автоматизации и необходимого усилия осадки стыковые машины имеют пружинные, рычажные, винтовые, электромеханические, гидравлические, пневматические и комбинированные приводы механизмов подачи и осадки.

При пружинном приводе (рис. 1.7, а) плита 1 передвигается пружиной 2, предварительно сжатой эксцентриком 4. Степень сжатия пружины можно регулировать винтом 3. При винтовом приводе (рис. 1.7, б) плита 1 вместе с винтом 4 перемещается от вращения гайки 2, связанной коническими зубчатыми колесами 3 и 6 со штурвалом 5. В случае рычажного привода (рис. 1.7, в) плита 1 передвигается при повороте рычага 2 и выпрямлении колена 3. При электромеханическом приводе (рис. 1.7, г) электродвигатель 1 через вариатор скоростей, клиноременную передачу 6 и червячный редуктор 9 вращает кулачок подачи 7. Последний, нажимая на ролик 8, передвигает плиту 11. После сварки пружина 10 возвращает плиту в исходное положение. Скорость

оплавления и осадки изменяют вариатором скоростей. Вариатор представляет собой раздвижной шкив, состоящий из двух конических дисков 3 и 4, стянутых пружиной 5. Винтом 2 сводят или разводят конические диски, изменяя рабочий диаметр шкива и тем самым плавно регулируя скорость движения плиты. При гидравлическом приводе (рис. 1.7, д) плита 1 передвигается при помощи масла, поступающего под давлением из насосной станции 5. Подавая масло в правые камеры гидравлических цилиндров 3, плиту передвигают влево и сжимают детали. Подавая масло после окончания сварки в левые камеры цилиндров, плиту возвращают в исходное положение. Для регулирования скорости подачи стола служит гидравлический дроссель 6, рычажок которого поворачивается под действием кулачка 2. Гидравлическим дросселем 4 регулируют скорость возврата плиты.

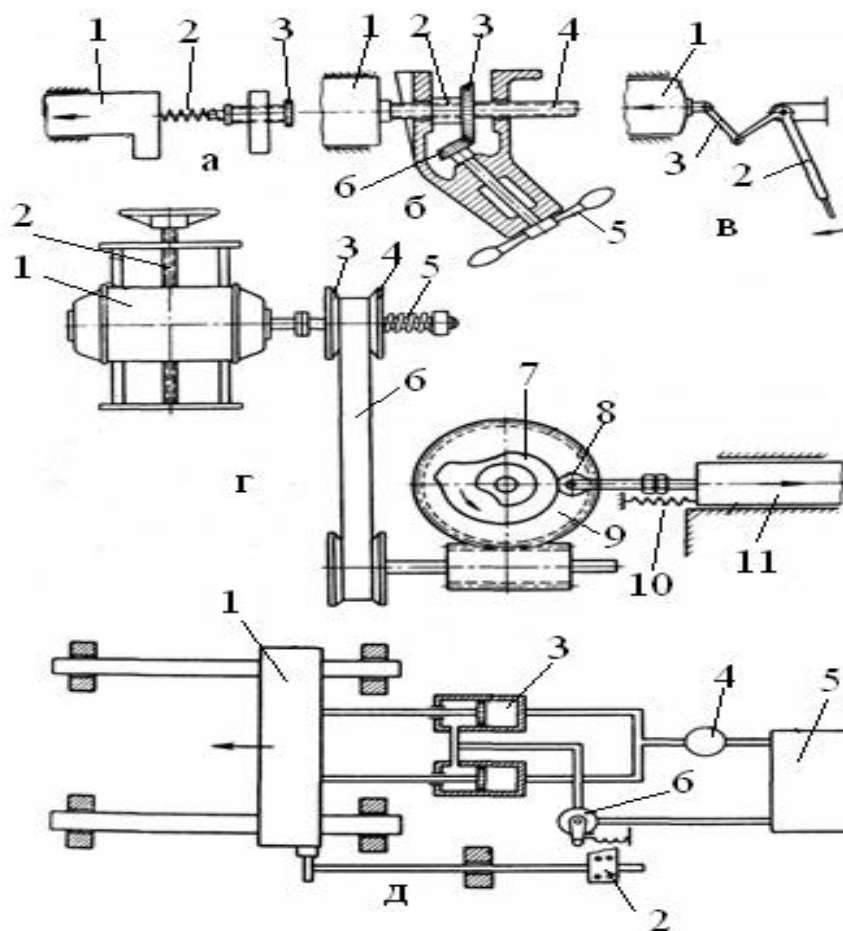
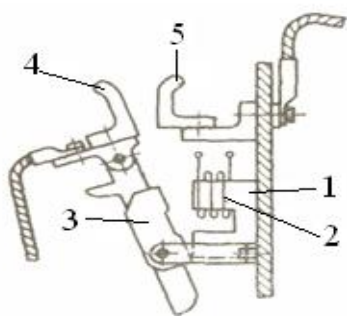


Рисунок 1.7 – Приводы механизмов подачи и осадки стыковых машин

Механизм включения и выключения первичной обмотки сварочного трансформатора имеет механические выключатели и контакторы. Последние могут быть электромагнитные и игнитронные (устарели). Электромагнитный контактор (рис. 1.8) состоит из железного сердечника 1 катушки 2 и подвижного якоря 3, на котором укреплен подвижной контакт 4. При включении катушки электромагнита якорь притянется к сердечнику и контакт 4 замкнется с неподвижным контактом 6, в первичную обмотку трансформатора потечет ток. Катушка электромагнита включается и выключается при помощи концевых

выключателей.

сти
ли)
1.9).



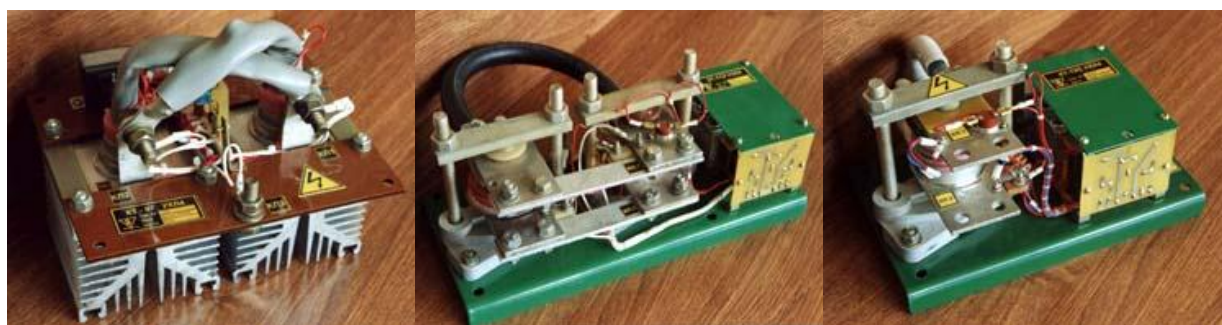
на-

ма-

Рисунок 1.8 – Электромагнитный контактор

На машинах большой мощности применяются игнитронные (устарели) или тиристорные контакторы (рис.

Система водяного охлаждения обеспечивает охлаждение всех токоподводящих частей машины, сильно греющихся в процессе сварки. В стыковых машинах обычно охлаждают вторичный виток трансформатора и токоподводящие электроды (губки).



а

б

в

Рисунок 1.9 – Контакторы тиристорные: а – КТ-07; б – КТ-11Е; в – КТ-12С

Машина с пружинным приводом (рис. 1.10)

В корпусе 1 установлен сварочный трансформатор с переключателем ступеней мощности 15, при помощи которого вилкой 16 можно менять сварочный ток. На корпусе смонтированы зажимные устройства эксцентрикового типа и пружинный привод механизма подачи и осадки. Подача и осадка свариваемых деталей производятся двумя пружинами 3, предварительно сжимаемыми рычагом 17. При повороте рычага эксцентрик 14, нажимая на упорный винт 13, разводит зажимные устройства и создает натяг пружин, которые удерживаются защелкой 11. Ход подвижного зажима регулируют винтом 12. Свариваемые детали зажимают между токоподводящими губками 4 рычагами 5, эксцентриком 6 при повороте ручки 7 вниз. Поворотом ее вверх пружины 8 поднимают рычаги в первоначальное положение. После зажатия деталей освобождают защелку, торцовые поверхности деталей соприкасаются под действием пружин 3. Кнопкой 18 включают в сеть первичную обмотку трансформатора. Торцы деталей начинают нагреваться и осаживаться. В момент осадки штифт 10 нажимает на контакт конечного выключателя 9 и сварочный ток выключается. Усилие сжатия деталей регулируют предварительным натягом пружин гайками 2.

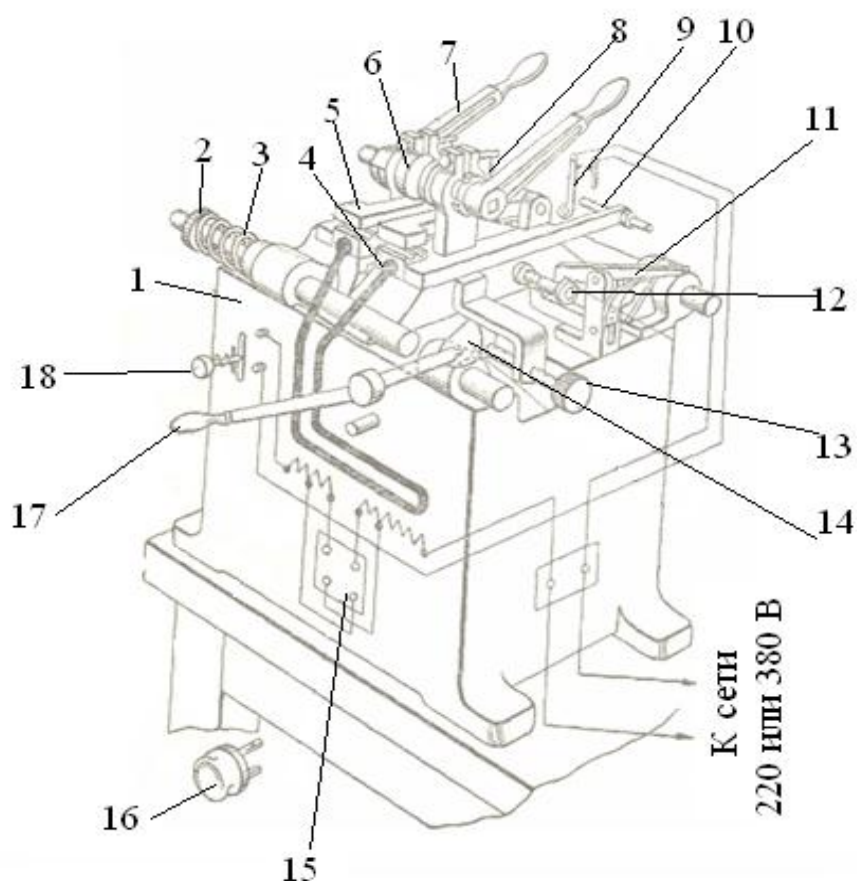


Рисунок 1.10 – Электрокинематическая схема стыковой машины АСИФ-5 с пружинным приводом механизма осадки

Машина с рычажным приводом

Машина МСР-50 (рис. 1.11) позволяет производить стыковую сварку оплавлением и оплавлением предварительным подогревом стальных стержней компактного сечения и труб.

В корпусе 9 машины размещен сварочный трансформатор 8 и включающий контактор 7. На корпусе расположены зажимные устройства 1 и привод механизма сжатия и осадки. По высоте губки регулируют винтом 2, сжатие и осадку осуществляют рычагом 3, который через тарлеп 11 перемещает правое зажимное устройство. При помощи тарлепа можно регулировать расстояние между губками. Для ограничения величины осадки на рычаге служит упор 12. Сварочный ток включают пусковой кнопкой 4. Выключение тока в момент осадки происходит при нажатии упором 5 на выключающую кнопку 10. С левой стороны машины укреплен переключатель ступеней мощности 6.

Электрическая схема машины (рис. 1.12) работает следующим образом. При нажатии на кнопку П, расположенную на рукоятке рычага, ток от вторичной обмотки понижающего трансформатора ТП пройдет через замкнутую кнопку П, нормально закрытый контакт концевого выключателя

1.3

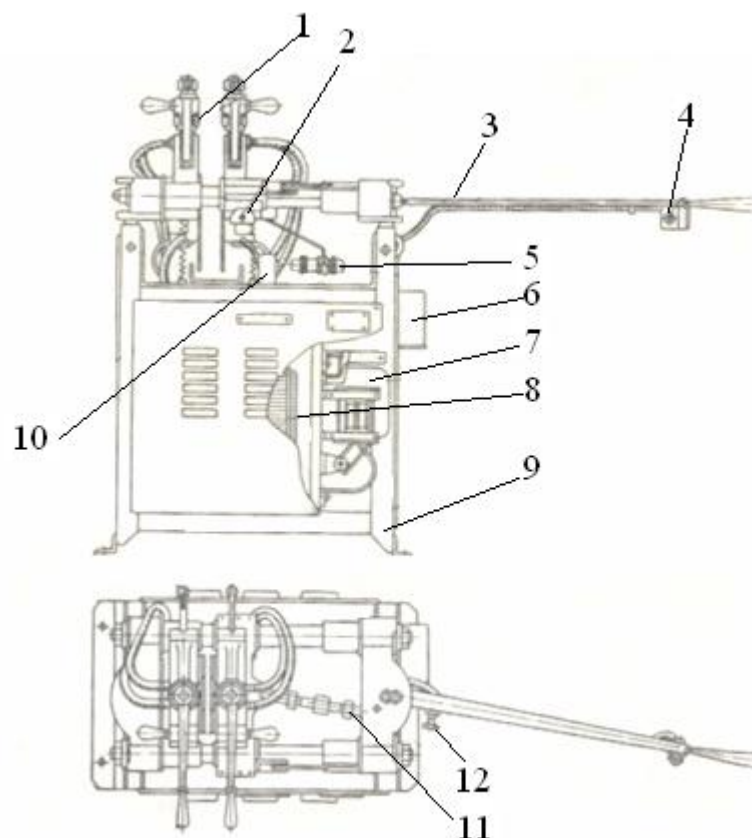


Рисунок 1.11 – Стыковая машина МСР-50 с рычажным приводом механизма осадки

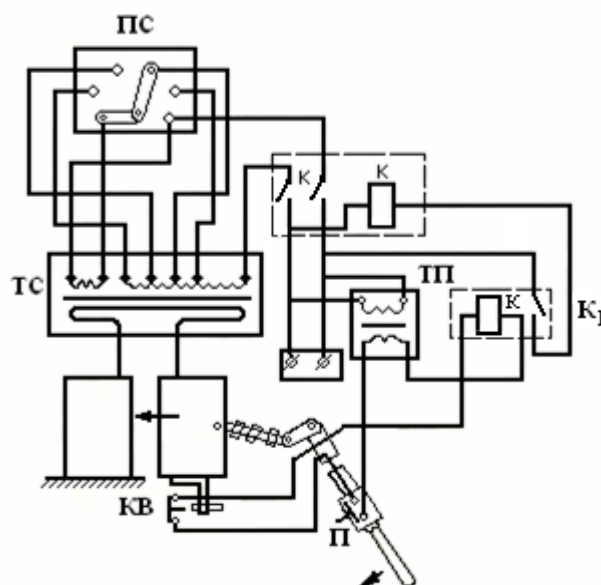


Рисунок 1.12 – Электрическая схема стыковой машины МСР-50

Реле сработает и замкнет свой нормально открытый контакт K_1 . При этом ток из сети пройдет через замкнувшийся контакт реле K_1 и катушку электромагнитного контактора K . Контактор сработает и включит два нормально открытых контактора K . Таким образом, первичная обмотка

сварочного трансформатора ТС окажется под напряжением сети. Начнется процесс сварки. В момент осадки подвижная плита нажмет на кнопку концевого выключателя КВ, ток в цепи катушки реле прервется. Контактор разомкнется и обесточит катушку контактора К. Разомкнувшиеся контакты К отключат первичную обмотку сварочного трансформатора от сети и система придет в исходное положение.

Сварочный трансформатор имеет секционированную первичную обмотку, позволяющую получать с помощью переключателя ступеней ПС восемь значений вторичного напряжения.

Машина с электромеханическим приводом

Эта машина служит для автоматической сварки непрерывным оплавлением и сварки оплавлением с предварительным подогревом деталей компактного и развитого сечения. Свариваемые детали зажимают пневматическим устройством радиального типа (рис. 1.13).

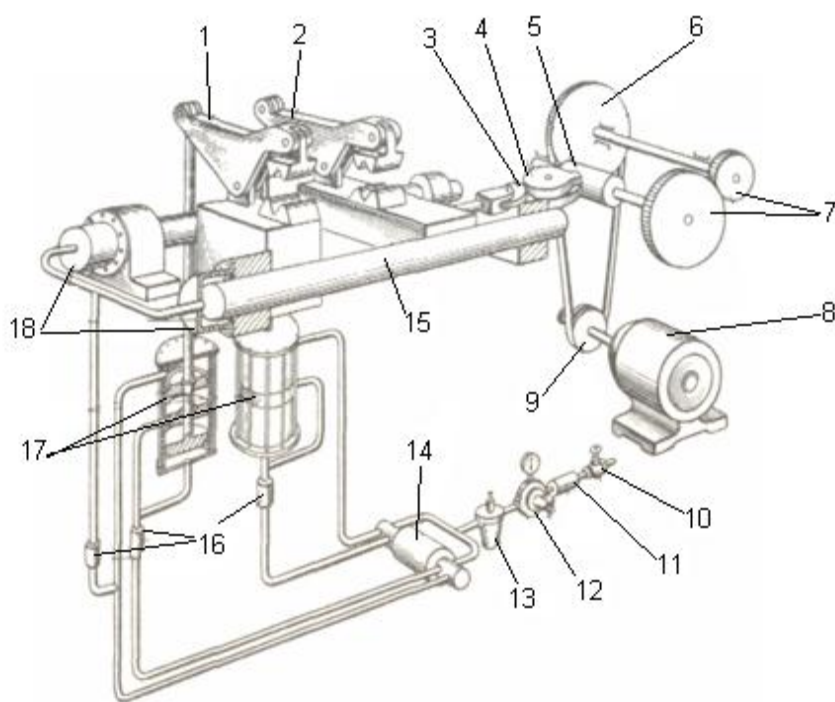


Рисунок 1.13 – Кинематическая схема стыковой машины МСМУ-150-1

Левый зажим 1 изолирован от корпуса машины и закреплен неподвижно. Правый зажим 2 установлен на двух направляющих 15 и может перемещаться по ним в пределах, необходимых для сварки. Каждый зажим имеет по два пневматических цилиндра, собранных в общий блок 17. Сжатый воздух в цилиндры поступает из сети через вентиль 10, воздушный фильтр 11, воздушный редуктор 12, лубрикатор 13 и электромагнитный клапан 14. Лубрикатор предназначен для смазки манжет пневматических цилиндров, а электромагнитный клапан служит для впуска и выпуска

сжатого воздуха из камер пневматических цилиндров. На пути сжатого воздуха к цилиндрам установлены дросселирующие клапаны 16, предназначенные для смягчения ударов, которые могут возникнуть во время зажатия свариваемых деталей. Устройство лубрикатора, электромагнитного и дросселирующего клапанов подробно описано в лабораторной работе № 3. Для перемещения одного из зажимов при сварке в машине использован электро-механический привод. Вращение от электродвигателя 8 через регулятор скорости 9 и шкив 6 передается на цилиндрическую пару сменных зубчатых колес 7, а затем – на червячный редуктор 5. На одной оси с червячным колесом насажен кулачок 4, который через ролик 3 приводит в движение зажим 2. Машина при этом совершает рабочий ход. После разжатия зажим 2 при помощи пневматических цилиндров 18 возвращается в исходное положение.

Снятие внешней характеристики стыковой машины

Внешней характеристикой называется графическая зависимость между рабочим током и напряжением.

Крайние точки внешней характеристики машины – это характеристики холостого хода, когда $E_2 = U_2$; $I_2 = 0$, и короткого замыкания, когда $U_2 = 0$; $I_2 = I_{2к.з.}$. Внешние характеристики бывают пологопадающими и крутопадающими. Их крутизна зависит от полного сопротивления цепи машины при коротком замыкании. На рис. 1.14 приведены внешние характеристики для четырех стыковых машин, снятые на номинальной (предпоследней) ступени мощности.

Для построения внешней характеристики, а также для определения ряда электрических параметров машины проводят опыт холостого хода, опыт короткого замыкания и замеряют некоторые электрические параметры при различных нагрузках (рис. 1.15).

Опыт холостого хода проводят для всех ступеней трансформатора при разомкнутой вторичной цепи. С помощью амперметра, двух вольтметров и ваттметра определяют ток холостого хода I_0 , напряжение питающей сети U_1 , э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_2 и потери холостого хода P_0 . Эти данные позволяют определить крайнюю точку внешней характеристики при $I_2 = 0$; $U_2 = E_2$ и коэффициент трансформации для всех ступеней трансформатора:

$$n_m = \frac{U_1}{E_{2m}}$$

где n_m и E_{2m} – соответственно коэффициент трансформации и э. д. с. вторичной обмотки m -й ступени.

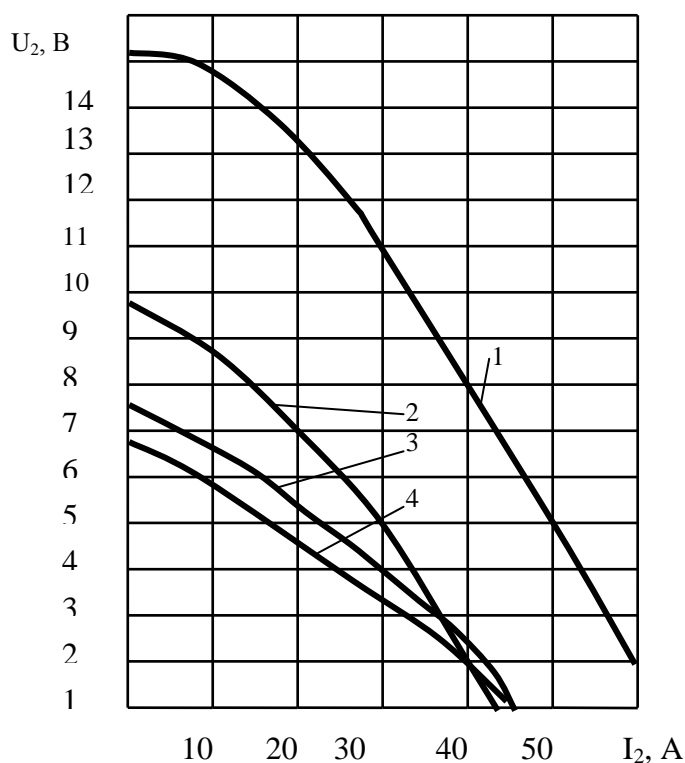


Рисунок 1.14 – Внешние характеристики сварочного трансформатора для различных ступеней мощности (1 – 4)

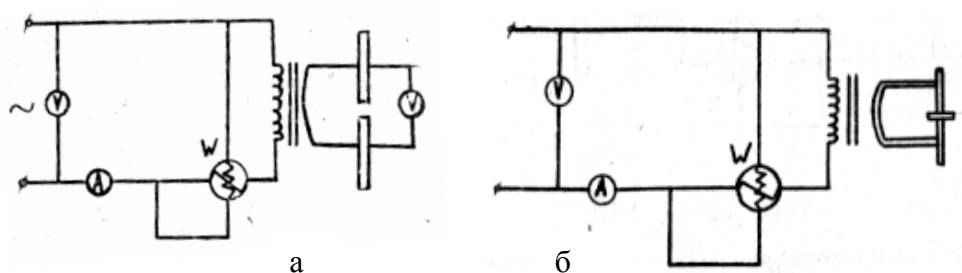


Рисунок 1.15 – Схема опытов холостого хода (а) и короткого замыкания (б)

Опыт холостого хода позволяет определить число витков первичной обмотки трансформатора на различных ступенях включения:

$$w_m = w_2 n_m,$$

где w_m – число витков на m -й ступени;

w_2 – число витков вторичной обмотки на 2-й ступени (обычно $w_2 = 1$).

Опыт короткого замыкания проводят при замкнутых накоротко электродах (губках). При невозможности непосредственного контакта электроды замыкают через массивный медный стержень при минимальном разводе зажимных устройств. При коротком замыкании для ступени m замеряют первичный ток короткого замыкания $I_{к.з.m}$, напряжение питающей сети U_1 и потребляемую мощность машины $P_{к.з.m}$. Эти замеры позволяют определить другую крайнюю точку внешней характеристики (при $I_2 = I_{к.з.m}$ и $U_2 = 0$) и коэффициент мощно-

сти машины (для ступени m) в режиме короткого замыкания:

$$\cos \varphi_m = \frac{P_{к.з.m}}{U_1 I_{к.з.m}}.$$

Первичный ток можно замерять приборами прямого включения и приборами с трансформаторами тока или измерительными клещами, например типа Ц-30. Следует помнить, что при коротком замыкании ток в первичной обмотке трансформатора и мощность, потребляемая из сети, значительно увеличиваются, а поэтому амперметр и ваттметр необходимо включать через измерительный трансформатор тока с большим коэффициентом трансформации.

Для определения остальных точек внешней характеристики на этой же ступени замеряют все параметры при различных сопротивлениях вторичной цепи. Для измерения тока между электродами (губками) машины зажимают медную или стальную трубу, охлаждаемую проточной водой. Возможно применение детали с другой формой сечения. Изменяя сечения и материал, меняют сопротивление, а следовательно, и ток во вторичной цепи I_2 . Величину вторичного тока I_2 рассчитывают по коэффициенту трансформации для этой ступени:

$$I_2 = (I_1 - I_0) \frac{w_1}{w_2},$$

где I_1 – ток первичной обмотки при коротком замыкании;

I_0 – ток первичной обмотки при холостом ходе;

w_1 w_2 – число витков соответственно в первичной и вторичной обмотках сварочного трансформатора.

Полученные опытные данные холостого хода для каждой ступени и короткого замыкания для нескольких ступеней, а также расчётные данные дают возможность графически построить внешнюю характеристику машины.

1.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машины для стыковой сварки с различными приводами механизма осадки (АСИФ-5, МСР-50, МСМУ-150 или им подобные).
- 2 Вольтметр на 220 или 380 В.
- 3 Вольтметр на 5, 10 или 15 В.
- 4 Амперметр на 5 А с трансформатором тока 600/5 или токоизмерительные клещи Ц-30.
- 5 Ваттметр с трансформатором тока.
- 6 Стальные и медные трубки, охлаждаемые проточной водой.
- 7 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, инструментом и спецодеждой.
- 8 Описания, чертежи, схемы и необходимые справочные материалы.

А Ознакомление с конструкцией стыковой машины

По заданию преподавателя должна быть хорошо изучена одна из машин с пружинным, рычажным или электромеханическим приводом механизма и подачи осадки. С машинами остальных типов следует только ознакомиться.

- 1 Внимательно прочитать описание стыковой машины, найти её основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
- 2 Дать характеристику зажимного устройства и схематически изобразить его конструкцию.
- 3 Описать тип трансформатора и вычертить схему расположения первичной и вторичной обмоток.
- 4 Привести схему и пояснить работу переключателя ступеней мощности.
- 5 Дать характеристику механизма подачи и осадки и схематически изобразить его устройство.
- 6 Вычертить схему блокировки выключателя тока с механизмом подачи и осадки.
- 7 Зарисовать электроды (губки), определить, из какого материала они изготовлены, и описать способ их крепления.
- 8 Вычертить схему водяного охлаждения.
- 9 Составить техническую характеристику машины.

Б Опыт холостого хода

- 1 Вычертить принципиальную электрическую схему машины с включением необходимых электроизмерительных приборов.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 3 Собрать схему и показать ее для проверки преподавателю или лаборанту.
- 4 При разомкнутой вторичной цепи на всех ступенях включения замерить ток холостого хода I_0 , напряжение питающей сети U_1 , ЭДС вторичной обмотки трансформатора E_2 и потери холостого хода P_0 .
- 5 Вычислить коэффициент трансформации для всех ступеней включения. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу.
- 6 Разобрать схему.

В Опыт короткого замыкания

- 1 Вычертить принципиальную электрическую схему машины с включением необходимых электроизмерительных приборов.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 3 Собрать схему и предъявить её для проверки.
- 4 Замкнуть накоротко вторичную цепь и на одной из ступеней включения

замерить ток короткого замыкания в первичной обмотке $I_{1к.з.м}$, напряжение питающей сети U_1 и потребляемую мощность $P_{к.з.м}$.

- 5 Вычислить коэффициент мощности $\cos \varphi_m$ для этой ступени режима короткого замыкания.
- 6 Пользуясь данными опыта холостого хода, вычислить ток короткого замыкания $I_{2к.з.м}$ во вторичной цепи. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу.
- 7 Разобрать схему.

Опыт проделать три раза – на первой, средней и предпоследней ступенях включения. При необходимости следует заменять электроизмерительные приборы или измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Г Снятие внешней характеристики

- 1 Вычертить схему включения приборов, собрать её и предъявить для проверки.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 3 При наибольшем разводе электродов (губок) зажать стальную (а затем медную) трубу, охлаждаемую водой, и произвести замеры тока в первичной обмотке I_1 , напряжения сети U_1 , напряжения на электродах (губках) машины U_2 и потребляемой из сети мощности P_1 .
- 4 Сблизить электроды на 3 – 6 мм и снова снять показания приборов. Опыт проделать три раза на первой, средней и предпоследней ступенях включения.
- 5 Пользуясь данными опыта холостого хода, вычислить сварочный ток I_2 во вторичной цепи. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу.
- 6 Разобрать схему.
- 7 На основании табличных данных построить внешние характеристики $U_2 = f_1(I_2)$ и зависимость потребляемой из сети мощности от тока во вторичной цепи $P_1 = f_2(I_2)$. Для построения крайних точек внешних характеристик следует использовать данные опытов холостого хода и короткого замыкания.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные узлы стыковых машин для контактной сварки.
- 2 Опишите устройство сварочного трансформатора.
- 3 Как устроен и работает переключатель ступеней мощности?
- 4 Что такое продолжительность включения (ПВ) трансформатора и как она определяется?
- 5 Опишите работу стыковых машин с пружинными, рычажными, электромеханическими и гидравлическими приводами.
- 6 Что называется внешней характеристикой машины и как она снимается?
- 7 Как производят опыт холостого хода и опыт короткого замыкания?

Таблица 1.1 – Техническая характеристика машин для стыковой сварки

Параметр	АСП-1	АСИФ-5М	МСП-50	СМ-50	МСМУ-150
Номинальная мощность, кВт	1	5	50	50	150
Продолжительность включения ПВ, %	15	25	20	45	20
Число ступеней регулирования трансформатора	20	4	8	8	16
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	0,6-1,4	1,1-2,2	2,7-5,1	2,6-5,2	4,04-8,1
Привод подачи	Пружинный		Рычажный	Электромеханический	
Наибольшее усилие осадки, Н (кг)	—	1200 (120)	30000 (3000)	30000 (3000)	65000 (6500)
Ход подачи, мм	—	14	30	35	20
Тип зажимного приспособления	Пружинный	Эксцентриковый	Рычажно-винтовой	Рычажный	Пневматический
Наибольшее усилие зажатия, Н (кг)	—	5000 (500)	20000 (2000)	20000 (2000)	100000 (10000)
Номинальное сечение свариваемых деталей, мм ²	1,3	60	400	600	2000
Производительность сварок, ч	180	100	90	180	80
Расход охлаждающей воды, дм ³ /с (л/ч)	—	—	0,089 (300)	—	0,056 (200)
Расход сжатого воздуха, м ³ /с	—	—	—	—	0,004
Габаритные размеры, мм	1090x450x400	660x670x400	1100x1570x1115	1050x750x2060	1300x1580x2000
Вес машины, кг	61	100	335	550	2000

1.3 Отчет о лабораторной работе №1

Изучение конструкции стыковых контактных машин и снятие внешних характеристик

Фамилия студента _____

Группа _____ Дата выполнения работы _____

А Ознакомление с конструкцией стыковой машины

(Общая схема стыковой машины с обозначением отдельных узлов)

(Схема зажимного устройства)

(Схема сварочного трансформатора)

(Схема переключателя ступеней мощности)

(Схема механизма подачи и осадки)

(Схема водяного охлаждения)

(Техническая характеристика машины, см. табл. 1.1)

Б Опыт холостого хода

(Схема включения электроизмерительных приборов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Тип машины	Номер ступени	Измерения			Вычисления	
		Ток холостого хода I_0 , А	Напряжение сети U_1 , В	Э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_2 , В	Потери холостого хода P_0 , Вт	Коэффициент трансформации n
	1					
	2					
	и т. д.					

Вычисление коэффициентов трансформации _____

В Опыт короткого замыкания

Вычисление коэффициента мощности и тока короткого замыкания во вторичной цепи _____

(Схема включения электроизмерительных приборов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Тип машины	Номер ступени	Измерения			Вычисления	
		Ток короткого замыкания $I_{1к}$, А	Напряжение сети U_1 , В	Потребляемая из сети мощность P_k , Вт	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Ток короткого замыкания во вторичной цепи $I_{2к}$, А

Г Снятие внешней характеристики

(Схема включения электроизмерительных приборов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Тип машины	№ ступени	№ замера	Измерения				Вычисления
			Ток в первичной цепи I_1 , А	Напряжение сети U_1 , В	Напряжение на электродах U_2 , В	Потребляемая из сети мощность P_1 , Вт	Ток во вторичной цепи I_2 , А

Вычисление тока во вторичной цепи _____

Внешняя характеристика сварочного трансформатора $U_2 = f_1(I_2)$

График зависимости потребляемой из сети мощности от сварочного тока $P_1 = f_2(I_2)$

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ

2.1 Общие сведения

Сварка сопротивлением

Этот способ обычно применяют при сварке сталей небольших поперечных сечений (до 100 мм²), цветных металлов и их сплавов: меди, латуни, бронзы, алюминия и т. д.

Подготовка торцов деталей под сварку сопротивлением состоит в ровной обрезке их и тщательной зачистке до металлического блеска. Подготовку можно осуществлять на токарных станках, дисковыми пилами, наждачными кругами и т. п. Основное условие качественной сварки – плотное прилегание свариваемых торцов по всему сечению. Учитывая это, стыковую сварку сопротивлением не применяют для деталей сложной конфигурации, а также с большой площадью поперечного сечения, так как даже при хорошей обработке торцов невозможно добиться равномерного разогрева по всему сечению, в результате чего, как правило, в стыке образуются непровары.

Поверхность деталей для лучшего электрического контакта с токопроводящими электродами должна быть зачищена от ржавчины, масла, грязи и др. по всей длине, зажимаемой в электроды (губки). Мелкие детали (звенья цепей, заготовки инструмента и т. п.) зачищают в галтовочных барабанах с кварцевым песком и сухими древесными опилками. Крупные детали в местах токоподвода зачищают переносными наждачными кругами.

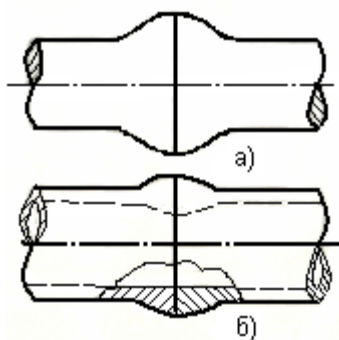
В массовом производстве широко применяется травление в кислоте с последующей нейтрализацией в щелочи.

Процесс сварки сопротивлением выполняют в последовательности:

- 1) детали с ровно обрезанными, хорошо зачищенными торцами зажимают в электродах (губках) машины и сдавливают;
- 2) включают сварочный ток, и торцовые поверхности деталей разогреваются до высокой температуры (для низкоуглеродистой стали 1200 – 1250 °С);
- 3) производят осадку разогретых торцов;
- 4) выключают сварочный ток и детали вынимают из зажимов.

К основным параметрам стыковой сварки сопротивлением относятся: сварочный ток; длительность нагрева (время сварки); величина давления осадки; установочная длина, т. е. длина концов деталей, выступающих из электродов; величина осадки. Рассмотрим дальше влияние отдельных параметров режима на качество сварного стыка (рис. 2.1).

Сварочный ток оказывает большое влияние на качество сварки. При малом токе могут появиться непровары и включения окислов, слишком большой ток может привести к перегреву и пережогу металла. Величину тока рассчиты-



а – стержни; б – трубы

Рисунок 2.1 – Стыки, сваренные методом сопротивления

вают как произведение необходимой плотности тока на площадь поперечного сечения заготовок. Плотность тока лежит в довольно широких пределах $10 - 200 \text{ А/мм}^2$. С увеличением площади поперечного сечения деталей плотность тока следует уменьшать. Цветные металлы и их сплавы сваривают на токах больших плотностей. Сварочный ток регулируют переключателем ступеней мощности.

Длительность нагрева или время прохождения тока через детали за-

висит в основном от выбранной плотности тока и площади поперечного сечения свариваемых деталей и составляет обычно десятые доли секунды или несколько секунд. С увеличением площади поперечного сечения длительность нагрева увеличивается. При слишком длительном нагреве возможно образование в стыке окислов и малопластичной перегретой структуры металла. Время прохождения тока регулируют или вручную нажатием на пусковую кнопку, или специальными устройствами в виде кулачков тока и др.

Давление осадки выбирают в зависимости от площади поперечного сечения, температуры нагрева и марки металла. При недостаточном давлении может появиться непровар, а при избыточном давлении возможно образование трещин. Давление осадки подсчитывают как произведение удельного давления на площадь поперечного сечения заготовок. Удельное давление, применяемое при сварке цветных металлов и сплавов, составляет $10-15 \text{ МН/м}^2$ ($1-1,5 \text{ кг/мм}^2$), а при сварке сталей – $20-50 \text{ МН/м}^2$ ($2-5 \text{ кг/мм}^2$). Для ускорения нагрева в начальный момент сварки дается небольшое давление, а концу сварки, т. е. в момент осадки, его увеличивают. Механизм регулировки величины давления осадки у машин различных типов различный: натягом пружины, кулачком подачи, изменением давления воздуха или масла и т. д. Установочная длина оказывает большое влияние на нагрев свариваемых деталей. При небольшой установочной длине стык нагревается плохо вследствие усиленного отвода тепла в медные электроды (губки), охлаждаемые водой. При большой установочной длине в хорошо нагреваемом стыке образуется слишком большое утолщение, кроме того, возможна потеря устойчивости и искривление свариваемых деталей. Обычно установочная длина принимается равной $0,5-2$ диаметра стержня. При сварке разнородных металлов их установочная длина различна. Величину осадки выбирают в зависимости от поперечного сечения свариваемых деталей в пределах $2-10 \text{ мм}$. Общая осадка распределяется на осадку под током и осадку без тока (табл. 2.1). При недостаточной осадке в стыке возможны непровары, окислы и шлаковые включения. При завышенной величине осадки возможно искривление волокон и образование трещин.

Таблица 2.1 – Ориентировочные режимы сварки сопротивлением прутков из углеродистой стали

Площадь сечения заготовки, мм ²	Установочная длина обеих заготовок, мм	Припуск на осадку, мм			Плотность тока, А/мм ²	Продолжительность нагрева, с
		Общую	Под током	Без тока		
7	7	2,2	1,6	0,6	—	0,2-0,3
25	12	2,5	1,7	0,8	200	0,6-0,8
50	16	2,7	1,8	0,9	160	0,8-1,0
100	20	3,0	2,0	1,0	140	1,0-1,5
Примечание. Припуск на осадку указан для заготовок с плотно подогнанными торцами. Давление осадки 13 МН/м ² (1,3 кг/мм ²).						

Сварка оплавлением

Этот способ применяется при сварке деталей из углеродистых и легированных сталей с большим поперечным сечением, тонкостенных деталей с развитым сечением при сварке разнородных металлов (сталь с медью, медь с алюминием) и т. д. При сварке оплавлением к подготовке торцов деталей особых требований не предъявляют, в процессе оплавления все неровности на поверхности стыка оплавляются и выравниваются. На сварку могут поступать детали непосредственно после рубки или газовой резки с окалиной и даже ржавчиной на поверхности торцов. Единственное требование к заготовкам – это хорошая зачистка их поверхностей в местах токоподвода.

Сущность сварки оплавлением состоит в том, что между торцами деталей при медленном их сближении под током в одной или нескольких точках возникает электрический контакт. В результате незначительного давления в контакте его переходное сопротивление очень высокое. В контакте выделяется большое количество тепла и между торцами деталей образуется перемычка жидкого металла. Эта перемычка под действием раскаленных газов взрывается и жидкий металл выбрасывается из стыка в виде искр, брызг и паров. При дальнейшем медленном сближении деталей в соприкосновение входят следующие части металла, которые также расплавляются и взрываются. Когда вся поверхность торцов оплавится и покроется тонким слоем жидкого металла, детали резко сдавливают и выключают ток. При сдавливании жидкий металл вытесняется вместе с окислами из стыка, образуя так называемый грат, а расположенный под ним твердый металл сваривается. Как указывалось ранее, сварку оплавлением можно осуществлять непрерывным оплавлением или оплавлением с предварительным подогревом. Процесс сварки непрерывным оплавлением протекает в последовательности:

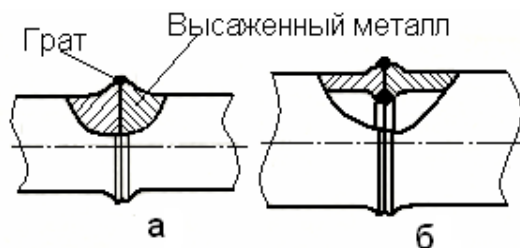
- 1) детали зажимают в электроды (губки) машины с небольшим зазором;
- 2) включают сварочный ток и сближают детали, при этом возбуждается процесс оплавления;
- 3) дают осадку под током;
- 4) ток выключают и дают окончательную осадку без тока;
- 5) детали освобождают из зажимов.

Процесс сварки оплавлением с предварительным подогревом протекает аналогично, только перед началом оплавления детали подогревают непосредственно в машине. Подогревать можно методами сопротивления или прерывистого оплавления.

При подогреве методом сопротивления детали сближают при включенном сварочном токе и выдерживают в сомкнутом состоянии 0,2–5 с (в зависимости от сечения). Затем их разводят и снова сводят, общее число таких смыканий может быть 3–30. После нагрева торцов до температуры 800–1100 °С возбуждается процесс непрерывного оплавления. При подогреве методом прерывистого оплавления детали периодически смыкают и размыкают под током. Торцы при этом разогреваются с обильным выбрасыванием искр из стыка. После последнего размыкания начинается процесс оплавления. В дальнейшем в обоих случаях процесс протекает так же, как и при непрерывном оплавлении (рис 2.2). Для возбуждения и поддержания устойчивого процесса оплавления необходимо повышенное по сравнению со сваркой сопротивлением напряжение на электродах машины (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Минимальные значения напряжения холостого хода, В

Способ стыковой сварки	Площадь сечения, мм ²							
	До 50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000	2500-5000	5000-10000
Сопротивлением	1,5	2	2,5	3	—	—	—	—
Непрерывным оплавлением	4	4,5	5	6,5	8	10	—	—
Оплавлением с предварительным подогревом	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7



а – стержни; б – трубы

Рисунок 2.2 – Стыки, сваренные оплавлением

Рассмотрим, как выбираются параметры режима для сварки оплавлением.

Сварочный ток устанавливают в зависимости от необходимой плотности тока. Плотность тока при сварке непрерывным оплавлением углеродистых сталей должна быть

меньше, чем при сварке сопротивлением ($10-50 \text{ А/мм}^2$). При сварке оплавлением с предварительным подогревом плотность тока может быть уменьшена до $3-10 \text{ А/мм}^2$. При сварке цветных металлов и сплавов плотность тока увеличивают до $100-150 \text{ А/мм}^2$.

Установочная длина при сварке оплавлением оказывает такое же влияние на качество соединения, как и при сварке сопротивлением (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Установочная длина прутков и труб из разнородных металлов при сварке оплавлением

Металл		Ориентировочная установочная длина, доли диаметра детали		Отношение установочных длин
Первая деталь	Вторая деталь	Первая деталь	Вторая деталь	
Низкоуглеродистая сталь	Углеродистая сталь	1,0	0,5	1,5 – 2,0
Низкоуглеродистая или низколегированная сталь	Аустенитная сталь	1,2	0,5	2,0 – 2,5
Углеродистая сталь	Быстрорежущая сталь	0,75	0,5	1,3 – 1,5
Сталь	Латунь	1,5	1,5	1,0 – 1,2*
Сталь	Медь	2,5	1,0	2,0 – 2,05*
* Оплавляется главным образом сталь.				

Скорость оплавления оказывает большое влияние на нагрев деталей. При небольшой скорости оплавления увеличивается глубина прогрева. Обычно в начале процесса скорость оплавления небольшая, особенно при сварке деталей с большим поперечным сечением. Перед осадкой, во избежание окисления торцов деталей, скорость оплавления увеличивают (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Скорости оплавления и осадки при стыковой сварке различных Металлов

Металл	Скорость оплавления, мм/с		Скорость осадки, мм/с (не менее)
	средняя	перед осадкой	
Низкоуглеродистая сталь	0,5 – 1,5	2 – 5	15 – 20
Низколегированная сталь	1,5 – 2	4 – 5	20 – 30
Аустенитная сталь	2,5 – 3,5	5 – 7	30 – 50
Легкие сплавы	3 – 7	8 – 15	100 – 200

Скорость осадки в несколько раз превышает скорость оплавления и растет с увеличением склонности металла к окислению.

При небольшой скорости осадки частицы окислов и загрязнений не успевают выдавиться из стыка, а следовательно, прочность его снижается (см. табл. 2.4).

Давление осадки выбирают по площади поперечного сечения заготовок и необходимому удельному давлению, зависящему от способа сварки и металла (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Ориентировочное удельное давление осадки при стыковой сварке оплавлением, МН/м² (кг/мм²)

Металл	Сварка непрерывным оплавлением	Сварка оплавлением с подогревом
Низкоуглеродистая сталь	80 – 100 (8 – 10)	40 – 60 (4 – 6)
Среднеуглеродистая сталь	100 – 120 (10 – 12)	40 – 60 (4 – 6)
Высокоуглеродистая сталь	120 – 140 (12 – 14)	40 – 60 (4 – 6)
Низколегированная сталь	100 – 120 (10 – 12)	40 – 60 (4 – 6)
Аустенитная сталь	160 – 250 (16 – 25)	100 – 180 (10 – 18)
Медь	250 – 400 (25 – 40)	— —
Алюминий	120 – 150 (12 – 15)	— —
Алюминиевые сплавы	130 – 200 (13 – 20)	— —
Латунь	140 – 180 (14 – 18)	— —
Бронза	140 – 180 (14 – 18)	— —
Титан	30 – 60 (3 – 6)	30 – 40 (3 – 4)
Чугун	80 – 100 (8 – 10)	40 – 60 (4 – 6)

В результате оплавления и осадки размер деталей уменьшается. Это необходимо учитывать при разметке и резке заготовок.

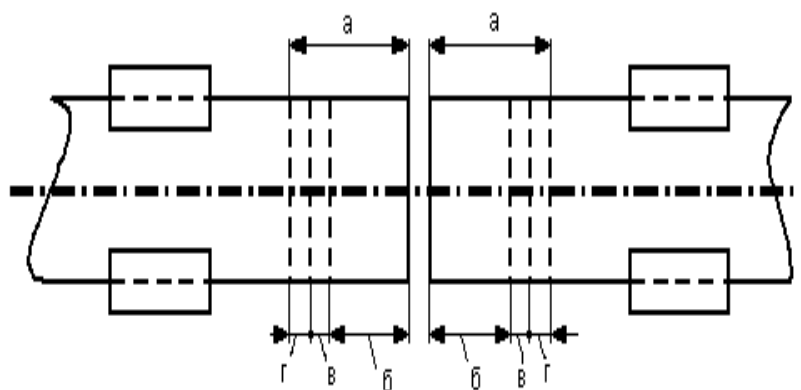
Для получения готовых сварных изделий необходимой длины заготовки должны быть изготовлены с определенным припуском на оплавление и осадку (рис. 2.3, табл. 2.6).

Правильно установленный режим обеспечивает хорошее качество сварного стыка. Возможные дефекты, связанные с нарушением режима сварки, а также причины их возникновения приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.6 – Припуски стержней из низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей (на оба стержня)

Диаметр стержня, мм	Площадь сечения, мм ²	Припуск при сварке с подогревом, мм			Припуск при сварке непрерывным оплавлением, мм		
		общий	на подогрев и оплавление	на осадку	общий	на оплавление	на осадку
5	20	—	—	—	6	4	2,0
10	78	7,3	5	2,3	8	5,7	2,3
14	154	9,3	6,5	2,8	12	9,5	2,5
18	254	11,2	8,0	3,2	16	13	3,0
22	280	12,6	9,0	3,6	18	14,8	3,2
26	530	15	11,2	3,8	22	18,5	3,5
30	707	16	12,0	4,0	25	21,5	3,5
36	1018	18	15,0	5,0	30	26	4,0
40	1257	20	14,5	5,5	33	28,5	4,5

Примечания: 1 Суммарная установочная длина равна 1,5 диаметра стержня при сварке низкоуглеродистых сталей и 2 – 2,4 диаметра стержня при сварке низколегированных сталей. 2 При наличии зазоров между неровно срезанными торцами следует соответственно увеличить общий припуск на сварку (за счет припуска на оплавление). 3 Припуск на осадку под током составляет 40 – 50 % общего припуска на осадку.



а – припуск на оплавление и осадку; б – припуск на оплавление;
в – припуск на осадку под током; г – припуск на осадку без тока

Рисунок 2.3 – Распределение общего припуска при стыковой сварке

Таблица 2.7 – Дефекты при стыковой сварке

Вид дефекта	Возможные причины образования дефектов
Шлаковые включения в стыке	Неустойчивое оплавление. Малая величина осадки. Преждевременное выключение тока
Непровар	Малая мощность машины. Низкое давление осадки. Плохая подготовка торцов. Малый припуск на оплавление и осадку
Перегрев металла	Большой сварочный ток. Велик припуск на оплавление и осадку. Завышена установочная длина
Трещины в зоне сварки	Большое давление осадки. Недостаточный предварительный нагрев. Мала установочная длина. Перегрев металла
Смещение торцов заготовок	Недостаточная жесткость зажимов. Плохая подготовка торцов. Большая установочная длина
Подгары поверхности заготовок в местах токоподвода	Плохая зачистка поверхности заготовок. Загрязнены электроды. Малое усилие зажатия. Плохое охлаждение электродов

2.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машина для стыковой сварки.
- 2 Пресс для испытаний на угол загиба.
- 3 Тиски.
- 4 Миллиметровая линейка.
- 5 Штангенциркуль.
- 6 Молоток.
- 7 Зубило.
- 8 Напильник.
- 9 Набор разных стержней из стали, цветных металлов и их сплавов.
- 10 Передвижной лабораторный стул с набором необходимого инструмента и спецодежды.

А Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки сопротивлением

- 1 Заготовить таблицу для записей данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной площади поперечного сечения, для каждой пары заготовок (сталь, медь, латунь, алюминий) подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.

- 3 Зажать детали в электродах (губках) и измерить расстояние между ними.
- 4 Сварить стыки методом сопротивления.
- 5 Повторно измерить расстояние между электродами.
- 6 Подсчитать суммарную величину осадки обеих заготовок.
- 7 Подобрать режим и сварить встык разнородные металлы (сталь + латунь, латунь + медь).
- 8 Сварить несколько стыков из низкоуглеродистой стали, изменяя при этом их установочную длину и определяя величину осадки.
- 9 Оценить качество сварных стыков по внешнему виду и испытать сварные стыки на угол загиба.

Б Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки оплавлением

- 1 Овладеть практикой оплавления, сопровождающегося интенсивным искрением.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 3 Для данной площади поперечного сечения заготовок из углеродистой и легированной стали подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.
- 4 Сварить методом оплавления с нормальным выключением тока (после начала осадки).
- 5 Повторить сварку с преждевременным выключением тока (перед началом осадки).
- 6 Оценить качество сварных стыков по внешнему виду и испытать сварные стыки на угол загиба.

В Выявление влияния отдельных параметров режима стыковой сварки на прочность сварного соединения

- 1 Заготовить таблицу для записей данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной площади поперечного сечения заготовок подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.
- 3 Сварить встык методом оплавления три пары заготовок.
- 4 Определить качество сварных стыков по внешнему виду и на загиб и убедиться в правильности установленного режима.
- 5 Повторить сварку других заготовок, изменяя при этом в одну и другую сторону один из параметров режима: а) сварочный ток (при помощи переключателя ступеней мощности); б) скорость оплавления; в) скорость осадки; г) давление осадки.
- 6 Оценить качество сварных стыков по внешнему виду, на загиб и выявить влияние каждого параметра режима сварки на прочность стыка.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные способы стыковой сварки.
- 2 Опишите технику ведения сварки сопротивлением и непрерывным оплавлением.
- 3 Как производится подогрев деталей при сварке оплавлением с предварительным подогревом?

2.3 Отчет о лабораторной работе №2

Ознакомление с технологией стыковой сварки и определение влияния параметров режима сварки на прочность соединения

Фамилия студента _____

Группа _____ Дата выполнения работы _____

А Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки сопротивлением

(Общий вид стыка, сваренного сопротивлением)

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Металл заготовки		Площадь поперечного сечения, мм ²	Степень мощности	Расстояние между электродами, мм		Установочная длина заготовки, мм		Величина осадки, мм	Результаты испытаний
левой	правой			левым	правым	до сварки	после сварки		

Выводы по работе _____

Б Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки оплавлением

(Общий вид стыка, сваренного оплавлением)

Выводы по работе _____

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Металл	Площадь поперечно-	Степень	Включение	Результаты
--------	--------------------	---------	-----------	------------

заготовки	го сечения, мм ²	мощности	тока	испытаний
			после начала осадки	
			до начала осадки	

В Выявление влияния отдельных параметров режима стыковой сварки на прочность сварного соединения

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Выводы по работе _____

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Площадь поперечного сечения	Характер режима	Степень мощности	Скорость оплавления, мм/с	Скорость осадки, мм/с	Усилие осадки, Н (кг)	Результаты испытаний
	Нормальный					
	С уменьшением одного из параметров					
	С увеличением одного из параметров					

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

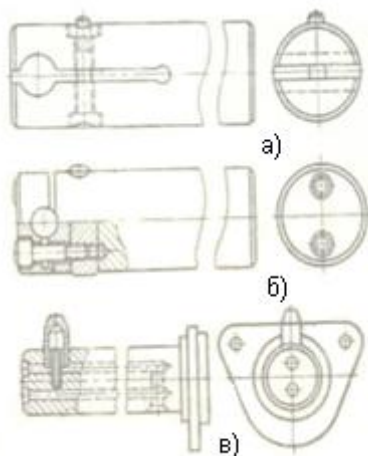
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОНТАКТНЫХ ТОЧЕЧНЫХ МАШИН И

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВТОРИЧНОГО КОНТУРА

3.1 Общие сведения

Основные узлы точечных машин для контактной сварки: станина (корпус), сварочный трансформатор с переключателем ступеней мощности; элементы вторичного контура (хоботы, электрододержатели, электроды); механизм сжатия; электрическое устройство; включающее и выключающее устройства; пневматическая схема с элементами пневмоаппаратуры; система водяного охлаждения.

Для удобства изучения точечных машин рассмотрим подробнее устройство каждого узла, из которых комплектуется машина. Станина выполняется литой или сварной. В машинах с пневматическим приводом механизма сжатия станину сваривают из труб, которые одновременно служат ресиверами (резервуарами) для сжатого воздуха. Сварочный трансформатор для точечной машины ничем не отличается от трансформатора для стыковых машин, устройство которого рассмотрено в лабораторной работе №1. Хоботы (рукава, консоли или плечи) служат для подвода тока от вторичной обмотки трансформатора и передачи усилия от механизма сжатия непосредственно к электродам (рис. 3.1). Хоботы изготавливают из меди или бронзы.



а – хобот с гнездом под электрододержатель; б – хобот со съемной колодкой; в – хобот с электродом

Рисунок 3.1 – Конструкции хоботов точечных машин

Электрододержатели – это промежуточное звено между хоботом и электродом. В зависимости от способа закрепления электродов они бывают двух основных типов: с креплением электрода на конусе (рис. 3.2, а); с креплением электрода на резьбе (рис. 3.2, б).

Конструктивно электрододержатель представляет собой медную или латунную трубку 1 диаметром 20– 40 мм с внутренним каналом диаметром 14–18 мм. Внутри канала проходит водоподводящая трубка 2, связанная с водопрово-

дом через ниппель 3. Отработанная (нагретая) вода возвращается по зазору между водоподводящей трубкой и корпусом электрододержателя и через ниппель 4 выводится в канализацию. В некоторых конструкциях машин электрододержатели отсутствуют. В этих случаях электроды устанавливаются непосредственно в хоботе (рис. 3.1, в).

Электроды являются рабочим инструментом точечной машины. Они проводят электрический ток непосредственно к свариваемым деталям. Для изготовления электродов применяется холоднокатаная нагартованная медь или специальные медные сплавы, обладающие большой твердостью и высокой тепло-

и электропроводностью, например, хромоцинковая бронза (сплав ЭВ), хромотитановая бронза (сплав Бр. ХТ 0,6–0,1) и др.

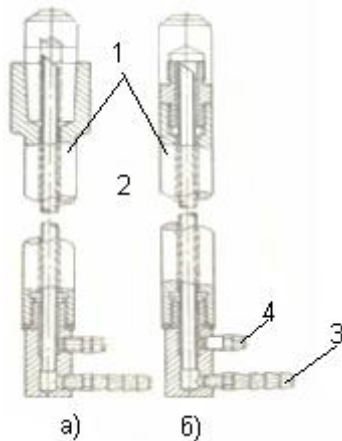
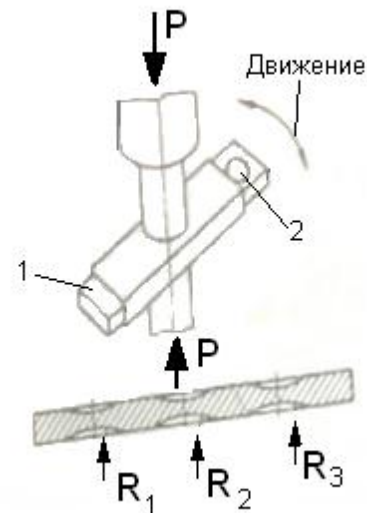


Рисунок 3.2 – Типы электрододержателей точечных машин



1 – наждачная бумага; 2 - углубления

Рисунок 3.3 – Приспособление для ручной зачистки электродов

Для охлаждения электродов проточной водой внутри их просверливают каналы. В процессе сварки рабочая часть электрода сминается и загрязняется.

Для зачистки электродов применяют различные приспособления. Одно из наиболее простых приспособлений показано на рис. 3.3. Это пластинка с двусторонними углублениями по форме рабочей поверхности электродов, которую обертывают наждачной бумагой и зажимают между электродами. Поворачивая пластинку вокруг оси электродов, зачищают его поверхность. Пневматические приспособления для зачистки показаны на рис. 3.4 и 3.5.

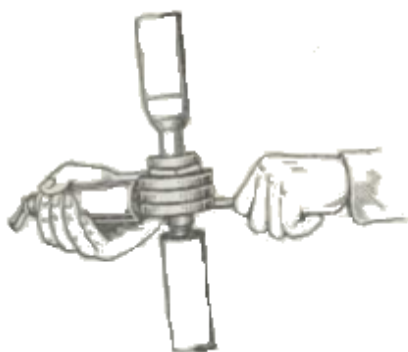
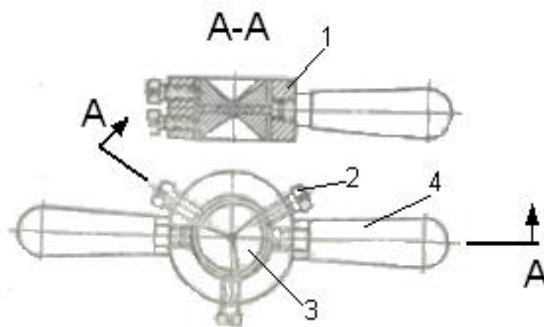
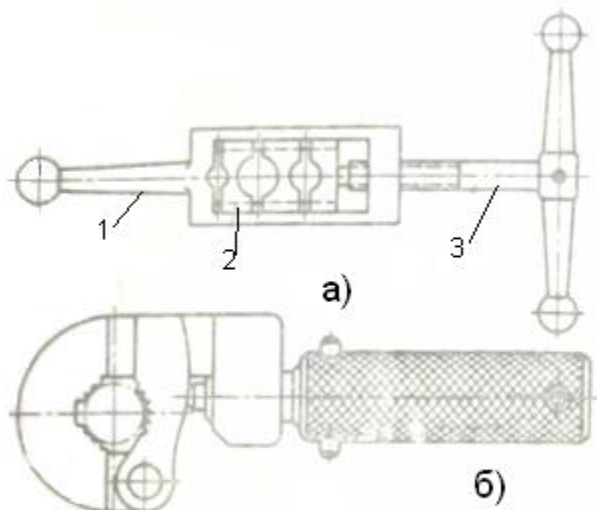


Рисунок 3.5 – Пневматическая головка ГЗП-1 для зачистки электродов



1 – корпус; 2 – винты; 3 – резцы;
4 – ручка
Рисунок 3.6 – Ручной заправник электродов

Для восстановления первоначальной формы электродов осуществляют их заправку. Для этого применяют или напильники с мелкой насечкой, или специальные заправники (рис. 3.6). Для быстрой смены электроды иногда изготавливают с лысками под ключ. Если лысок на электроде нет, рекомендуется применять специальные съёмники (рис. 3.7).



а – для трех диаметров электродов; б – универсальный;
1 – корпус; 2 – плашки; 3 – зажимной винт
Рисунок 3.7 – Съёмники электродов точечных машин

Механизм сжатия (педальный, электромеханический, пневматический, пневмогидравлический и др.) выбирают в зависимости от мощности машины.

Педальный привод механизма сжатия (рис. 3.8, а) применяется в машинах малой мощности. Давление от педали 1 на электроды 4 передается при помощи системы рычагов и буферной пружины 2. Давление регулируют предварительным натягом пружины гайкой 3.

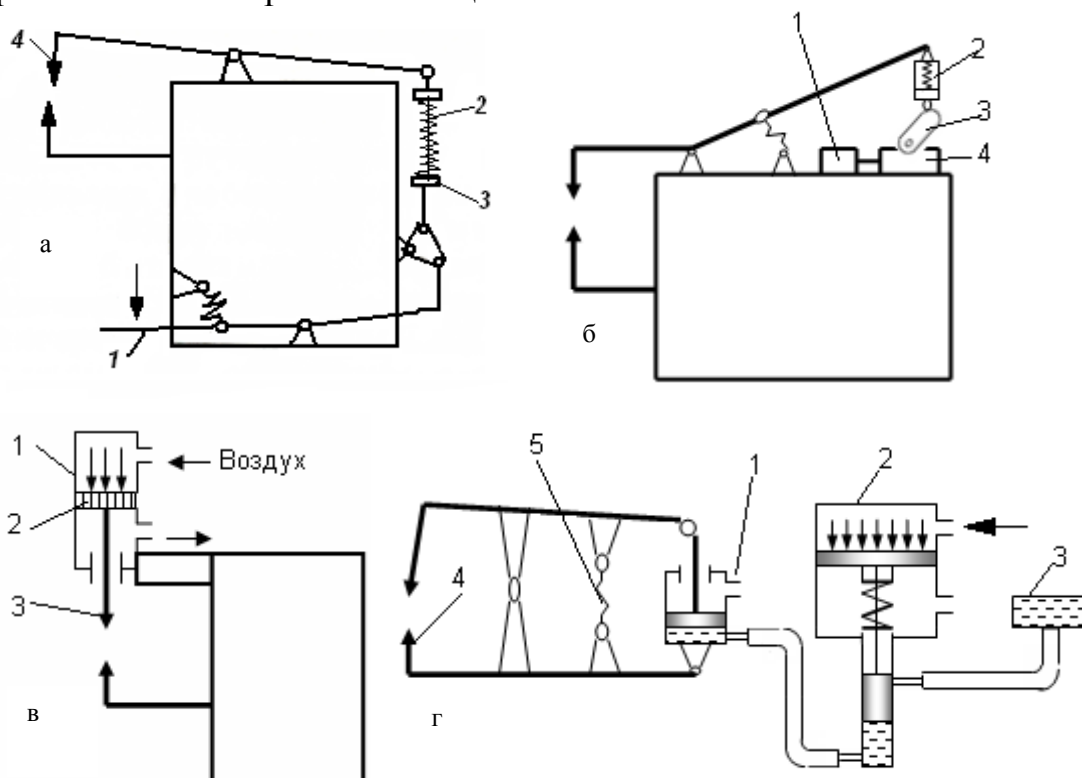
Электромеханический привод механизма сжатия (рис. 3.8, б) применяется в машинах средней мощности обычно для сварки сталей. В этом случае электродвигатель 1 через редуктор 4 приводит во вращение кулачок 3 осадки,

который, нажимая на буферную пружину 2, обеспечивает давление между электродами. Давление регулируется пружиной.

Пневматический привод механизма (рис. 3.8, в) применяется в машинах средней и большой мощности для сварки сталей и цветных металлов. При этом способе сжатый воздух, подаваемый в верхнюю часть цилиндра, давит на поршень 2 и опускает электрод 3. Для поднятия электрода воздух подается в нижнюю часть цилиндра.

Давление на электродах регулируют изменением давления сжатого воздуха при помощи воздушного редуктора.

Пневмогидравлический привод механизма сжатия (рис. 3.8, г) обычно применяется в сварочных клещах.



1 – педаль; 2 – буферная пружина; 3 – гайка; 4 – электроды;
5 – пружина

Рисунок 3.8 – Схемы механизмов сжатия точечных машин

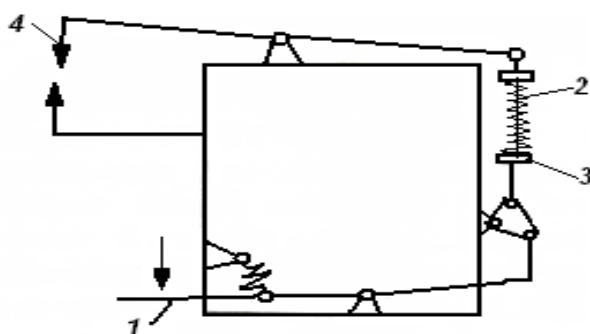
В данном случае давление на электродах 4 создается при помощи пневматического цилиндра 2 и гидравлического цилиндра 1. Для восполнения объема масла, уменьшающегося в процессе его утечки, в системе устанавливают маслосборник 3. Разжимаются электроды после снятия давления возвратной пружиной 5. Включающие и выключающие устройства позволяют включать и выключать сварочный ток. Для этой цели применяются простые механические выключатели, электромагнитные контакторы, тиристорные контакторы и ламповые приборы. Механические выключатели, как правило, применяются в машинах малой мощности. Продолжительность выдержки деталей под током при этом зависит от продолжительности нажатия на педаль или от степени развода лепестков эксцентрика.

Система водяного охлаждения предназначена для охлаждения в процессе сварки всех токоведущих частей точечных машин. Охлаждаются обычно вторичный виток трансформатора, хоботы, электрододержатели и электроды. При этом вода из водопровода направляется по нескольким параллельным ветвям. Особое внимание следует уделять охлаждению электродов. Внутри электрододержателя просверлен канал, в который вставлена латунная или медная водоподводящая трубка, по которой вода поступает непосредственно к электроду. Косой срез на конце трубки предупреждает прекращение циркуляции воды, если трубка упрется в торец канала, просверленного в электроде. Сваривать без водоподводящей трубки нельзя, так как в этом случае в канале электрода создается паровая рубашка, прекращающая доступ охлаждающей воды. Такое же явление наблюдается в случае применения слишком короткой трубки.

В машинах малой мощности иногда используется естественное воздушное охлаждение.

Машины с педальным приводом

Примером такой машины является машина МТ-604. Кинематическая схема такого привода приведена на рис. 3.9. Другие рисунки по машине МТ-604 приведены в общих методических рекомендациях по проведению работ.

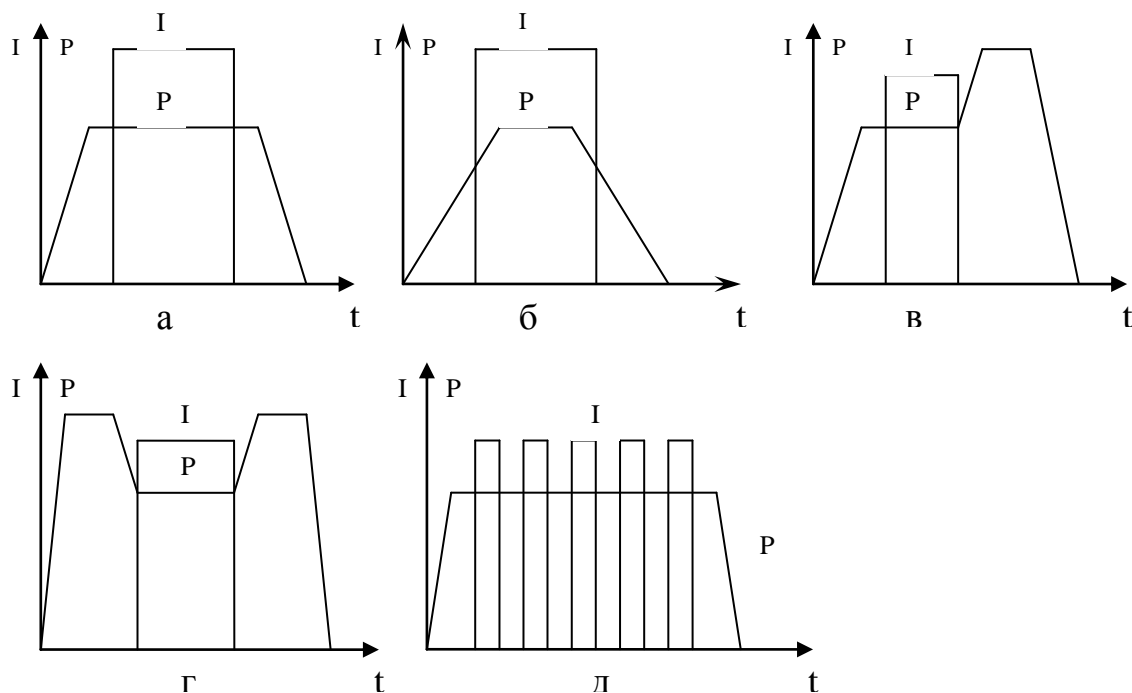


1 – педаль; 2 – буферная пружина; 3 – гайка;
4 - электроды

Рисунок 3.9 – Схема механизма сжатия

Машина МТ-604 работает следующим образом. При нажатии на педаль 1 рычага со штоком поворачивается сектор вокруг оси, в результате чего верхний электрод 4 опускается и сдавливает свариваемые детали. При дальнейшем нажатии на педаль пружина 2 сжимается и давление между электродами увеличивается. Усилие сжатия электродов зависит от степени сжатия пружины и не превышает обычно 2 кН. Предварительное сжатие пружины производится гайкой 3. Команда на включение сварочного тока поступает от конечного выключателя после срабатывания привода и сжатия пружины на заданную величину. Возврат всей системы в исходное состояние осуществляется возвратной пружиной. Недостатком подобных приводов является необходимость затрат сварщиком физических усилий, а также изменение усилия зажатия по мере износа

электродов. Такая система взаимодействия механизма сжатия с механизмом включения обеспечивает цикл сварки с постоянным давлением (рис. 3.10, а).



а – с постоянным давлением; б – с включением и выключением тока при неполном давлении; в – с ковочным давлением; г – с предварительным сжатием и ковочным давлением; д – пульсирующая сварка;
 I – ток; P – усилие на электродах; t – продолжительность сварки

Рисунок 3.10 – Диаграммы циклов точечной сварки

Машины с электромеханическим приводом

Приводы такого типа работают по следующему принципу (рис. 3.11). Электродвигатель 1 через червячный редуктор 2 постоянно вращает вал, на котором насажена одна половина зубчатой муфты сцепления 3. Вторая половина муфты пальцем 4 рычага 15 удерживается в неподвижном положении. При нажатии на педаль 14 рычаг поворачивается и отводит палец назад, в результате чего под действием пружины 6 обе полумуфты сцепляются. При этом начинает вращаться кулачковый вал, на который насажены эксцентриковый кулачок давления 7 и токовые кулачки 13. При повороте этого вала на пол-оборота кулачок давления нажимает на ролик коромысла 8 и через пружину 10 создает давление на электродах. Вслед за сжатием электродов кулачок тока насккивает на ролик 11 и включает токовые контакты механического выключателя 12. За вторые пол-оборота кулачкового вала ток выключается и электроды расходятся.

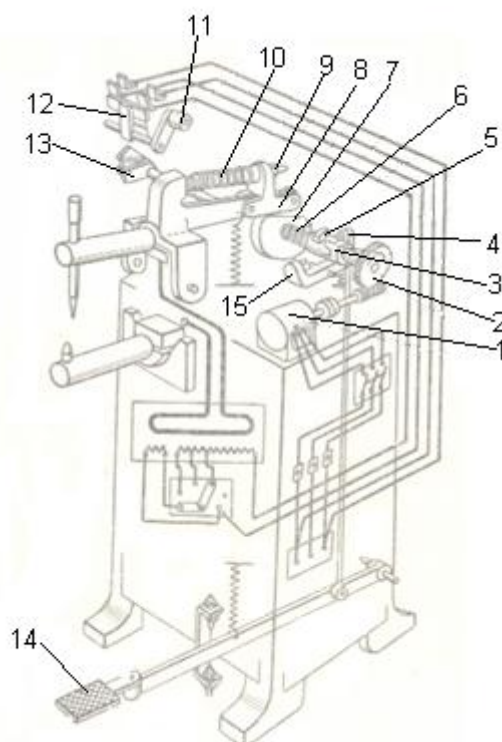


Рисунок 3.11 – Электрокинематическая схема машины с электро-механическим приводом

При необходимости сварить несколько точек педаль следует держать нажатой. Цикл сварки при этом повторяется. Перемещать детали можно между отдельными циклами при разведенных электродах. Такой режим работы называется автоматическим. Для остановки машины необходимо отпустить педаль. При этом насадка 5 наскочит на палец 4 и отведет полумуфту влево.

Вращение кулачкового вала прекратится. Для сварки только одной точки следует нажать на педаль и быстро её отпустить. В этом случае кулачковый вал сделает только один оборот. Усилие сжатия регулируют предварительным натягом пружины гайкой 9, а продолжительность включения тока – предварительным разведением токовых кулачков. Машины с электромоторным механизмом сжатия обеспечивают цикл сварки с постоянным давлением.

Машины с пневматическим приводом

В большинстве современных машин применяется пневматический привод электродов различных схем исполнения (как с радиальным ходом электрода, так и с прямолинейным). На рис. 3.12 представлены различные компоновки машин с пневматическим приводом и радиальным ходом электрода.

При подаче сжатого воздуха в нижнюю камеру пневмоцилиндра 5 поршень 4 вместе со штоком 3 перемещается вверх до встречи электродов 1 и 2 между собой (рис. 3.12, а). Во время рабочего хода поршня верхняя камера пневматического цилиндра сообщается с атмосферой. При подаче воздуха в верхнюю камеру цилиндра и соединении рабочей камеры с атмосферой поршень со штоком опускаются, а верхний электрод поднимается. Пневматический

цилиндр 5 может располагаться в верхней части корпуса машины, над сварочным трансформатором (рис. 3.12, б), тогда усилие сжатия между электродами 1 и 2 достигается при подаче сжатого воздуха в правую камеру пневматического цилиндра и движении влево поршня 4 со штоком 3.

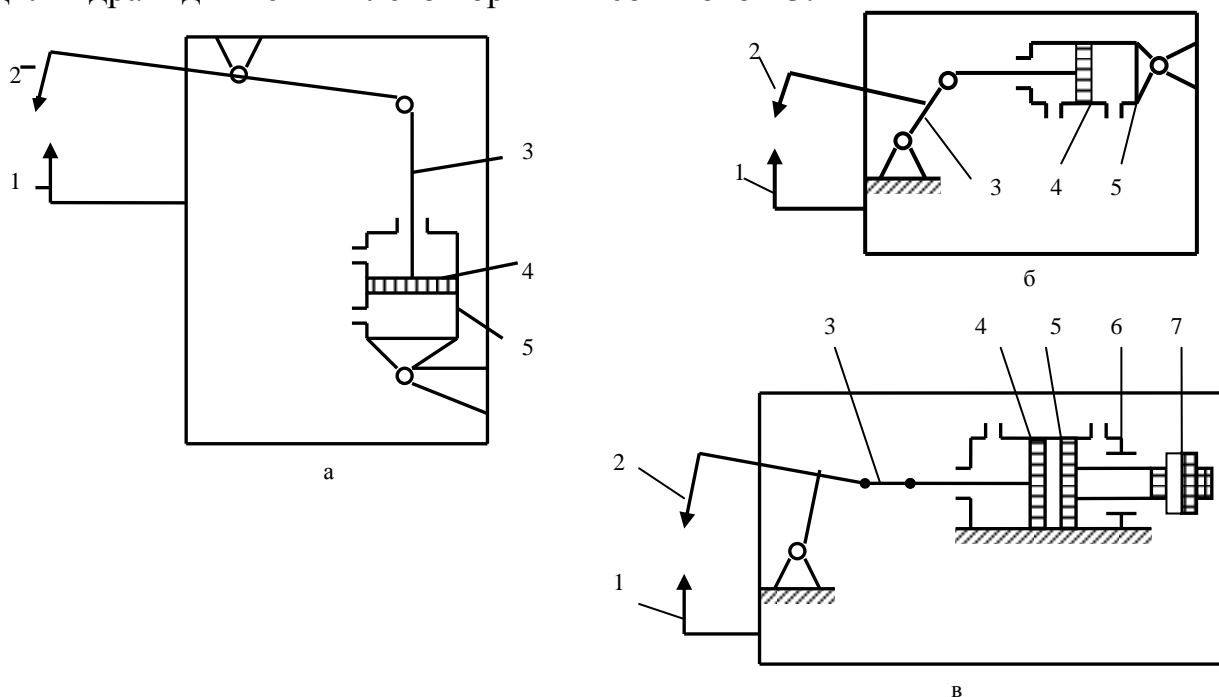


Рисунок 3.12 – Приводы сжатия электродов в радиальных точечных машинах

Для обеспечения дополнительного хода сварочного электрода применяется пневматический цилиндр с двумя поршнями, образующими три камеры (рис 3.12, в). При подаче сжатого воздуха сетевого давления в крайнюю правую камеру поршень 5 перемещается влево и служит ограничителем хода поршня 4. Левая и средняя камеры цилиндра 6 являются рабочими полостями. В них подается редуцированный сжатый воздух, обеспечивающий рабочий ход электрода и усилие сжатия. Если выпустить сжатый воздух из крайней правой камеры в атмосферу, то под воздействием сжатого воздуха в левой камере поршень 4, а затем и поршень 5 переместятся вправо до упора в крышку пневматического цилиндра. При этом поршень 4 через серьгу 3 поднимет электрод 2 на значительно большее расстояние, т. е. сообщит ему дополнительный ход. Величина дополнительного хода электрода определяется положением поршня 5 и регулируется с помощью гаек 7. Сварка осуществляется при включении тока после сжатия электродов. После выключения тока свариваемые детали находятся некоторое время под давлением, что необходимо для завершения кристаллизации расплавленного металла в сварной точке.

Машина с пневматическим приводом и прямолинейным ходом электрода (типа МТП) представлена на рис. 3.13. Она состоит из станины 1, сварочного трансформатора 2, переключателя ступеней 3, контактора тиристорного 4, регулятора контактной сварки 5, токоподводов – верхнего и нижнего, привода

пневматического 6 с пневмоаппаратурой 7. На задней стенке корпуса установлен автоматический выключатель 8. Машина обеспечена педальной кнопкой.

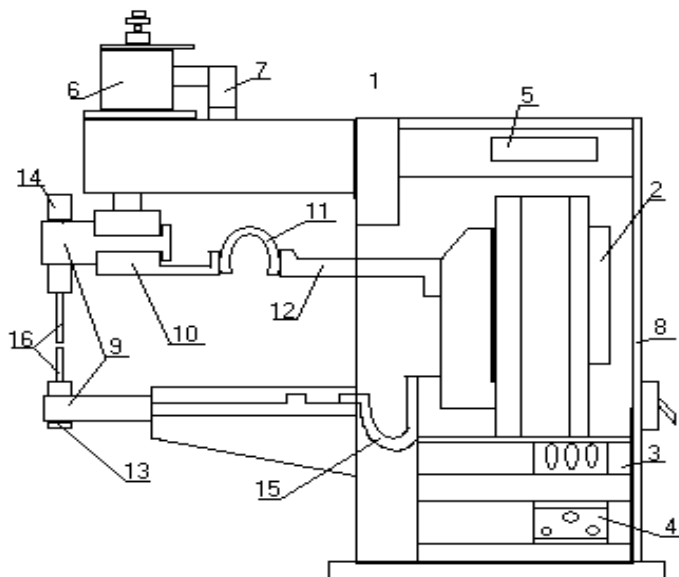


Рисунок 3.13 – Точечная машина с пневматическим приводом и вертикальным ходом электрода

Корпус представляет собой сварную каркасную конструкцию и является основной несущей конструкцией машины. Токоподвод верхний состоит из хобота 9, крышки 10, гибкой шины 11 и контактного угольника 12. Токоподвод верхний электрически изолирован от корпуса машины.

Токоподвод нижний состоит из хобота 9, кронштейна 13, крышки 14 и шины 15. У гнезда хоботов устанавливаются электрододержатели 16 с электродами.

Сварочный трансформатор и токоподводы имеют систему водного охлаждения.

Привод пневматический и пневмоаппаратура

Система питания сжатым воздухом привода пневматического (рис. 3.14.) состоит из клапана электропневматического 2, маслораспределителя 3, регулятора давления с манометром 4, клапанов дросселирующих 5 и крана управления 6. Сжатый воздух из сети поступает через запорный вентиль 7, фильтр 8 и распределитель 9. По одной ветви распределителя сжатый воздух проходит через кран управления в верхнюю камеру пневмоцилиндра 1. Во второй ветви через регулятор давления, маслораспределитель и клапан электропневматический воздух поступает в среднюю или нижнюю камеру цилиндра и обеспечивает работу привода пневматического. Пневмоцилиндр содержит 2 поршня: верхний 10 и нижний 11. Эти поршни образуют в цилиндре 3 камеры. При подаче сжатого воздуха в среднюю камеру нижний поршень вместе с верхней электродной частью делает рабочий ход – движение вниз. При подаче сжатого воздуха в нижнюю камеру нижний поршень возвращается в исходное положение. Поло-

жение верхнего поршня в цилиндре устанавливается регулировочной гайкой 12, навинченной на резьбовой конец штока 13 верхнего поршня 10, который опирается на верхнюю крышку цилиндра. Сжатый воздух под сетевым давлением, которое находится в верхней камере цилиндра, удерживает поршень в этом положении. При выпуске сжатого воздуха из верхней камеры поворотом рукоятки крана управления нижний поршень делает дополнительный подъем. Такое устройство привода обеспечивает бесступенчатое управление величиной рабочего хода, а также возможность сварки изделий с выступами, которые требуют периодического увеличения хода верхнего электрода.

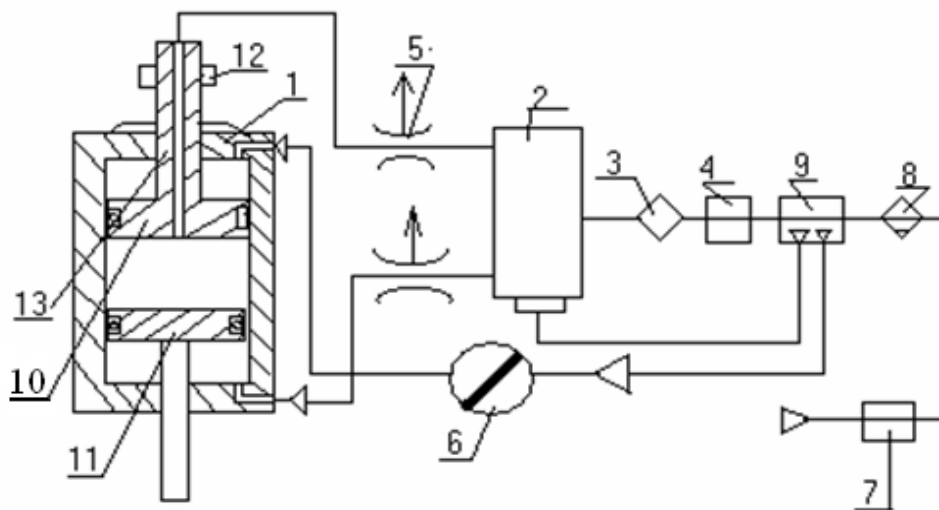


Рисунок 3.14 – Пневматическая схема машины точечной типа

Электромагнитный пневматический клапан типа КПЭМ (рис. 3.15) предназначен для впуска в камеры и выпуска из них сжатого воздуха. Корпус клапана имеет три проходных отверстия для впуска рабочего воздуха и две группы выхлопных отверстий для выпуска отработанного воздуха в атмосферу. В верхней части корпуса установлены электромагнит и шариковый распределительный клапан, которые регулируют подачу воздуха в камеры пневматического цилиндра для перемещения верхнего электрода. Работой электромагнита управляет регулятор цикла контактной сварки РКС – 601 (801), при помощи которого можно настроить цикл сварки (см. рис. 3.10).

Клапаны дросселирующие (рис. 3.16) предназначены для смягчения ударов при сжатии и возвращении электрода в исходное положение.

Безударная работа машины достигается изменением сечения проходного отверстия между каналами А и Б дросселирующего клапана, регулируемого винтом 3 в обратном направлении движения воздуха, и шариком 1 поджатым пружиной 2 в прямом направлении.

Воздушный редуктор (рис. 3.17) служит для регулировки и поддержания давления сжатого воздуха постоянным, независимо от изменения его в воздушной сети.

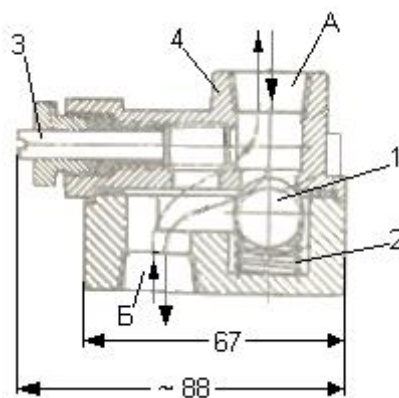


Рисунок 3.16 – Дросселирующий клапан

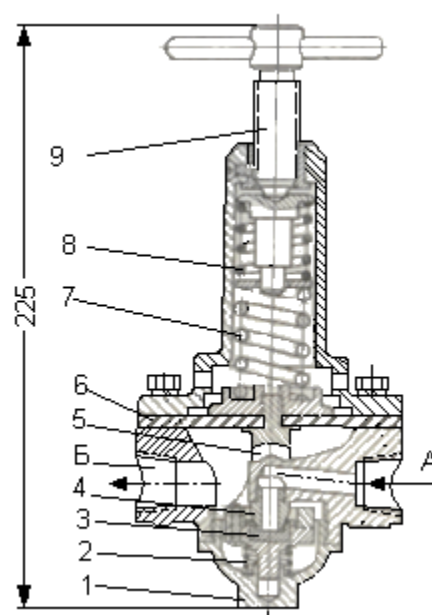
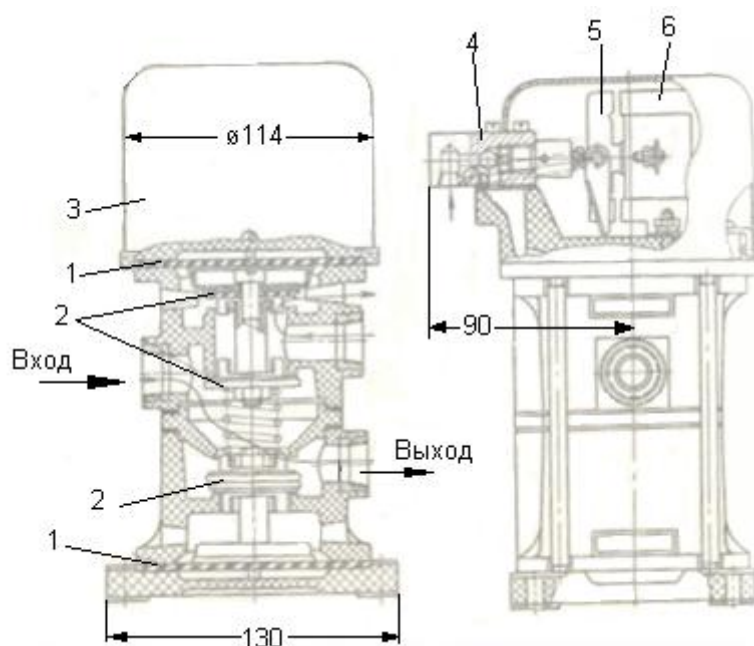


Рисунок 3.17 – Воздушный редуктор



1 – мембраны; 2 – клапаны; 3 – кожух; 4 – шариковый распределительный клапан; 5 – якорь электромагнита; 6 – электромагнит

Рисунок 3.15 – Электромагнитный пневматический клапан

Сжатый воздух поступает в редуктор через канал высокого давления А и после редуцирования (уменьшения давления) направляется через канал низкого давления Б к элементам пневматической системы машины.

Процесс редуцирования происходит следующим образом. Резиновый клапан 3 под действием подпорной пружины 2, опирающейся на крышку 1, плотно прижимается к соплу 4 и прекращает сообщение канала высокого давления А с каналом низкого давления Б. При ввертывании регулировочного вин-

та 9 регулировочные пружины 7 и 8 сжимаются и передают давление через резиновую мембрану 6 на хомутик 5, который приоткрывает клапан 3 и пропускает воздух из канала А в канал Б. В последнем воздух расширяется и давление его падает до установленного рабочего. При изменении давления в пневматических элементах машины будет также изменяться давление, действующее на мембрану, и соответственно этому будет приоткрываться доступ сжатому воздуху из канала А в канал Б. Это обеспечивает поддержание постоянного рабочего давления редуцированного воздуха.

Лубрикатор (рис 3.18) предназначен для смазки манжет пневматического цилиндра и трущихся частей пневматического канала. При работе машины сжатый воздух проходит через канал 1 и по трубке 2 попадает в камеру 3 лубрикатора. Создаваемое в этой камере давление заставляет масло подниматься по трубке 4 в камеру клапана 5 и из нее отдельными каплями стекать в канал 1. Под действием сжатого воздуха отдельные капли масла распыляются и вместе с воздухом поступают в соответствующие элементы машины. Количество подаваемого масла регулируется винтом 6. Наблюдение ведется через прозрачную втулку. 7. Маслораспределитель подает смазку на уплотнительные кольца привода сварочного давления.

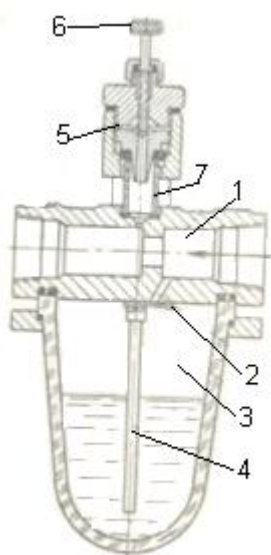


Рисунок 3.18 – Лубрикатор

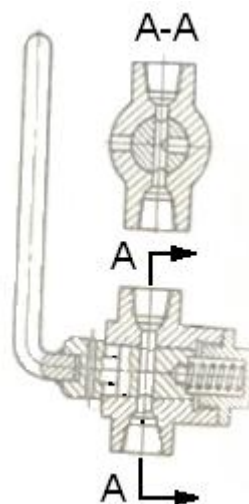


Рисунок 3.19 – Ручной трехходовой кран

Ручной трехходовой кран (рис. 3.19) служит для переключения подачи воздуха в двух направлениях. В одном положении ручки крана воздух подается из сети в пневмоцилиндр, а при повороте её на $\frac{1}{4}$ оборота (обычно при окончании работы на машине) воздух выходит из верхней камеры цилиндра наружу.

Первичный ток сварочного трансформатора включается и выключается с помощью тиристорного контактора. Включение и отключение контактора обеспечивается с помощью регулятора цикла сварки РКС – 601 (801).

Упрощенная принципиальная электрическая схема точечных машин серии МТП приведена на рис. 3.20.

Электрическая схема машины (см. рис. 3.20) содержит сварочный трансформатор Т₁, клапан электропневматический КЭП – 16, контактор тиристорный

КТ–07, регулятор контактной сварки РКС – 601, автоматический выключатель.

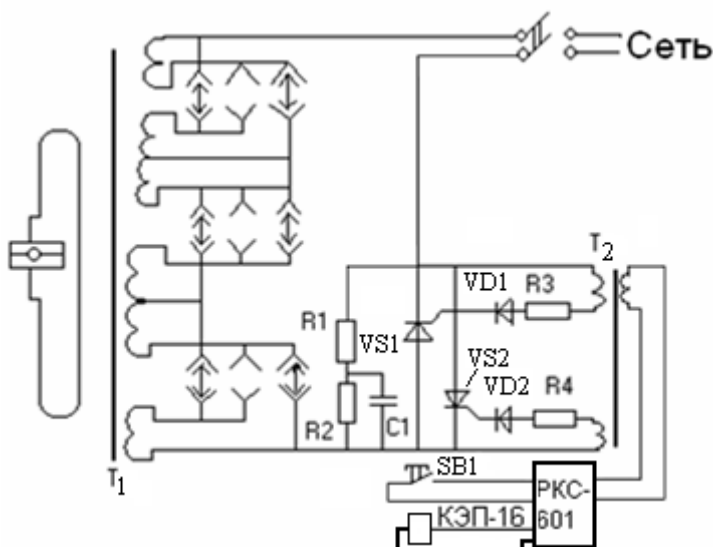


Рисунок 3.20 – Принципиальная электрическая схема точечной машины серии МТП

В цикле сварки предусмотрены следующие регулируемые выдержки времени:

- 1) «сжатие» – промежуток времени, необходимый для зажатия деталей между электродами до включения сварочного тока;
- 2) «сварка» – промежуток времени, в течение которого ток проходит через свариваемые детали;
- 3) «проковка» – промежуток времени, в течение которого поддерживается давление, приложенное к деталям непосредственно после сварки;
- 4) «пауза» – промежуток времени, в течение которого при автоматической работе машины электроды остаются разомкнутыми.

Сварочный цикл начинается после замыкания педальной кнопки SB₁. При этом срабатывает клапан электропневматический и переключает подачу сжатого воздуха из нижней камеры пневмоцилиндра в среднюю, верхний электрод опускается и сжимает детали, размещенные между электродами машины.

Регулятор контактной сварки обеспечивает выдержку интервалов времени “предварительное сжатие” и “сжатие”, установленных с помощью переключателей на лицевой панели регулятора. После этого включается тиристорный контактор и начинается отсчет времени “сварка”. Управление тиристорами VS₁ и VS₂ осуществляется импульсами, которые поступают от регулятора контактной сварки через трансформатор T₂ на управляющие электроды тиристоров. Резисторы R₃ и R₄ ограничивают ток управляющих импульсов. Тиристоры VS₁ и VS₂ включены параллельно, что обеспечивает протекание через сварочный трансформатор T₂ переменного тока. Цепь R₁, R₂, C₁ предназначена для ограничения скорости нарастания напряжения на тиристорах во время коммутации и снижения импульсных перенапряжений.

Величина сварочного тока изменяется ступенчато с помощью ножевого переключателя ступеней. При установке ножей в разные положения изменяется

суммарное число витков первичной обмотки трансформатора, а значит, и вторичное напряжение холостого хода. В границах ступени возможно также плавное регулирование среднего значения тока сварки путем изменения угла открытия тиристорov, который задается регулятором "нагрев" на передней панели РКС 601. Регулятор контактной сварки обеспечивает также плавное нарастание тока в начале сварочного импульса, который задается регулятором "нарастание". Регулятор контактной сварки разрешает осуществлять сварку как одним импульсом, так и несколькими (от 1 до 9), которые чередуются с паузами на охлаждение. Количество импульсов задается переключателем "группа импульсов". По окончании времени сварки трансформатор отключается (прекращается подача управляющих импульсов на тиристоры), а детали удерживаются под давлением без тока на протяжении времени, заданного переключателем "проковка", после чего клапан электропневматический переключает подачу воздуха из средней камеры в нижнюю. Верхний электрод перемещается вверх и детали, которые свариваются, освобождаются. Если выключатель режима работы на передней панели РКС-601 находится в положении "автоматический режим", то при нажатой педали, после отсчета выдержки времени "пауза", циклы сваривания будут повторяться, но без отсчета выдержки времени "предварительное сжатие".

Усилие сжатия электродов определяется из соотношения

$$F = PS,$$

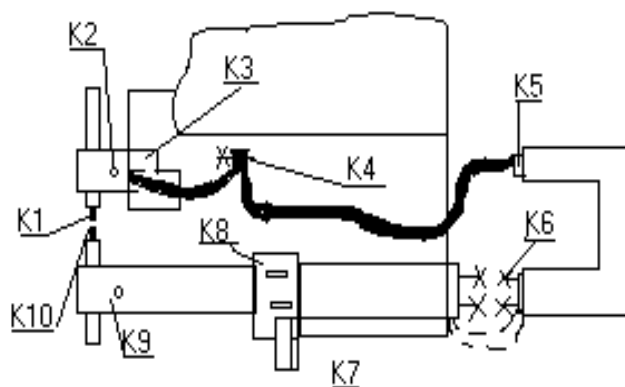
где P – давление воздуха, который устанавливается регулятором давления;
 S – площадь поршня ($S = 120 \text{ см}^2$).

Определение активного сопротивления вторичного контура машины

На потерю электроэнергии в машине, а, следовательно, на работу контактных машин большое влияние оказывает состояние переходных контактов во вторичной цепи. Поверхность разъемных соединений вторичного контура с течением времени окисляется и сопротивление их увеличивается. Так как сопротивление самих токоведущих частей вторичного контура (вторичного витка, хоботов, электрододержателей и т. д.) невелико, то увеличение сопротивления разъемных соединений значительно снижает сварочный ток и полезную мощность машины. Схема вторичного контура приведена на рис. 3.21. Суммарное сопротивление вторичного контура некоторых контактных машин с хорошо зачищенными контактами приведено в табл. 3.1.

При эксплуатации машин следует периодически замерять сопротивления всех переходных контактов и при необходимости зачищать их. Сопротивление вторичного контура можно измерять двумя методами: 1) амперметром и вольтметром; 2) микроомметром.

Схема измерения сопротивления вторичного контура методом амперметра-вольтметра приведена на рис. 3.22, а.



$K_1 - K_{10}$ – контакты

Рисунок 3.21 – Вторичный контур машины

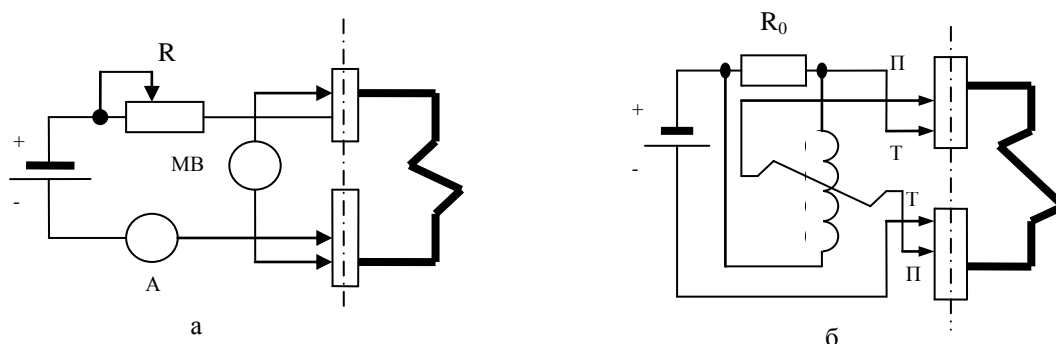


Рисунок 3.22 – Измерение сопротивлений вторичного контура

В этом случае через сварочный контур пропускают постоянный ток I от аккумулятора или сварочного генератора, который замеряют амперметром A . Падение напряжения в контуре U замеряют милливольтметром MB . После замеров, используя закон Ома, определяют сопротивление сварочного контура по формуле

$$R = \frac{U}{I} .$$

Микроомметр М-246 (рис. 3.22, б) позволяет измерять малые сопротивления в пределах 4 мкОм – 1 Ом. Питание его может осуществляться от аккумуляторов или сети переменного тока. Микроомметр имеет четыре контактных наконечника, присоединяемых к зачищенным поверхностям электродов.

В том случае, когда общее сопротивление сварочного контура значительно превышает нормативные данные, замеряют сопротивление каждого контакта и находят место, где оно значительно возросло. Следует помнить, что при измерении сопротивления вторичного контура или отдельных участков электроды машины должны быть разомкнутыми.

3.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машины для точечной сварки с различными приводами механизма сжатия.
- 2 Источник электроэнергии постоянного тока – сварочный преобразователь или аккумулятор емкостью 0,011 А/с (40 А/ч).
- 3 Амперметр с шунтом на 50 А.
- 4 Милливольтметр на 50 мВ.
- 5 Микроомметр (при отсутствии амперметра и милливольтметра).
- 6 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, с инструментом и спецодеждой.
- 7 Описания, чертежи и необходимые справочные материалы.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика точечных машин

Параметр	Единицы	МТ-604	МТ-1201	МТ-4021	МТ-2401
Максимальный вторичный ток короткого замыкания	кА	10	12	40	24
Номинальный длительный вторичный ток	кА	17	24	12,5	5
Номинальный длительный первичный ток	А	2,8	2,9	—	84
Номинальное первичное напряжение	В	220/380	220/380	220/380	220/380
Наибольшая потребляемая мощность при коротком замыкании	кВ·А	28,5	35	420	140
Номинальная мощность	кВ·А	14,8	15	150	82
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	—	4	4	6	4
Пределы регулирования вторичного напряжения	В	1,62 - 2,66	1,48 – 2,96	—	3,15 – 6,29
Рабочий ход электродов	мм	20	20	5...30	30
Вылет электрода:					
наименьший	мм	225	200	150	350
номинальный	мм	250	250	500	500
наибольший	мм	275	650	700	1200
Раствор электродов:					
наименьший	мм	150	130	150	180
номинальный	мм	150	150	220	180
наибольший	мм	250	325	300	450

Продолжение таблицы 3.1

Параметр	Единицы	MT-604	MT-1201	MT-4021	MT-2401
Коэффициент мощности при коротком замыкании при номинальных вылете и растворе	—	0,5	0,5	0,5	0,4
Усилие сжатия электродов:					
наименьшее	кН	0,4	0,5	1	1,3
номинальное	кН	2	2,5	16	6,3
максимальное	кН	2	2,5	19	0,5
Свариваемые толщины деталей из низкоуглеродистой стали:	мм	От 0,2+0,2	От 0,2+0,2	От 0,5 + 0,5	От 0,5 + 0,5
на жестких режимах	мм	до 0,8+0,8	до 0,8+0,8	до 5,0 + 5,0	до 2,5 + 2,5
на мягких режимах	мм	до 2+2	до 3+3	до 8,0 + 8,0	до 6 + 6
Максимальная кратковременная производительность	св/ч	180	320	176	220
Расход охлаждающей воды	л/ч	150	60	550	310
Габаритные размеры (ДхШхВ)					
высота	мм	1237	1200	2450	1255
ширина	мм	452	430	560	450
глубина	мм	833	950	1600	1315
Масса	кг	200	165	1100	410

А Ознакомление с конструкцией точечной машины

По заданию преподавателя должна быть хорошо изучена одна машина с педальным, электромеханическим или пневматическим приводом механизма сжатия. С машинами остальных типов следует только ознакомиться.

- 1 Внимательно прочитать описание точечной машины, найти её основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
- 2 Дать характеристику механизма сжатия и схематически изобразить его устройство (для пневматических машин вычертить пневматическую схему).
- 3 Описать тип трансформатора, вычертить его схему и пояснить работу переключателя ступеней мощности.
- 4 Зарисовать схему прерывателя тока и описать метод его блокировки с механизмом сжатия.

- 5 Замерить вылет электродов, вычертить их форму и определить, из какого материала они изготовлены.
- 6 Вычертить схему водяного охлаждения.
- 7 Составить техническую характеристику машины.

Б Определение активного сопротивления вторичного контура точечной машины

- 1 Вычертить эскиз вторичного контура машины с обозначением номера каждого контакта.
- 2 Составить схему включения электроизмерительных приборов и источника постоянного тока.
- 3 Собрать схему и показать её для проверки преподавателю или лаборанту.
- 4 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 5 Замерить падения напряжений в контуре и во всех контактах контура в отдельности.
- 6 Подсчитать сопротивления отдельных элементов контура и общее сопротивление его.
- 7 Разобрать контакт с наибольшим сопротивлением и зачистить его до металлического блеска, плотно собрать и снова замерить его сопротивление. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу.
- 8 Разобрать схему.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные узлы точечных машин для контактной сварки.
- 2 Опишите работу точечной машины с педальным, электромеханическим или пневматическим приводом механизма сжатия.
- 3 Как осуществляется блокировка механизма включения тока с механизмом сжатия?
- 4 Начертите возможные циклы точечной сварки и поясните их.
- 5 Как устроен и работает тиристорный контактор?
- 6 Каково влияние контактных сопротивлений вторичного контура на работу точечной машины?
- 7 Изложите способы определения сопротивления вторичного контура.

3.3 Отчет о лабораторной работе № 3

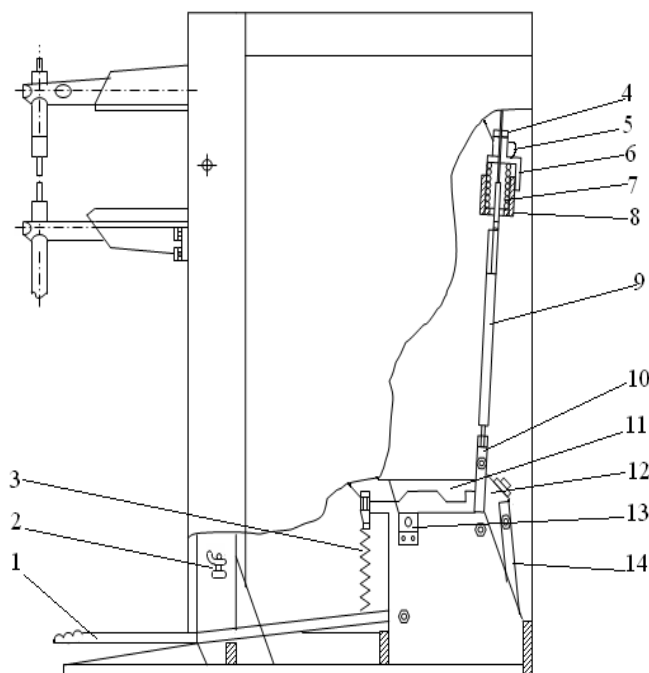
Изучение конструкций контактных точечных машин и определение активного сопротивления вторичного контура

Фамилия студента _____

Группа _____ Дата выполнения работы _____

А Ознакомление с конструкцией точечной машины МТ-604

Конструкция машины представлена на рис. 3.23.



1 – педаль; 2 – упор; 3 – пружина; 4 – втулка; 5 – ось рычага;
6 – шкала; 7 – пружина; 8 – стакан; 9 – тяга; 10 – вилка; 11 – лепесток;
12 – треугольный рычаг; 13 – бесконтактный выключатель.

Рисунок 3.23 – Точечная машина МТ-604

Техническая характеристика машины приведена в табл. 3.1.

(Общая схема точечной машины с обозначением отдельных узлов)

(Схема механизма сжатия)

(Схема сварочного трансформатора с переключателем ступеней мощности)

(Схема замера вылета электродов)

(Схема водяного охлаждения)

(Техническая характеристика машины)

Б Определение активного сопротивления вторичного контура точечной машины

(Эскиз вторичного контура)

(Схема включения электроизмерительных приборов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

№ контакта	Ток, А	Падение напряжения, мкВ	Сопротивление, мкОм	Примечание

Расчеты по определению сопротивлений отдельных контактов и всего вторичного контура _____
Выводы по работе _____
Подпись студента _____
Заключение преподавателя _____

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ НА ПРОЧНОСТЬ ТОЧКИ

4.1 Общие сведения

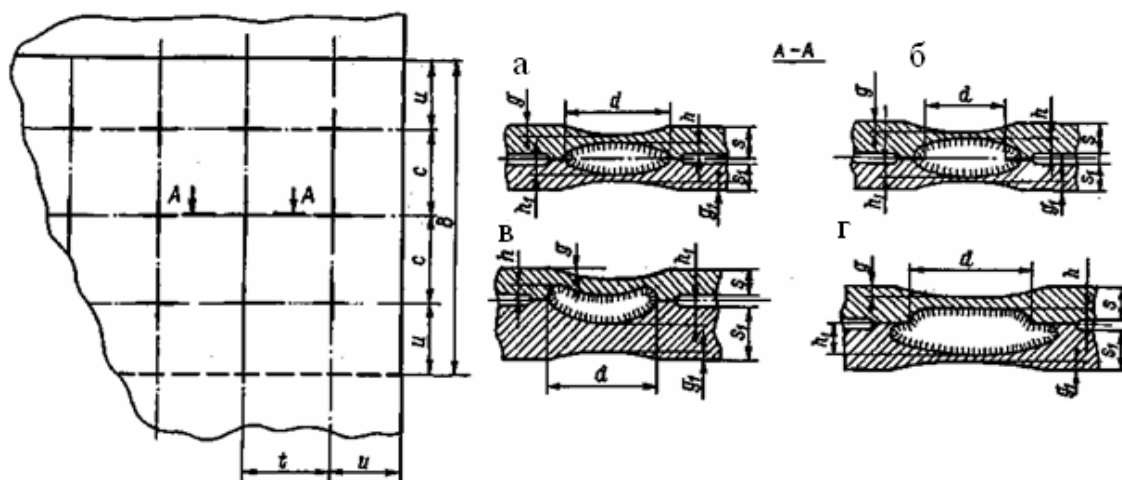
Режим точечной сварки определяется следующими основными параметрами: усилием сжатия, диаметром контактной поверхности электрода, сварочным током и его плотностью, продолжительностью включения тока.

Режимы точечной сварки могут быть мягкие и жесткие. При мягком режиме применяются небольшие токи и давление, но продолжительность включения сварочного тока повышенная. Жесткий режим, наоборот, характеризуется большими током и давлением, но малой продолжительностью включения тока.

В процессе сварки между деталями образуется литое ядро (рис. 4.1), размеры которого в основном определяют прочность сварной точки. При сварке на мягких режимах расположение и форма литого ядра определяются главным образом условиями теплоотвода в электроды и в свариваемые детали. Литое ядро располагается практически на равном расстоянии от наружных поверхностей деталей, в связи с чем при сварке листов неравной толщины оно смещается в более толстый лист. Из-за больших потерь теплоты размеры зоны термического влияния и нагрев деталей при сварке на мягких режимах больше, чем на жестких.

При сварке на жестких режимах расположение и форма литого ядра определяются преимущественно распределением плотности тока в деталях и мало зависят от условий теплоотвода. Литое ядро размещается симметрично относительно плоскости соединения деталей, что особенно важно при сварке деталей разной толщины. Потери теплоты и нагрев деталей, а следовательно, вмятины на их поверхности и износ электродов меньше, чем при сварке на мягких режимах. Однако из-за большей опасности выплесков жесткие режимы требуют повышенных $F_{св}$, что ограничивает их применение при сварке в труднодоступных местах и требует использования фигурных электродов.

Мягкие режимы обычно применяются при сварке на машинах с педальным приводом сжатия, а жесткие – на машинах с электромеханическим и пневматическим приводами. ГОСТ 15878–79 регламентирует две группы точечных соединений: группу А и группу Б (табл. 4.1).



а – неплакированные металлы; б – плакированные металлы;

в – детали неравной толщины; г – разноименные материалы

Рисунок 4.1 – Конструктивные элементы сварных соединений, выполненных точечной сваркой

Соединения группы А имеют литую зону большего диаметра, обладают более высокой прочностью, но требуют большей нахлестки. Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварочной конструкции и особенностей процесса сварки. Прочность отдельной сварной точки определяется маркой сплава, толщиной свариваемых деталей и диаметром литого ядра. Высота литого ядра (величина проплавления) на прочность практически не влияет и может изменяться в широких пределах. Допустимая величина проплавления для магниевых сплавов составляет 20 – 70%, для титановых — 20 – 95% и для остальных металлов и сплавов — 20 – 80% толщины деталей. При меньшем проплавлении трудно обеспечить стабильность размеров и прочности соединений, большее проплавление может привести к перегреву поверхности деталей, снижению их коррозионной стойкости и к повышенному износу электродов. Диаметр наружного отпечатка (вмятины) от электрода не связан однозначно с диаметром ядра и не характеризует прочности соединений. Обычно диаметр наружного отпечатка превышает диаметр ядра точки или равен ему. Глубина отпечатка не должна превышать 20% толщины детали. При сварке деталей разной толщины с отношением толщин $S/S_1 > 2$ в случае применения одного из электродов с увеличенной плоской рабочей поверхностью, а также при сварке в труднодоступных местах допускается увеличение глубины вмятин до 30% толщины детали.

Нахлестка является важным конструктивным элементом точечного соединения, её величина определяется по плоской части сопрягаемых деталей без учета радиусов изгиба. Уменьшение нахлестки или увеличение диаметра литого ядра точки при неизменной нахлестке может вызвать выплеск расплавленного металла в зазор между деталями и раздавливание кромок нахлестки, что снижает прочность и надежность сварных соединений.

Минимальный шаг сварных точек в табл. 4.1 установлен из условия, что при его дальнейшем уменьшении для сохранения размеров литого ядра потре-

буется увеличение тока с целью компенсации его шунтирования в соседние точки. Фактический шаг точек в конструкциях устанавливается исходя из требуемой прочности швов. При сварке деталей неравных толщин диаметр ядра и другие размеры конструктивных элементов соединений следует выбирать по детали меньшей толщины. При соотношении толщин $S/S_1 > 2$ значения B , t , s следует увеличивать в 1,2–1,3 раза. При сварке трех и более деталей диаметр литого ядра точки должен быть выдержан для каждой пары сопрягаемых деталей. Допускается сквозное проплавление средних деталей. Нахлестка при сварке трех и более деталей должна быть увеличена на 20–30%. Желательно, чтобы отношение толщин свариваемых деталей не превышало 3:1.

Поверхности деталей, свариваемых точечной сваркой, должны быть свободны от окалины и ржавчины. Детали из горячекатаных сталей, покрытых толстой оксидной пленкой (окалиной), должны предварительно проходить механическую (пескоструйную, дробеструйную или абразивную) обработку или подвергаться травлению в водных растворах кислот. Поверхности деталей из холоднокатаных сталей должны быть очищены от грязи, краски, жировых пленок. Очистка (обезжиривание) производится ацетоном, бензином с антистатическими добавками или другими растворителями. Удаление исходной оксидной пленки при сварке холоднокатаных сталей не требуется. В массовом производстве очистка поверхности деталей из холоднокатаных сталей в большинстве случаев вообще не производится, так как тонкий слой масла на поверхности деталей на результаты сварки практически не влияет.

Детали из алюминиевых и магниевых сплавов должны проходить химическую или механическую обработку для удаления относительно толстой пленки оксидов, обладающей высоким и нестабильным сопротивлением.

Режимы сварки характеризуются совокупностью параметров, а также формой и размерами рабочих поверхностей электродов. При точечной сварке могут применяться электроды с плоскими (диаметром $d_{эл}$), и сферическими (радиусом $R_{эл}$) рабочими поверхностями. Электроды со сферической рабочей поверхностью имеют большую стойкость и менее чувствительны к перекосам, чем электроды с плоской поверхностью. Выбор размеров рабочей поверхности электродов производится исходя из следующих ориентировочных соотношений:

$$d_{эл} = (0,9...1,2)d; \quad R_{эл} = (15...20)d.$$

Увеличение $d_{эл}$ или $R_{эл}$ электродов вызывает увеличение площади контактов «электрод – деталь» и «деталь – деталь», что приводит при неизменных параметрах режима сварки к снижению размеров и прочности сварных соединений.

Основными параметрами режима точечной сварки являются сварочный ток $I_{св}$, время сварки $t_{св}$ и усилие электродов $F_{св}$. С увеличением $I_{св}$ и $t_{св}$ количество выделившейся при сварке теплоты возрастает, в связи с чем размеры и прочность соединений увеличиваются. С увеличением $F_{св}$ площади контактов «электрод – деталь» и «деталь–деталь» возрастают, что снижает интенсивность

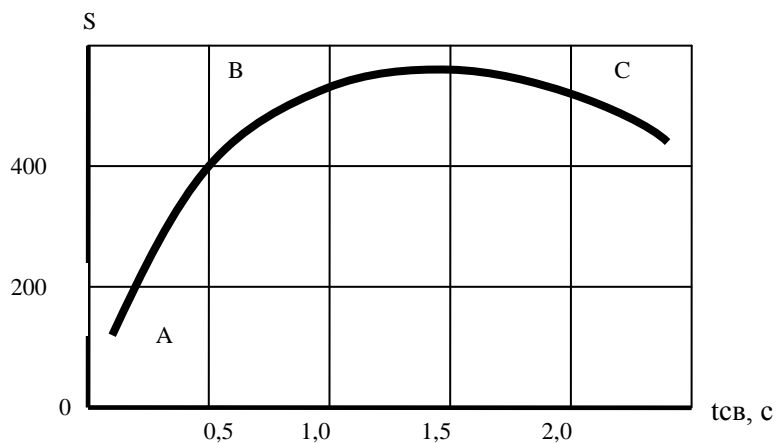
тепловыделения и увеличивает отвод теплоты из зоны сварки. Поэтому при постоянстве остальных параметров режима увеличение $F_{св}$ приводит к уменьшению, а уменьшение $F_{св}$ – к увеличению размеров и прочности сварных соединений. Рост размеров и прочности соединений при увеличении $I_{св}$ и $t_{св}$ и снижении $F_{св}$ ограничивается возникновением выплесков расплавленного металла.

Таблица 4.1 – Параметры точечных соединений при контактной сварке

Толщина деталей, мм	Параметры соединений									
	Группа А					Группа Б				
	d, не менее	В, не менее		t, не менее	с, не менее	d, не менее	В, не менее		t, не менее	с, не менее
		Черные металлы и сплавы	Цветные металлы и сплавы				Черные металлы и сплавы	Цветные металлы и сплавы		
Свыше 0,3	2,5	6	10	8	9	1,5	4	6	7	8,5
« 0,3 – 0,4	2,7	7				1,7	5	7		
Свыше 0,4 – 0,5	3	8	10	10	12	2	6	8	8	10
« 0,5 – 0,6						2,2	7	9		
Свыше 0,6 – 0,7	3,3	9	12	11	13	2,5	8	10	10	12
« 0,7 – 0,8	3,5	10		13	15,5					
Свыше 0,8 – 1	4	11	14	15	18	3	9	12	12	15
« 1 – 1,3	5	13	16	17	20,5	3,5	10	13	14	16
1,3 – 1,6	6	14	18	20	24	4	11	14	16	18
1,6 – 1,8	6,5	15	19	22	26	4,5	12	15	18	19,5
1,8 – 2,2	7	17	20	25	30	5	13	16	20	24
2,2 – 2,7	8	19	22	30	36	6	15	18	23	27
2,7 – 3,2	9	21	26	35	42	7	17	20	26	31
Свыше 3,2 – 3,7	10,5	24	28	40	48	—	—	—	—	—
« 3,7 – 4,2	12	28	32	45	54					
« 4,2 – 4,7	13	31	36	50	60					
4,7 – 5,2	14	34	40	55	66					
5,2 – 5,7	15	38	46	60	72					
5,7 – 6	16	42	50	65	78					

При точечной сварке могут применяться различные циклы усилия электродов и сварочного тока. В простейшем случае сварка производится одним импульсом тока при неизменных $F_{св}$ и $I_{св}$. Для улучшения макроструктуры литой зоны применяется сварка с приложением ковочного усилия F_k . При сварке деталей с повышенной жесткостью для уменьшения сборочных зазоров и ста-

билизации контактов производится также предварительное обжатие зоны сварки повышенным усилием. Для обеспечения плавного нагрева и замедленного остывания металла в зоне сварки целесообразно применять модулированный сварочный ток с длительностью нарастания t_n и спада $t_{сп}$. В некоторых случаях, например при сварке деталей относительно большой толщины, рекомендуется сварка пульсирующим током, при которой импульсы тока длительностью t чередуются с паузами длительностью t_n . При сварке закаливающихся сталей целесообразно применение двухимпульсных циклов, обеспечивающих термообработку сварного соединения вторым импульсом тока силой I_d , включаемым после паузы t_n . Рассмотрим влияние отдельных параметров режима сварки на прочность точки. На рис 4.2 показана зависимость прочности точки от длительности сварочного импульса для малоуглеродистой стали толщиной 1 мм. Все параметры процесса сварки, кроме времени сварки, не изменялись. Аналогичный вид имеет кривая зависимости прочности от величины сварочного тока при постоянном времени сварки.



AB – сварная точка образована без расплавления; BC – сварка с расплавленным ядром

Рисунок 4.2 – Зависимость прочности точки от длительности включения сварочного тока для малоуглеродистой стали толщиной 1 мм

Усилие сжатия оказывает существенное влияние на электрическое сопротивление сварочного контакта и, как следствие, на прочность сварной точки. Удельное давление p Н/м², представляет собой отношение величины усилия сжатия $F_{св}$ к площади контакта «электрод – деталь» F_k :

$$p = \frac{F_{св}}{F_k} .$$

При сварке низкоуглеродистой стали величина удельного давления составляет 40 – 120 МН/м² (4 – 12 кг/мм²), причем большее удельное давление используют при сварке листов большей толщины на более жестких режимах.

Для определения удельного давления измеряют усилие сжатия и площадь контактной поверхности электрода. Усилие сжатия измеряют пружинными и гидравлическими динамометрами. Динамометр типа ДПС-1 (рис. 4.3, а) пред-

ставляет собой пружинную скобу 1 со вставками для электродов 2. Усилие сжатия определяют деформацией пружины и измеряют стрелочным индикатором 3 со шкалой, градуированной в килограммах (ньютонах). Динамометр имеет три диапазона измерений:

- 1 – 15000 Н (100 – 1500 кг);
- 2 – 25000 Н (100 – 2500 кг);
- 3 – 1000 – 50000 Н (100 – 5000 кг).

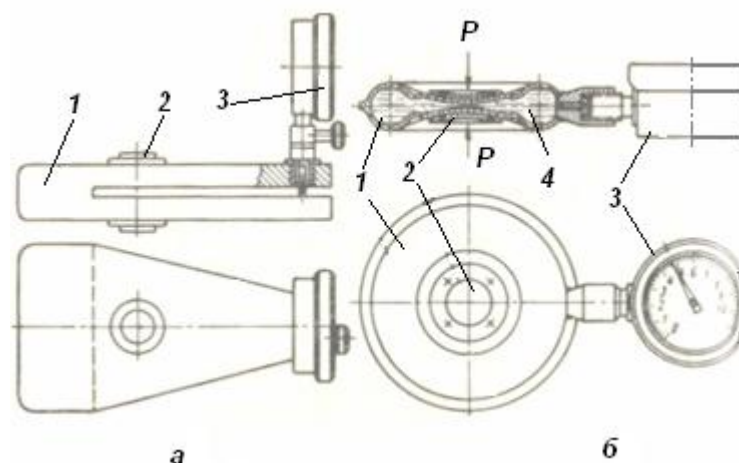


Рисунок 4.3 – Динамометры для определения усилия сжатия между электродами

Гидравлический динамометр (рис. 4.3, б) представляет собой мембрану 1 с опорами 2 для электродов и манометром 3, шкала которого градуирована в килограммах (ньютонах).

Мембрана и манометр заполнены жидким маслом 4. Для удобства работы гидравлические динамометры изготавливаются на различные пределы измерений. К недостаткам гидравлических динамометров следует отнести значительную температурную погрешность, а также еще большую погрешность за счет утечки масла и появления пузырьков воздуха в гидросреде. При отсутствии динамометров можно воспользоваться приспособлением, показанным на рис. 4.4, а. Контрольную пластину 1 и оправку 2 с шариком 3 диаметром 10 мм сдавливают между электродами 4. После этого при помощи лупы Бринелля измеряют диаметр отпечатка и сравнивают его с эталоном (рис. 4.4, б). Эталон должен быть изготовлен заранее из того же металла, что и контрольная пластина.

В пружинных динамометрах – скобах усилие электродов воспринимается упругими плоскими пластинами с равным моментом сопротивления изгибу. Вдоль осевой линии пластин имеется ряд отверстий, куда вставляются подпятники, ориентирующие место приложения усилия электродов контактной машины. Перемещая место приложения усилия ближе к концам пластин, повышают чувствительность измерения.

Параметры пластин и расположение отверстия выбраны так, что прогиб пластин не выходит за пределы упругой деформации. Изгиб пластин контролируется индикатором часового типа, показания которого протарированы за-

ранее для всех точек установки электродов в реальных единицах усилия.

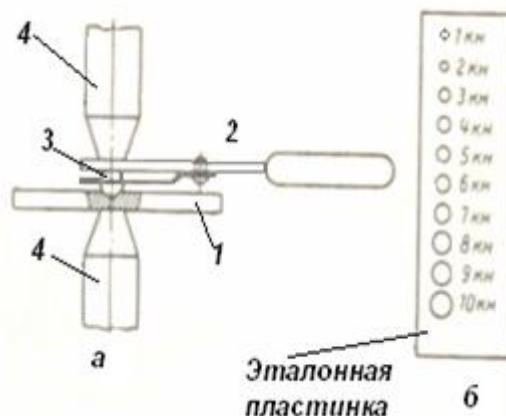


Рисунок 4.4 – Приспособление для определения усилия сжатия между электродами по отпечатку

Указанные пружинные динамометры выпускаются для трех диапазонов измерения: 10 – 100 даН; 100 – 500 даН и 500 – 10000 даН – соответственно типа ДПС-3, ДПС-1 и ДПС-2.

Диаметр контактной поверхности электрода можно измерять универсальными измерительными инструментами (линейкой, штангенциркулем и др.) или специальным шаблоном (рис.4.5).

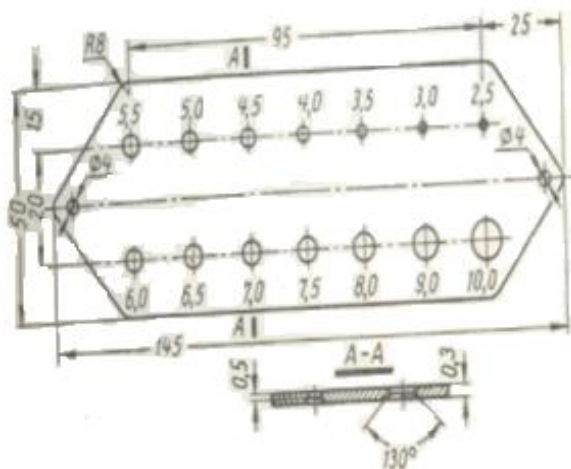


Рисунок 4.5 – Шаблон для измерения диаметра контактной поверхности электродов

Шкала этого шаблона показывает диаметр контактной поверхности электрода. В некоторых приборах кроме диаметра на шкале указана площадь контакта.

В ряде случаев для определения площади контактной поверхности применяют свинцовую пластину, на которой ставят отпечаток, а затем измеряют его диаметр и при необходимости пересчитывают на площадь. Диаметр контактной поверхности зависит в основном от толщины свариваемого металла и составляет 2 – 15 мм. Ориентировочно его можно определить по эмпирической

формуле

$$d_3 \approx 5,5\sqrt{\delta} \text{ ,}$$

где δ – толщина тонкого листа, мм.

При большой разнице в толщине листов со стороны более толстого листа располагают электрод с большим диаметром торца.

В последнее время нашли применение датчики усилия на основе принципа магнитной анизотропии, т. е. изменения магнитных свойств материала при приложении усилия в разных осевых направлениях. Такой датчик стационарно устанавливается в приводе усилия, а его сигналы воспринимаются измерительным устройством. Существенный недостаток такого датчика состоит в наличии гистерезиса при циклических нагрузках.

Наиболее широкое применение в силоизмерительной аппаратуре получил тензометрический метод измерения на основе использования полупроводниковых или металлических тензорезисторов, обеспечивающий высокую линейность и точность измерения. Преобразование измеряемого усилия в электрический сигнал с помощью тензометрических датчиков силы можно условно разбить на несколько этапов. Сначала усилие преобразуется в поле механических напряжений в теле упругого элемента (УЭ). Затем в соответствии с законом Гука эти напряжения преобразуются в деформацию поверхности УЭ и одновременно – в деформацию проводящей части наклеенных тензорезисторов, что приводит к изменению их сопротивления постоянному току и силы тока, который и является выходным электрическим сигналом.

Принципиальная схема измерительного моста на металлических тензорезисторах для регистрации усилий приведена на рис. 4.6.

Датчики 1 и 2 равного сопротивления наклеиваются на деталь, воспринимающую усилие сжатия. Если датчики наклеены на электрододержатель, то последний будет играть роль УЭ сжатия-растяжения; если же датчики наклеиваются на нижнюю консоль, то используется УЭ изгиба. Датчик 1 реагирует на возможную деформацию. Датчик 2 играет роль термокомпенсирующего элемента, так как в процессе сварки УЭ нагревается, а изменение сопротивления тензодатчика за счет нагрева не должно восприниматься как измеряемое. Резисторы 3 и 4 составляют другие плечи моста и находятся вне машины. К одной диагонали моста подключается источник стабильного переменного напряжения обычно звуковой частоты 3Г. С другой его диагонали сигнал через нормирующий усилитель У подается на осциллограф или измерительный прибор со стрелочной или цифровой шкалой, в зависимости от назначения. Перед измерением мост балансируют с помощью резисторов 3 и 4, поэтому во время регистрации выходной сигнал пропорционален только усилию сжатия или изгиба. Кривая выходного напряжения может быть протарирована по стандартным динамометрам типа ДОС, имеющим высокий класс точности.

На основе тензорезисторов строят выносные датчики, внутри которых обычно имеется УЭ изгиба. Такие датчики могут устанавливаться и между электродами, и вне их, так как с измерительным устройством они связаны только электрическим шлангом.

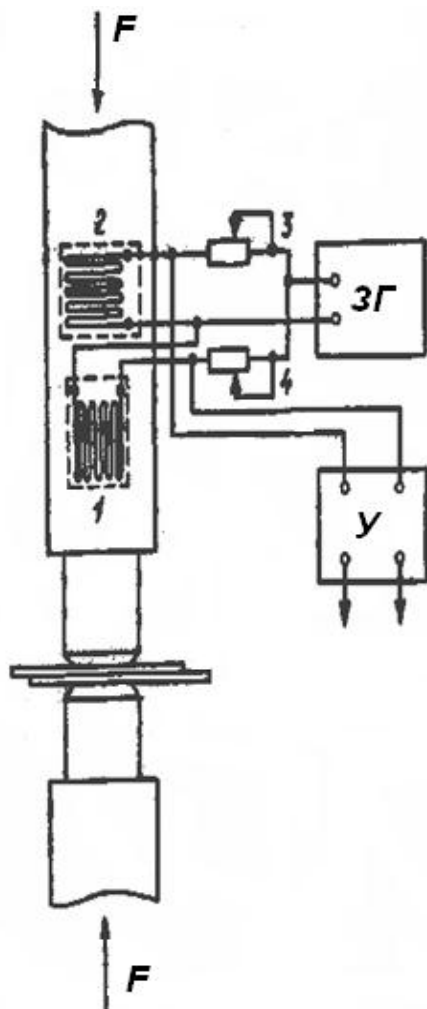


Рисунок 4.6 – Регистрация усилия при контактной сварке с помощью наклеенных тензорезисторов

Сварочный ток и его плотность влияют на количество выделяющейся теплоты и процесс нагрева металла. Наиболее характерным параметром точечной сварки является плотность тока в сварочном контакте. При сварке низкоуглеродистой стали на мягких режимах плотность тока составляет $80 — 160 \text{ МА/м}^2$ ($80 — 160 \text{ А/мм}^2$), а на жестких режимах $160 — 400 \text{ МА/м}^2$ ($160 — 400 \text{ А/мм}^2$). Требуемый ток определяют в зависимости от давления между электродами и толщины свариваемых листов. Величину сварочного тока находят умножением выбранной плотности тока на площадь контактной поверхности электрода. При сварке низкоуглеродистой стали толщиной $1 — 3 \text{ мм}$ ориентировочно ток можно подсчитать по эмпирическому соотношению

$$I_{св} = 1600\delta.$$

Определить величину сварочного тока можно по методу, приведенному в лабораторной работе № 1. В производственных условиях этим методом пользоваться неудобно, так как кроме измерений необходимы еще вычисления.

Широкое применение в качестве датчика сварочного тока получил воздушный трансформатор (пояс Роговского), который представляет собой за-

мкнутую гибкую или жесткую основу, несущую однослойную или многослойную обмотку.

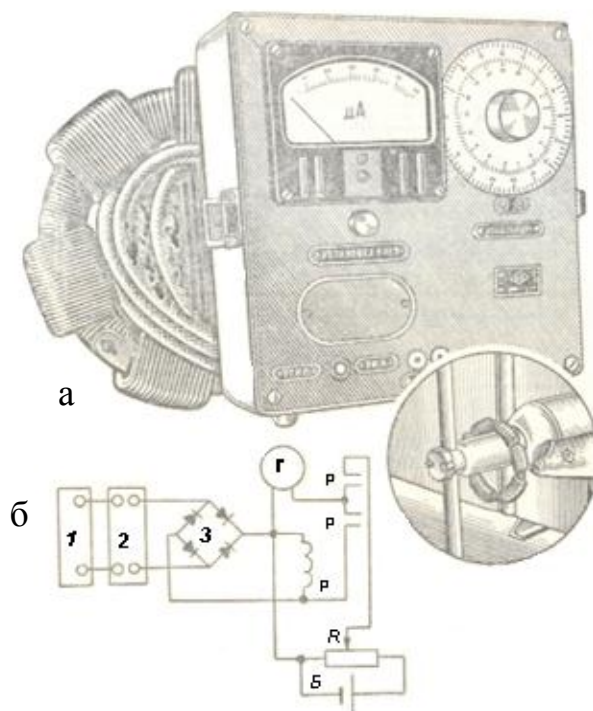


Рисунок 4.7 – Измерительный амперметр АСТ-2

Прибор позволяет измерять амплитудные или действующие значения тока в импульсе; так, для измерения действующего значения тока при точечной сварке с тиристорным контактором широко применяется импульсный амперметр АСТ-2 (рис. 4.7, а). Ток измеряют трансформатором с немагнитным сердечником-тороидом, трансформатор надевают на токоведущие шины вторичного контура сварочной машины. Питается амперметр от сухого элемента и смонтирован в металлическом переносном ящике с отделением для помещения тороида. Прибор позволяет измерять сварочный ток в пределах 4000-35000 А с точностью $\pm 5\%$. Вес прибора 11,5 кг.

Структурная схема амперметра АСТ-2 приведена на рис. 4.7, б. Величина напряжения на датчике 1 повышается устройством 2 и становится равной квадрату вводимой величины.

Продолжительность включения тока – один из основных параметров режима точечной сварки, сильно зависит от толщины металла и существенно влияет на размеры литого ядра сварной точки и ее прочность. Значительное увеличение продолжительности включения тока может вызвать перегрев металла и даже выплеск. Под временем сварки понимается длительность протекания импульса сварочного тока от момента его включения и до окончания. При этом для машин с выпрямлением тока и для низкочастотных машин моментом окончания тока считается момент начала его спада, когда ток поддерживается за счет электромагнитной энергии, накопленной в основной период его протекания. В однофазных машинах длительность импульса включает все число полупериодов сварочного тока, без учета того, что в самих полупериодах за счет фазового регули-

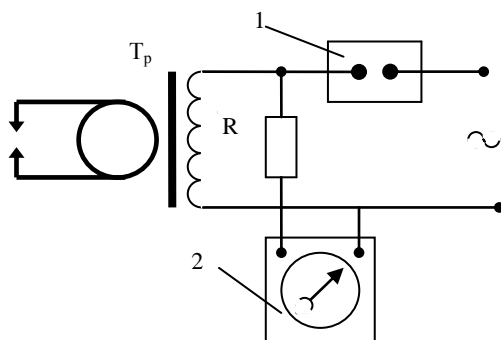
рования фактическая длительность полуволн тока может быть меньше 0,01 с.

Наиболее совершенным измерителем времени является прибор ИВ-01, который выполнен на современной элементной базе и обеспечивает измерение длительности протекания тока в пределах 1 – 99 периодов напряжения питающей сети. Дополнительно измеритель ИВ – 01 позволяет определить интервал времени между моментом включения ковочного давления и окончанием протекания сварочного тока в пределах ± 9 полупериодов напряжения сети. Отличие прибора в том, что он имеет цифровую индикацию измеряемых величин, а также оперативную индикацию соответствия длительности сварочного тока установленному заданию. Дополнительно от прибора ИВ – 01 могут быть получены информация об измеренной величине и сигнал на блокировку сварки в случае несоответствия режима установленному заданию. Датчиком прибора является воздушный тороидальный трансформатор. Сброс показаний выполняется автоматически с началом следующего импульса тока.

При ориентировочных расчетах режима сварки низкоуглеродистых сталей на жестких режимах продолжительность включения тока можно определять по эмпирической зависимости

$$t_{cv} = (0,2...0,4)\delta.$$

Для определения продолжительности включения тока применяют электрические секундомеры, счетчики импульсов, вибрографы, а также катодные осциллографы (рис. 4.8). Электросекундомер 2 включается параллельно первичной обмотке сварочного трансформатора T_p . При работе трансформатора от сети напряжением 380 В электросекундомер включают через дополнительное сопротивление $R=3000$ Ом. Прибор позволяет измерять продолжительность протекания тока от 0,01 до 10 с. Достаточно точные показания электросекундомера начинаются с импульсов продолжительностью более 0,06 – 0,08 с.



1 – прерыватель тока; 2 – электросекундомер ПВ-52

Рисунок 4.8 – Измерение длительности сварочного импульса при помощи электросекундомера

Для измерения длительности импульсов сварочного тока в интервале 0,01 – 1 с можно применять декатронный счетчик импульсов типа СИ-1 (рис. 4.9).

При отсутствии специальных приборов для приближенного определения продолжительности включения тока при сварке на точечных машинах с педальным приводом можно применять обычные секундомеры.

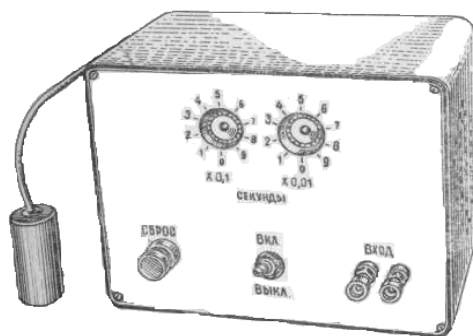


Рисунок 4.9 – Декатронный счетчик импульсов СИ-1

Точечная сварка различных металлов и сплавов производится на режимах, выбор которых определяется теплофизическими свойствами металлов. С уменьшением электро- и теплопроводности снижается необходимый ток $I_{св}$ и соединение образуется при потреблении меньшей электрической мощности. Чем выше температуропроводность металла, тем меньше должно быть $t_{св}$. Высокая прочность при повышенных температурах (жаропрочность) и высокая твердость требуют повышенных $F_{св}$. С повышением коэффициента линейного расширения металла увеличивается его усадка при кристаллизации, что требует во избежание образования усадочных раковин увеличения $F_{св}$ или применения цикла с проковкой. Сварку сплавов, склонных к образованию закалочных структур, следует производить в двухимпульсном режиме, включающем в себя сварочный импульс и импульс термообработки.

В отношении режимов сварки все применяемые в промышленности металлы и сплавы можно разбить на следующие основные группы: низкоуглеродистые стали; низкоуглеродистые стали с цинковыми и другими легкоплавкими покрытиями; низколегированные и углеродистые закаливающиеся стали; коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали; титановые сплавы; жаропрочные сплавы; медные сплавы; пластичные алюминиевые сплавы; высокопрочные алюминиевые сплавы; магниевые сплавы.

Низкоуглеродистые стали имеют относительно высокое электрическое сопротивление, низкую теплопроводность и невысокую прочность. Эти стали можно сваривать в широком диапазоне режимов; сварные соединения характеризуются хорошей пластичностью и малой склонностью к образованию трещин. Ориентировочные режимы сварки низкоуглеродистых сталей приведены в табл. 4.2, 4.3, 4.4.

Для низкоуглеродистых сталей с цинковыми, кадмиевыми и другими легкоплавкими металлическими покрытиями характерно сильное увеличение площади контактов электрод – деталь и деталь – деталь, вызванное выдавливанием расплавленного металла покрытия к периферии контактных площадок. В связи с этим для получения качественных соединений требуется значительное увеличение усилия электродов и сварочного тока. Сварка отличается невысокой стабильностью и сопровождается повышенным загрязнением рабочих поверхностей электродов.

Таблица 4.2 – Режимы сварки низкоуглеродистых сталей

Толщина деталей, мм	Режимы сварки низкоуглеродистых сталей		
	$I_{св}$, кА	t , с	$F_{св}$, кН
0,5	6 – 6,5	0,08 – 0,1	1,2 – 1,8
0,8	6,5 – 7	0,1 – 0,14	2 – 2,5
1	7 – 8	0,12 – 0,16	2,5 – 3
1,2	8 – 9	0,14 – 0,18	3 – 4
1,5	9 – 10	0,16 – 0,22	4 – 5
2	10 – 11,5	0,18 – 0,24	6 – 7
3	11,5 – 14	0,24 – 0,3	9 – 10
3,5	15 – 16,5	0,3 – 0,4	11 – 12
4	17 – 19	0,4 – 0,56	13 – 15

Низколегированные и углеродистые стали склонны к образованию закалочных структур, повышающих хрупкость и снижающих пластичность сварных соединений. Для повышения пластичности и прочности соединений их подвергают термообработке с помощью второго импульса тока. Пауза между импульсами тока сварки и термообработки $t_n = (1,1...1,4)t_{св}$; длительность импульса термообработки $t_o = (2,5...3,0)t_{св}$; ток термообработки $I_o = (0,7...0,85)I_{св}$. В связи с более высоким электросопротивлением и повышенной прочностью этих сплавов $I_{св}$ должен быть ниже, а $F_{св}$ выше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей. Ориентировочные режимы сварки закаливающихся низколегированных сталей приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.3 – Мягкие режимы сварки низкоуглеродистых сталей

Толщина деталей, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Продолжительность включения сварочного тока, с	Усилие сжатия, кН	Сварочный ток, кА
0,5	5	0,8	0,3 – 0,4	3,0 – 4,0
1	5	1	0,8 – 1,2	4,5 – 5,0
1,5	6	1	1,0 – 1,4	5,0 – 6,0
2	7	2	1,6 – 2,0	6,2 – 7,0
2,5	8	2	1,8 – 2,4	7,5 – 9,0
3	10	2	2,0 – 3,0	9,0 – 10
4	12	2	3,0 – 4,0	10,0 – 11,8
5	12	2	4,0 – 5,0	13,0 – 14,0
6	14	2	5,0 – 6,0	15,0 – 16,0

Таблица 4.4 – Жесткие режимы сварки низкоуглеродистых сталей

Толщина деталей, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Продолжительность включения сварочного тока, с	Усилия сжатия, кН	Сварочный ток, кА
0,5	5	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	4,0 – 5,0
1	5	0,2 – 0,35	0,8 – 1,2	6,0 – 7,0
1,5	6	0,25 – 0,35	1,2 – 1,6	7,0 – 8,0
2	7	0,25 – 0,35	1,6 – 2,0	8,0 – 9,0
2,5	8	0,4 – 0,6	2,0 – 2,5	11,0 – 12,0
3	10	0,6 – 1	5,0 – 6,0	12,0 – 16,0
4	12	0,8 – 1,1	6,0 – 8,0	14,0 – 18,0
5	12	0,9 – 1,2	8,0 – 9,0	17,0 – 22,0
6	14	1,1 – 2,5	9,0 – 12,0	20,0 – 25,0

Ориентировочные мягкие и жесткие режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали приведены в табл. 4.2 – 4.5. Правильно установленный режим обеспечивает хорошее качество сварной точки. Возможные дефекты, связанные с нарушением режима сварки, а также причины их возникновения приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.5 – Режимы сварки закаливаемых низколегированных сталей

Толщина деталей, мм	Режимы сварки закаливаемых низколегированных сталей					
	Сварка		$t_{п}$, с	Термообработка		$F_{св}$, кН
	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, с		$I_{д}$, кА	$t_{д}$, с	
0,5	5 – 6	0,32 – 0,4	0,3 – 0,5	4 – 5	0,5 – 0,6	2 – 3
0,8	5,5 – 6,2	0,36 – 0,44	0,4 – 0,6	4,5 – 5,2	0,6 – 0,74	2,5 – 3,5
1	6,2 – 6,7	0,42 – 0,5	0,6 – 0,7	4,8 – 5,5	0,68 – 0,78	4 – 5
1,2	7,2 – 7,7	0,46 – 0,54	0,7 – 0,9	5 – 6	0,72 – 0,86	5 – 6
1,5	8,7 – 9,2	0,56 – 0,64	0,8 – 1,1	6,2 – 7,4	0,86 – 0,96	6 – 8
2	10 – 11	0,74 – 0,84	1 – 1,4	7 – 8	1,1 – 1,3	8 – 10
2,5	11,5 – 12,5	1 – 1,1	1,1 – 1,5	8 – 9	1,3 – 1,9	10 – 12
3	13 – 14	1,2 – 1,4	1,3 – 1,5	8 – 10	1,8 – 2,2	11 – 14

Качество сварной точки оценивается по внешнему виду или контрольным испытанием образцов. Образцы испытывают на срез (рис. 4.10, а), на отрыв (рис. 4.10, б), а также на скручивание (рис. 4.10, в). Вырезают и маркируют об-

разцы согласно схеме (рис. 4.10, г). Такой порядок вырезки дает возможность одновременно определить влияние шунтирования тока на прочность сварной точки. Для технологических испытаний сварных точек в тисках рекомендуется применять зубило с вырезом (рис. 4.10, д). Форма образца после испытания таким зубилом показана на рис. 4.10, е. Результаты всех испытаний оценивают по величине разрушающего усилия или по характеру разрушения.

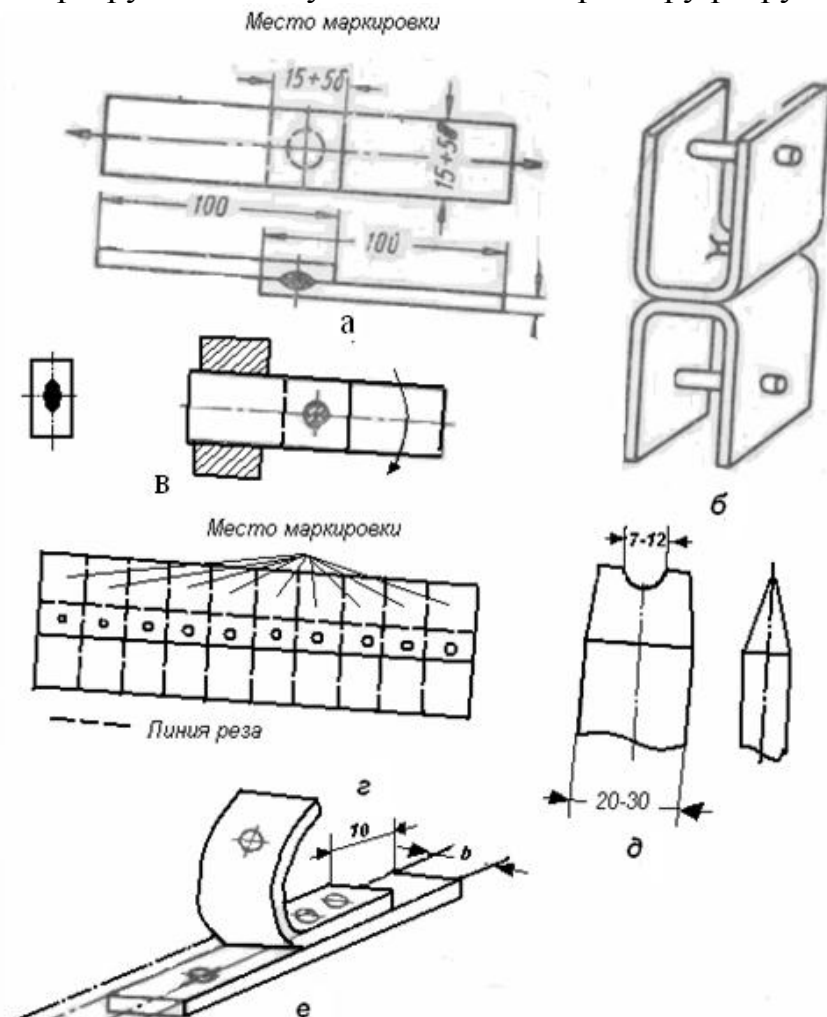


Рисунок 4.10 – Образцы для испытаний точечной сварки

Определение общего сопротивления зоны сварки

Большое влияние на характер нагрева деталей и, как следствие, на качество сварной точки оказывает общее сопротивление зоны сварки R_0 (рис. 4.11), состоящее из контактного сопротивления между деталями R_k , сопротивления самих деталей R_d и сопротивления между электродами и деталями:

$$R_0 = R_k + 2 R_z + 2 R_d.$$

Контактные сопротивления R_k и R_z увеличиваются с уменьшением давления и ухудшением чистоты подготовки поверхности деталей и самих электродов. При повышении давления увеличивается площадь соприкосновения между

контактируемыми поверхностями и уменьшается контактное сопротивление между ними.

Таблица 4.6 – Виды и причины дефектов при точечной сварке

Вид дефекта	Причины возникновения дефекта
Непровар или малый диаметр ядра	<ol style="list-style-type: none"> 1 Низкий сварочный ток. 2 Малая продолжительность включения тока. 3 Завышенное усилие сжатия. 4 Велик диаметр контактной поверхности электрода
Перегрев наружной поверхности или внутренние выплески	<ol style="list-style-type: none"> 1 Недостаточное усилие сжатия. 2 Мала площадь поверхности контакта электродов. 3 Слишком большой ток. 4 Большая продолжительность включения тока
Глубокая вмятина от электродов	<ol style="list-style-type: none"> 1 Слишком высокий сварочный ток. 2 Велико усилие сжатия. 3 Большая продолжительность включения тока. 4 Слишком мал диаметр контактной поверхности электродов
Сквозные прожоги	<ol style="list-style-type: none"> 1 Включение или выключение сварочного тока при низком усилии сжатия. 2 Перегрев металла за счет большого тока и слишком продолжительного времени включения тока
Кольцевые трещины	Повышенная продолжительность включения тока

Контактные сопротивления измеряют микроомметрами, например микроомметром М-246, устройство которого описано в лабораторной работе № 3. При отсутствии микроомметра можно воспользоваться методом амперметра-вольтметра (см. лабораторную работу №1).

При измерении контактного сопротивления детали зажимают между электродами точечной машины или специального пресса с определенным усилием, неизменным в процессе измерения. При этом один электрод должен быть изолирован от вторичного контура машины или корпуса пресса.

Для уменьшения контактного сопротивления поверхность свариваемых деталей очищают, удаляют ржавчину, окалину, грязь, краску и масло, которые являются плохими проводниками электрического тока и увеличивают контактное сопротивление. Существуют разнообразные способы очистки: протирка деталей ветошью, бензином или ацетоном; травление в 10 %-ном растворе серной кислоты с последующей нейтрализацией в щелочи; очистка абразивными кругами с мелким зерном и т. д. В табл. 4.7 приведены примерные значения контактного сопротивления R_k при различном состоянии поверхностей двух деталей из низкоуглеродистой стали толщиной 3 мм при усилии сжатия 2000 Н (200 кг).

Влияние шунтирования тока на размеры и прочность сварной точки

При шунтировании часть сварочного тока проходит через смежные, ранее сваренные точки (рис. 4.12). При этом ток I_2 , проходящий по электроду, разветвляется; сварочный ток $I_{св}$ значительно меньше необходимого. Шунтирование существенно влияет на качество сварной точки. Чем меньше расстояние между точками, тем большая часть тока ответвляется и тем больше тепла бесполезно расходуется на нагрев деталей вне места сварки. Ток в шунте $I_{ш}$ может достигать значительных величин:

$$I_{ш} = (0,3...0,4)I_{св}.$$

Наибольшая часть тока ответвляется через точку, предшествующую свариваемой. Шунтирование тока другими точками ввиду того, что они дальше отстоят от электрода, значительно меньше.

Для выявления влияния шунтирования тока сваривают образцы, которые разрезают на полоски (см. рис. 4.10, г) и испытывают на срез, отрыв или скручивание.

Таблица 4.7 – Влияние состояния поверхности на контактное сопротивление пластин

Вид подготовки поверхности	Контактное сопротивление, мкОм	Вид подготовки поверхности	Контактное сопротивление, мкОм
Шлифование	110	Обработка резцом	1200
Очистка на наждачном круге	160	Ржавление после очистки	80000
Обработка напильником	280	Окалина на поверхности	80000
Травление в кислоте	300	Окалина и ржавчина на поверхности	500000

Общий ток в сварочном контуре I_2 равен геометрической сумме векторов сварочного тока $I_{св}$ и тока в шунте $I_{ш}$, которые не совпадают по фазе:

$$I_2 = I_{св} + I_{ш}.$$

По закону Ома для разобранной цепи, эквивалентная схема которой показана на рис. 4.13, а имеем:

$$I_{ш} = I_{св} R_{св} / Z_{ш} ,$$

где $R_{св}$ – активное сопротивление свариваемых деталей;
 $Z_{ш}$ – полное сопротивление.

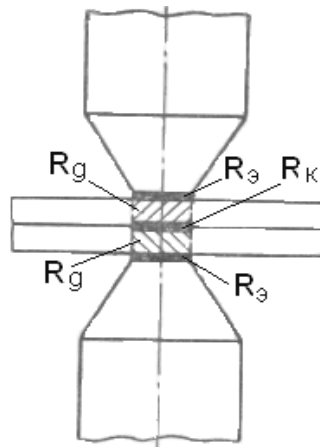


Рисунок 4.11 – Сопротивление зоны сварки

$$Z_{ш} = \sqrt{(mR_{ш})^2 + X_{I_{ш}}^2} ,$$

где $R_{ш}$ и $X_{I_{ш}}$ – омическое и индуктивное сопротивления;
 m – коэффициент поверхностного эффекта.

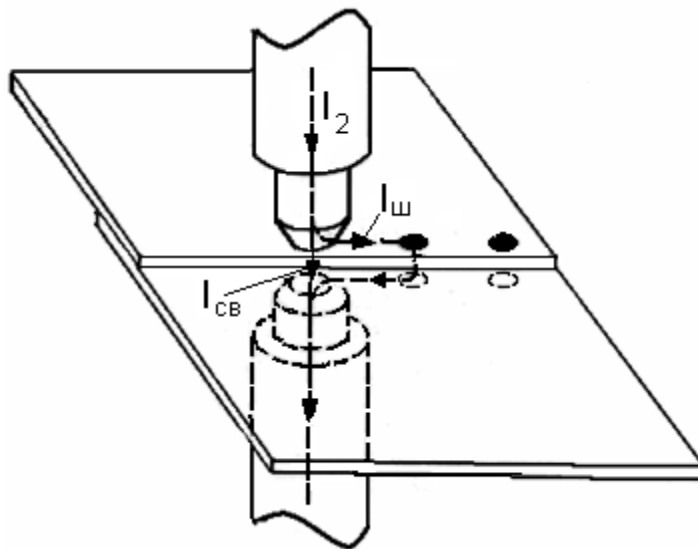


Рисунок 4.12 – Шунтирование при точечной сварке

Коэффициент быстро возрастает с увеличением толщины магнитной стали (рис.4.13, б). При сварке стали толщиной менее $2 \cdot 10^{-3} м$, а также немагнитных материалов $m = 1$.

Индуктивное сопротивление $X_{I_{ш}}$ при большой плотности тока, характерной для точечной сварки, значительно меньше активного $R_{ш}$ и можно считать, что $X_{I_{ш}} \approx 0$ и $Z_{ш} \approx mR_{ш}$. $R_{ш}$ уменьшается с уменьшением шага точек и с увеличением ширины и толщины деталей. Шунтирование существенно влияет на ре-

зультаты сварки любых материалов и часто вызывает её неудовлетворительное качество.

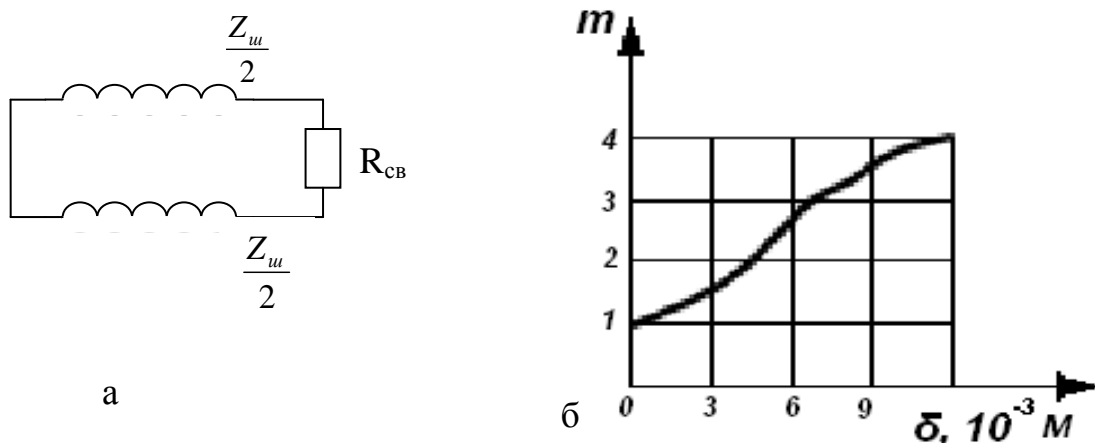


Рисунок 4.13 – Влияние некоторых параметров режима на качество сварных соединений при точечной сварке

Снижение прочности точек из-за шунтирования особенно значительно при их близком соседстве с несколькими точками.

Например, при сварке накрест прутков в последовательности «по спирали» (рис. 4.14, а) прочность 30-й точки, окруженной 4 сварными точками, составляет 30 % прочности первой точки. При сварке той же сетки рядами (рис 4.14, б) прочность любой точки не ниже 90 % прочности первой. Степень шунтирования зависит также от состояния поверхности свариваемых деталей. При сварке неочищенных деталей степень шунтирования значительно ниже, чем для очищенных.

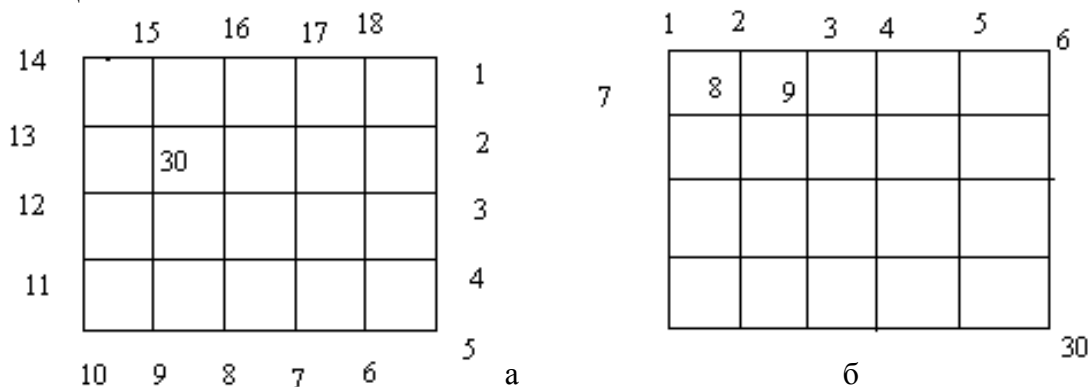


Рисунок 4.14 – Способы сварки проволоочной сетки с различной степенью шунтирования точек

Шунтирование особенно велико при сварке линейных швов с малым удельным сопротивлением, высоким сопротивлением пленок, поэтому минимальный шаг точек для этих сплавов больше, чем при сварке сталей той же толщины.

Поверхности деталей, свариваемых точечной сваркой, должны быть свободны от окалины и ржавчины. Детали из горячекатаных сталей, покрытых толстой оксидной пленкой (окалиной), должны предварительно проходить ме-

ханическую (пескоструйную, дробеструйную или абразивную) обработку или подвергаться травлению в водных растворах кислот. Поверхности деталей из холоднокатаных сталей должны быть очищены от грязи, краски, жировых пленок. Очистка (обезжиривание) производится ацетоном, бензином с антистатическими добавками или другими растворителями. Удаление исходной оксидной пленки при сварке холоднокатаных сталей не требуется. В массовом производстве очистка поверхности деталей из холоднокатаных сталей в большинстве случаев вообще не производится, так как тонкий слой масла на поверхности деталей на результаты сварки практически не влияет.

Детали из алюминиевых и магниевых сплавов должны проходить химическую или механическую обработку для удаления относительно толстой пленки оксидов, обладающей высоким и нестабильным сопротивлением. Химическая обработка состоит из обезжиривания, промывки и последующего травления в водном растворе ортофосфорной кислоты с добавками калиевого или натриевого хромпика, тормозящего процесс нарастания новой оксидной пленки. Детали, обработанные в таком растворе, пригодны для сварки в течение 3 – 5 суток. Механическую обработку можно производить путем зачистки проволоочной щеткой или абразивным полотном. В связи с тем, что механическая обработка активизирует повторное окисление поверхности деталей, их сварка должна производиться не позже чем через 2 – 3 ч после обработки.

4.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машина для точечной сварки.
- 2 Прибор для измерения усилия сжатия (динамометр или приспособление с шариком и лупой Бринелля).
- 3 Прибор для измерения сварочного тока (импульсный амперметр АСТ-2 или другой аналогичный).
- 4 Электросекундомер или счетчик импульсов.
- 5 Ножницы для резки металла.
- 6 Разрывная машина.
- 7 Тиски.
- 8 Миллиметровая линейка.
- 9 Штангенциркуль.
- 10 Молоток.
- 11 Зубило.
- 12 Комплект сменных электродов.
- 13 Шаблон для измерения диаметра контактной поверхности электродов.
- 14 Приспособление для зачистки и заправки электродов.
- 15 Съёмник электродов.
- 16 Набор пластин из низкоуглеродистой стали.
- 17 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, с инструментом и спецодеждой.

А Выявление влияния отдельных параметров режима точечной сварки на прочность точки

- 1 Вычертить схему опыта и включить необходимые приборы для измерения сварочного тока и продолжительности его включения. Схему предъявить для проверки.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений, вычислений и наблюдений (см. форму отчета).
- 3 Для данной толщины металла подобрать по таблице режим сварки и установить его на машине.
- 4 Определить диаметр контактной поверхности электродов.
- 5 Произвести сварку трех пар пластин.
- 6 Определить качество сварных точек по внешнему виду и после испытания их на срез, отрыв и скручивание.
- 7 Повторить сварку на других пластинах, уменьшая или увеличивая один из параметров режима: а) усилие сжатия; б) сварочный ток; в) продолжительность включения сварочного тока.
- 8 Оценить качество сварных точек по внешнему виду, разрушить их и выявить влияние каждого параметра режима сварки на прочность точки.

Б Определение влияния усилия сжатия и чистоты поверхности деталей на общее сопротивление зоны сварки

- 1 Вычертить схему опыта и включить необходимые приборы для измерения общего сопротивления зоны сварки.
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 3 Изолировать один электрод при помощи фибровой прокладки от корпуса машины или пресса.
- 4 Зажать между электродами под небольшим давлением две зачищенные пластины из низкоуглеродистой стали и замерить общее сопротивление зоны сварки.
- 5 Постепенно увеличивая давление до максимального, повторять замеры сопротивлений.
- 6 Зачистить пластины и контактные поверхности до металлического блеска и замерить сопротивления при тех же давлениях. Опыты повторить три раза и вычислить средние значения.
- 7 По табличным данным построить график зависимости общего сопротивления зоны сварки от усилия сжатия.
- 8 Усилием примерно 2000–5000 Н (200 - 500 кг) сжать между электродами две пластины из низкоуглеродистой стали с различным состоянием их поверхности и замерить общее сопротивление зоны сварки. Опыт повторить три раза и вычислить среднее значение.

В Выявление влияния шунтирования тока на размеры и прочность сварной точки

- 1 Для данной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки и установить его на машине.
- 2 Заготовить таблицу для записей измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 3 Зачистить поверхность двух пластин и разметить их для сварки тремя-пятью точками с шагом 6 – 10 мм.
- 4 Сварить точки и маркировать их.
- 5 Испытать точки на отрыв и замерить диаметры ядер.
- 6 Опыт повторить три раза и вычислить средние значения.

Контрольные вопросы

- 1 Что входит в основные параметры режима точечной сварки?
- 2 Дайте характеристику мягкому и жесткому режиму точечной сварки.
- 3 Как влияют усилия сжатия, сварочный ток и продолжительность включения тока на прочность и качество сварной точки?
- 4 Опишите устройство приборов для определения усилия сжатия.
- 5 Что входит в общее сопротивление зоны сварки и как его определяют?
- 6 Как влияет шунтирование тока на размеры и прочность сваренной точки?

4.3 Отчет о лабораторной работе № 4

Определение влияния параметров режима точечной сварки на прочность точки

Фамилия студента _____
Группа _____ Дата выполнения работы _____

А Выявление влияния отдельных параметров режима точечной сварки на прочность точки

(Схема включения приборов)
(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Вывод о работе _____

Таблица для записей данных измерений, вычислений и наблюдений

Толщина металла, мм	Характеристика режима	Степень мощности	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А	Плотность тока, А/мм ²	Усилие сжатия Р, Н (кг)	Удельное давление, Н/мм ² (кг/мм ²)	Продолжительность включения тока, с	Результаты испытаний
	Нормальный								
	С уменьшением одного из параметров								
	С увеличением одного из параметров								

Б Определение влияния усилия сжатия и чистоты поверхности деталей на общее сопротивление зоны сварки

(Схема опыта с включением приборов)

Таблица для записей результатов измерений и вычислений при различных усилиях сжатия

Металл	Толщина металла, мм	Состояние поверхности	Усилие сжатия Р, Н (кг)	Общее сопротивление зоны сварки R_0 , мкОм				Примечание
				1-й замер	2-й замер	3-й замер	4-й замер	
		Грязная поверхность						
		Чистая поверхность						

(График зависимости общего сопротивления от усилия сжатия)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Металл	Толщина металла, мм	Вид подготовки поверхности	Общее сопротивление зоны сварки R_0 , мкОм				Примечание
			1-й замер	2-й замер	3-й замер	Среднее значение	
		Шлифование Очистка на наждачном круге Обработка напильником Травление в кислоте Обработка резцом Ржавление после очистки Окалина на поверхности Окалина и ржавчина на поверхности					
Примечание. При измерении сопротивлений амперметром и вольтметром в таблицу необходимо внести дополнительно графы: «Ток» и «Падение напряжения» (см. форму отчета по части Б лабораторной работы №3).							

Выводы по работе _____

В Выявление влияния шунтирования тока на размеры и прочность сварной точки

(Эскиз размеченной под сварку пластины)

Таблица для записи измерений и наблюдений

Толщина металла, мм	Номер сварной точки	Режим сварки				Диаметр ядра после отрыва, мм				Примечание
		Сварочный ток, А	Усилие сжатия, Н (кг)	Продолжительность включения тока, с	Шаг точек, мм	1-й замер	2-й замер	3-й замер	Среднее значение	
	1									
	...									

	5									
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

5.1 Общие сведения

Нержавеющие хромоникелевые стали относятся к аустенитному классу. Эти стали при охлаждении на воздухе сохраняют структуру аустенита. Наиболее распространенными сталями этого класса являются нержавеющие стали X18H9, X18H9T, X18H9Б и др. Химический состав стали X18H9, выпускаемой по ГОСТу 5632–61: 17 – 19% Cr; 8 – 10% Ni; 0,1 % C; 0,8% Si; 2% Mn. В сталях X18H9T и X18H9Б буквы Т и Б указывают на наличие в них небольшого количества (0,2–0,8%) титана или ниобия.

Значительное количество хрома придает хромоникелевым сталям высокую прочность и стойкость против коррозии. При повышенном содержании углерода в сталях (более 0,2%) возможно образование карбидов хрома. Эти карбиды располагаются по границам зерен, в результате чего понижается коррозионная стойкость металла. С целью уменьшения опасности выпадений карбидов хрома в хромоникелевых сталях должно быть не более 0,07% C. Кроме этого, для уменьшения возможности межкристаллитной коррозии в хромоникелевые стали вводят титан и ниобий. Эти элементы обладают большей карбидообразующей способностью, чем хром, и образуют карбиды титана или ниобия, предупреждая тем самым образование карбидов хрома. В сталях с добавками титана или ниобия содержание углерода может быть повышено до 0,12%.

Особенности точечной сварки хромоникелевых сталей (табл. 5.1):

- 1 Ввиду высокой прочности сталей при повышенных температурах их следует сваривать при больших (на 20 – 50%) удельных давлениях, чем обычные низкоуглеродистые стали.
- 2 Для уменьшения зоны разогрева сварной точки и уменьшения вероятности выпадения карбидов хрома сварку следует вести на жестких режимах, т. е. с минимальной продолжительностью нагрева.
- 3 Так как нержавеющие стали обладают довольно высоким электрическим сопротивлением и малой теплопроводностью, сварочный ток должен быть

на 10 – 15% меньше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей.

Таблица 5.1 – Ориентировочные режимы точечной сварки аустенитной стали X18H9

Толщина металла, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Усилия сжатия, кН	Продолжительность включения тока, с	Сварочный ток, кА
0,2	2,5	0,45 – 0,9	0,02 – 0,06	2,0 – 3,0
0,35	3	0,8 – 1,2	0,04 – 0,06	2,5 – 3,5
0,5	4	0,9 – 1,8	0,04 – 0,08	3,0 – 4,0
0,8	5	1,5 – 3,0	0,08 – 0,12	4,0 – 5,0
1,0	5	2,0 – 4,0	0,10 – 0,16	4,5 – 6,0
1,2	6	2,5 – 5,0	0,12 – 0,20	5,0 – 7,0
1,5	7	3,5 – 6,0	0,16 – 0,24	5,5 – 8,0
2,0	8	4,5 – 7,0	0,20 – 0,28	6,0 – 10,0
2,5	8	6,0 – 8,0	0,20 – 0,30	8,0 – 11,0
Примечание. Меньшей продолжительности включения тока соответствуют большие усилия на электродах и ток.				

Из алюминиевых сплавов широкое применение находят как термически не упрочняемые сплавы (АМц, АМг и др.), так и термически упрочняемые (Д16, Д20, В95 и др.). Химический состав алюминиево-марганцевого сплава АМц следующий: 1 – 1,6% Мп; до 1% Fe; Al – остальное. Термически упрочняемый сплав дуралюмин Д16 содержит 3,6 – 4,7% Cu; 1,25 – 1,75% Mg и 0,3 – 0,9 % Мп. Дуралюмин легко корродирует, а поэтому обычно его покрывают тонким слоем чистого алюминия (плакируют). Тугоплавкая пленка окиси алюминия с температурой плавления около 2050° С на поверхности деталей препятствует получению хорошего соединения. Кроме того, электрическое сопротивление окисной пленки велико и колеблется в очень широких пределах, что приводит к нестабильности результатов сварки. Удалять окисную пленку перед сваркой можно механическим или химическим способами.

При механическом способе детали перед сваркой в местах расположения точек зачищают стальной щеткой или наждачной бумагой № 00 или 0. Недостаток этого способа – в большой трудоемкости и быстром окислении очищенной поверхности. Поэтому время между очисткой деталей и их сваркой не должно превышать 2 – 3 ч.

При химическом способе детали после обезжиривания травят в смеси серной и хромовой кислот. Качество травления контролируют измерением контактного сопротивления. Химическую очистку применяют главным образом в массовом производстве. Большое влияние на качество сварных точек оказывает конструкция электродов. Хорошие результаты получаются при использовании

верхнего электрода со сферической контактной поверхностью, имеющей радиус 40 – 100 мм. Нижний электрод может быть плоским или со сферической поверхностью с радиусом 250 мм. Рабочую поверхность электродов очищают мелкой наждачной бумагой через каждые 50 – 100 точек. Учитывая высокую электро- и теплопроводность алюминиевых сплавов, а также низкую их температуру плавления, сварку проводят с минимальной зоной нагрева на жестких режимах, т. е. на очень высоком токе. Усилие на электродах должно быть большим, так как в противном случае возможно образование горячих трещин в ядре точки (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Режимы точечной сварки алюминиевых сплавов

Толщина металла, мм	Радиус сферической поверхности верхнего электрода, мм	$t_{св}$, с	$F_{св}$, кН (кг)	Сварочный ток, кА	
				Дуралюмин	Сплав АМц
0,4 + 0,4	40	0,10	0,9 (90)	12	—
0,5 + 0,5	40	0,10	1,2 (120)	13	15
0,6 + 0,6	40	0,12	1,5 (150)	15	—
0,8 + 0,8	40	0,14	1,8 (180)	16	18
1 + 1	40	0,18	2,4 (240)	18	20
1,2 + 1,2	50	0,22	3,0 (300)	22	24
1,5 + 1,5	50	0,26	3,6 (360)	25	26
2 + 2	50	0,30	4,8 (480)	31	—
2,5 + 2,5	100	0,32	5,4 (540)	34	—

Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали обладают высокими электрическим сопротивлением (в 5 – 6 раз большим, чем у низкоуглеродистой стали), прочностью и коэффициентом линейного расширения. Сварка этих сталей выполняется на повышенных $F_{св}$, пониженных $I_{св}$ при относительно малых значениях $t_{св}$ (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Режимы сварки коррозионно-стойких сталей

Толщина деталей, мм	Параметры режима сварки		
	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, с	$F_{св}$, кН
0,3	5,0 – 5,5	0,06 – 0,08	1,5 – 2,0
0,5	4,5 – 5,0	0,08 – 0,12	2,5 – 3,0
0,8	4,5 – 5,0	0,12 – 0,16	3,0 – 4,0
1,0	5,0 – 5,7	0,16 – 0,18	3,5 – 4,5
0,2	5,5 – 6,0	0,18 – 0,20	4,5 – 5,5
0,5	6,0 – 7,5	0,20 – 0,24	5,0 – 6,5
2,0	7,5 – 8,5	0,24 – 0,30	8,0 – 9,0
2,5	7,5 – 8,5	0,30 – 0,34	10,0 – 11,0
3,0	9,0 – 10,0	0,34 – 0,38	12,0 – 14,0

Титановые сплавы имеют высокое электрическое сопротивление и низкую жаропрочность. Эти сплавы свариваются на малых $I_{св}$ и $t_{св}$ (близких $I_{св}$ и $t_{св}$ при сварке нержавеющей сталей) с применением пониженных $F_{св}$ (табл. 5.4).

Жаропрочные сплавы обладают очень высокой прочностью в нагретом состоянии, высоким электрическим сопротивлением и повышенной склонностью к внутренним выплескам и образованию усадочных дефектов в литом ядре. Сварка этих сплавов выполняется на высоких $F_{св}$ при малых $I_{св}$ и больших $t_{св}$ (табл. 5.5).

Таблица 5.4 – Режимы сварки титановых сплавов

Толщина деталей, мм	Параметры режима сварки		
	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, с	$F_{св}$, кН
0,3	4,5 – 5,0	0,04 – 0,08	0,75 – 1,0
0,5	4,0 – 5,0	0,08 – 0,1	1,0 – 1,5
0,8	4,5 – 5,0	0,12 – 0,14	1,5 – 2,0
1,0	5,0 – 5,5	0,14 – 0,16	2,0 – 2,5
0,2	5,5 – 6,0	0,16 – 0,18	2,5 – 3,0
0,5	6,5 – 7,5	0,18 – 0,22	3,0 – 3,5
2,0	8,0 – 9,0	0,24 – 0,26	4,0 – 5,5
2,5	8,5 – 9,5	0,28 – 0,30	6,0 – 7,5
3,0	10,0 – 11,0	0,32 – 0,34	8,0 – 10

Таблица 5.5 – Режимы сварки жаропрочных сплавов

Толщина деталей, мм	Параметры режима сварки		
	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, с	$F_{св}$, кН
0,3	5,0 – 6,0	0,14 – 0,2	4,0 – 5,0
0,5	4,5 – 5,5	0,18 – 0,24	5,0 – 6,0
0,8	5,0 – 6,0	0,22 – 0,34	6,5 – 8,0
1,0	6,0 – 6,5	0,32 – 0,40	8,0 – 10,0
0,2	6,2 – 6,8	0,38 – 0,48	10,0 – 12,0
0,5	6,5 – 7,0	0,50 – 0,62	12,5 – 15,0
2,0	7,0 – 7,5	0,58 – 0,76	15,5 – 17,5
2,5	7,5 – 8,2	0,78 – 0,96	18,5 – 19,5
3,0	8,0 – 8,8	1,0 – 1,3	20,0 – 21,5

Медные сплавы (латуни и бронзы) обладают высокой электро- и теплопроводностью и низкой прочностью при нагреве. При сварке этих сплавов применяются сильно увеличенные $I_{св}$ и невысокие $F_{св}$.

Алюминиевые и магниевые сплавы характеризуются очень высокой электро- и теплопроводностью, в связи с чем при их сварке применяются кратковременные импульсы тока очень большого значения. Сварка магниевых, а

также пластичных (неупрочненных) алюминиевых сплавов, обладающих невысокой прочностью, ведется при низких $F_{св}$. Высокопрочные алюминиевые сплавы, обладающие низкой пластичностью и повышенной склонностью к образованию усадочных дефектов, свариваются на высоких $F_{св}$ с обязательным приложением ковочного усилия F_k .

Ориентировочные режимы сварки латуни, алюминиевых и магниевых сплавов на машинах переменного тока приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6 – Режимы сварки алюминиевых и магниевых сплавов и латуни на машинах переменного тока

Толщина деталей, мм	Параметры режима сварки								
	Усилие элек- тродов, кН		Время вклю- чения ковоч- ного усилия, t _к , с	Параметры тока					
	F _{св}	F _к		I _{св} , кА	t _к , с	t _{св} , с	T _{сп} , с		
Алюминиевые сплавы типа Д16АТ									
0,5	2,2	—	—	17	—	0,08	—		
	2,0			16	0,04		0,12		
0,8	3,5			19	—	0,1	—		
	3,0			18	0,04		0,14		
1	4,5			24	—	0,12	—		
	3,5			23	0,04		0,04		
1,5	6,5			—	—	30	—	0,16	—
	5,5			—	—	29	0,06		0,16
	4,5	10	0,24	27	0,06	0,16			
2	4,5	12	0,18	28	—	0,20	—		
	8	—	—	35	—		—		
	7	—	—	33	0,08		0,18		
	6,5	12	0,32	31	0,08		0,18		
	6,5	15	0,24	32	—		—		
Алюминиевые сплавы типа АМгАМ									
0,5	1,3	—	—	16	—	0,08	—		
0,8	1,9			18		0,1			
1,0	2,5			22		0,12			
1,5	3,5			27		0,14			
2,0	5,0			32		0,18			
Магниевые сплавы									
0,8	3,0	—	—	20	—	0,10	—		
1,0	4,0			24		0,12			
1,5	5,0			27		0,14			
2,0	7,0			30		0,18			

Продолжение таблицы 5.6

Латунь типа Л62							
0,5	1,2	—	—	15	—	0,10	—
0,8	1,7			17		0,14	
1,0	2,0			19		0,16	
1,5	3,0			24		0,2	
2,0	4,0			30		0,24	

Режимы сварки, приведенные в табл. 5.1 – 5.6, обеспечивают формирование соединений группы А. При необходимости получения соединений другого размера режимы сварки подбираются экспериментальным путем. Для их ориентировочного определения можно использовать также методы подобия, позволяющие по известным режимам рассчитать режимы сварки геометрически подобных соединений деталей из того же материала, но другой толщины. Для получения геометрически подобных соединений параметры режима сварки при изменении толщины деталей нужно изменять следующим образом:

$$F_{cv} \equiv S^2; \quad I_{cv} \equiv S; \quad t_{cv} \equiv S^2.$$

5.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машина для точечной сварки.
- 2 Прибор для измерения усилия сжатия (динамометр) или приспособление с шариком и лупой Бринелля.
- 3 Электросекундомер или счетчик импульсов.
- 4 Микроомметр М-246.
- 5 Разрывная машина.
- 6 Тиски.
- 7 Штангенциркуль.
- 8 Молоток.
- 9 Зубило.
- 10 Набор пластин из нержавеющей стали и алюминиевых сплавов.
- 11 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, инструментов и спецодежды.

А Ознакомление с технологией точечной сварки нержавеющей хромоникелевых сталей

- 1 Заготовить таблицу для записи данных измерений, наблюдений (см. форму отчета).

- 2 Для данной толщины металла подобрать по таблицам жесткий режим сварки нержавеющей стали и настроить машину.
- 3 Сварить две пластины тремя отдельными точками.
- 4 Уменьшить усилие сжатия, замерить его и повторить сварку в трех точках другой пары пластин.
- 5 Установить первоначальное усилие сжатия, увеличить продолжительность включения тока, замерить его и сварить третью пару пластин.
- 6 Определить для всех образцов качество сварного соединения по внешнему виду и замерить диаметр зоны цветов побежалости вокруг точки.
- 7 Разрушить образцы, замерить диаметр литого ядра сварной точки и оценить качество сварки по излому.

Б Определение влияния чистоты поверхности деталей из алюминиевых сплавов на общее сопротивление зоны сварки

- 1 Вычертить схему опыта и включить необходимые приборы для измерения общего сопротивления зоны сварки.
- 2 Заготовить таблицу для записи данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 3 Изолировать один электрод фибровой прокладкой от корпуса машины или пресса.
- 4 Зажать между электродами две незащищенные пластины из алюминиевого сплава и замерить общее сопротивление зоны сварки.
- 5 Очистить другие пластины механическим способом, а также травлением и повторить замеры общего сопротивления зоны сварки три раза.

В Ознакомление с технологией точечной сварки алюминиевых сплавов

- 1 Заготовить таблицу для записи данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной толщины металла подобрать по таблицам жесткий режим сварки алюминиевого сплава и настроить машину.
- 3 Сварить две незащищенные пластины тремя отдельными точками.
- 4 Зачистить механическим способом две пластины и сварить их тремя точками.
- 5 Протравить две пластины и сварить их тремя точками.
- 6 Определить для всех образцов качество сварного соединения по внешнему виду.
- 7 Разрушить образцы, замерить диаметр литого ядра сварной точки и оценить качество сварки по излому.

Контрольные вопросы

- 1 Изложите особенности сварки нержавеющей сталей.
- 2 Как выбирается и устанавливается режим точечной сварки нержавеющей

- сталей?
- 3 Как влияет величина усилия сжатия и продолжительность включения тока на качество сварной точки?
 - 4 Изложите особенности сварки алюминиевых сплавов.
 - 5 Как выбирается и устанавливается режим точечной сварки алюминиевых сплавов?
 - 6 Каково влияние зачистки поверхности свариваемых деталей из алюминиевых сплавов на величину общего сопротивления зоны сварки и качество сварной точки?

5.3 Отчет о лабораторной работе № 5

Ознакомление с технологией точечной сварки нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов

Фамилия студента _____

Группа _____ Дата выполнения _____

А Ознакомление с технологией точечной сварки нержавеющей хромоникелевых сталей

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Металл	Толщина металла, мм	Характеристика режима	Степень мощности	Усилие сжатия, Н	Продолжительность включения, с	Диаметр зоны цветов побежалости, мм	Диаметр литого ядра, мм	Результаты осмотра и испытаний
		Нормальный						
		Жесткий						
		С пониженным усилием сжатия						
		С увеличенной продолжительностью включения тока						

Выводы по работе _____

Б Определение влияния чистоты поверхности деталей из алюминиевых сплавов на общее сопротивление зоны сварки

(Схема опыта с включением приборов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Металл	Толщина металла, мм	Способ подготовки поверхности	Общее сопротивление зоны сварки, мкОм				Примечание
			1-й замер	2-й замер	3-й замер	4-й замер	
		Без подготовки					
		Механическая зачистка					
		Травление					

Примечание. При измерении сопротивлений амперметром и вольтметром в таблицу необходимо внести дополнительно графы: «Ток» и «Падение напряжения».

Выводы по работе _____

В Ознакомление с технологией точечной сварки алюминиевых сплавов

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Металл	Толщина металла, мм	Способ подготовки поверхности	Диаметр литого ядра сварной точки, мм	Результаты осмотра и испытания
		Без подготовки		
		Механическая зачистка		
		Травление		

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ЦИКЛА СВАРКИ СЕРИИ РКС

6.1 Общие сведения

Для управления длительностью отдельных операций и последовательностью цикла сварки на точечных и рельефных машинах применяют различные регуляторы времени. Простейший регулятор времени – электромеханический. В современных машинах автоматического действия применяются различные виды аппаратуры управления: унифицированные электронные блоки, регуляторы цикла сварки типа РВИ, электронные цифровые регуляторы цикла сварки серии РКС.

Регуляторы предназначены для управления сварочным циклом контактных машин и функционируют в закрытых помещениях. Окружающая среда должна быть невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Типы и назначение регуляторов (управление сварочным циклом) приведены ниже:

- РВИ-501 – для управления машинами контактной сварки переменного тока с постоянным сварочным усилием;
- РВИ-504 – для управления машинами контактной сварки переменного тока с постоянным сварочным усилием;
- РВИ-703 – для комплектации подвесных машин контактной сварки с постоянным усилием;
- РВИ-801 – для управления машинами контактной сварки переменного тока с постоянным сварочным усилием;
- РВС-4 – для управления сварочными серийными одноточечными, сеточными машинами, пистолетами с ручным управлением;
- РВЭ-7-1А-2 – для комплектации однофазных машин контактной сварки;
- РКМ-86 – для комплектации точечных, рельефных и шовных машин, низкочастотных и с выпрямлением во вторичном контуре;
- РКМ-803 – для комплектации одно- и двухпостовых контактных машин переменного тока, используемых для сварки общего назначения;
- РКМ-1501-1 - регулирование величин сварочного тока с адаптацией к условиям сварки точечных, рельефных и шовных машин;
- РКС-801 – для комплектации однофазных машин контактной сварки, имеющих тиристорный контактор.

Регуляторы серии РКС взаимозаменяемы между собой и с аналоговыми регуляторами серии РЦС того же назначения с использованием элементов «Логика – Т», серийно выпускавшимися ранее (РЦС – 301, РЦС – 403, РЦС – 502, РЦС – 503).

Однако они содержат ряд новых узлов и блоков задания основных параметров процесса сварки и управления сварочным током с принципиально новыми узлами автоматической настройки режима на коэффициент мощности нагрузки сварочной машины. Применение этих узлов позволяет отказаться от проведения настройки режима сварки в условиях производства, увеличить использование машины по току (установленной мощности) и повысить производительность при сварке за счет сокращения времени позиции «Сварка» в общем цикле сварки.

Управление сварочным током в регуляторах серии РКС

В однофазных машинах контактной сварки управление действующим значением сварочного тока осуществляется тиристорным контактором, включение которого на время позиции цикла «Сварка» импульсами с фазовым регулированием производится от регулятора цикла. Значение сварочного тока зависит от уровня напряжения на вторичной обмотке сварочного трансформатора, задаваемого переключателем ступеней на стороне его первичной (сетевой) обмотки, полного сопротивления вторичного контура и угла включения тириستоров контактора.

Изменение действующего значения сварочного тока при помощи фазового регулирования возможно лишь только в сторону его уменьшения от соответствующего значения полнофазного тока, т. е. при любых изменениях параметров нагрузочного контура и свойств свариваемых материалов должно соблюдаться условие $\alpha \geq \varphi_n$ (α – угол открытия тиристора; φ_n – сдвиг фаз между напряжением сети и полнофазным током). Несоблюдение этого условия приводит к режиму однополупериодного выпрямления тока в первичной обмотке трансформатора, быстрому его насыщению и аварийному отключению режима, близкого к короткому замыканию на стороне первичной (сетевой) обмотки трансформатора.

Характеристика серии регуляторов РКС-502, РКС-801

Серийный выпуск этих регуляторов начался с 1987 г. в соответствии с общими техническими условиями ТУ 16-421.037-85, а с 1988 г. они начали заменять регуляторы РКС-501, РКС-601, РКС-901, выпуск которых прекращен.

Эта серия регуляторов позволяет увеличить степень автоматизации стационарных и подвесных однофазных машин контактной сварки, расширить возможности применения этих машин в автоматизированных комплексах и линиях при управлении ими от центральных ЭВМ, обеспечивает возможность их работы совместно с различными системами автоматического регулирования и

управления качеством сварных соединений.

Таблица 6.1 – Технические характеристики регуляторов контактной сварки

Тип		РКМ–86	РКМ–803	РКС–801
Элементная база		Микропроцессорная система управления	Микропроцессорная система управления	На интегральных микросхемах
Напряжение питания	В	220	220	220, 380
Потребляемая мощность	В·А	50	60	–
Количество регулируемых выдержек времени сварочного цикла	–	7	8	—
Количество импульсов сварочного тока	–	1 – 999	0 – 10	$(1 - 9) \pm 1$
Количество импульсов сварочного тока с нагревом	–	0 – 999	0 – 10	—
Пределы регулирования времени сварочного цикла:	—	—	—	30, 60
– предварительное сжатие	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99, 2 – 198
– сжатие	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– импульс I (первый)	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99, 2 – 198
– интервал	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– импульс II (второй)	периодов	0 – 999	0 – 510	2 – 198
– началоковки	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– проковка	периодов	0 – 999	0 – 510	2 – 198
– пауза	периодов	0 – 999	0 – 510	1 – 99
Пределы регулирования действующего значения сварочного тока (фазовое регулирование)	%	50 – 100	30 – 100	–

Продолжение таблицы 6.1

Тип		РКМ–86	РКМ–803	РКС–801
Длительность нарастания переднего фронта импульса сварочного тока (модуляции)	Периодов, не менее	—	—	—
Изменение действующего значения сварочного тока при колебаниях напряжения питающей сети от 0,9 до 1,05 номинального значения (стабилизация тока)	%	± 3	± 3	(колебания от -10% до +5%) 3
Пределы подстройки на коэффициент мощности нагрузки	$\cos \varphi$	—	—	—
Параметры импульсов управления тиристорами:				
а) амплитуда выходного напряжения на сопротивлении 6 Ом $\pm 5\%$:				
— не менее	В	24	20	20 ± 5
— не более	В	40		
б) длительность импульса на уровне 15 В:				
— не менее	Периодов	150	200	200 ± 100
— не более	Периодов	200		
Параметры сигнала для питания устройств постоянного тока	В	24–40	24 $\pm 2,5$	24 $\pm 2,5$
	А	0,5–1	0,5	0,5
Количество выходных устройств	—	16	2	—
Масса, не более	кг	6	—	—

Регуляторы РКС выполнены в виде отдельных приборов настольно-стоечного типа, соединяемых со сварочной машиной с помощью разъема. На лицевой панели находятся все элементы для установки режима работы, длительности каждой позиции цикла, для управления сварочным током и световая сигнализация. Включение регуляторов в работу осуществляется при подаче напряжения питания на сварочную машину после замыкания двух контактов управления машиной (педали).

В положении переключателя рода работы «Одиночная сварка» регуляторы при включенной педали позволяют выполнять только один цикл сварки. Для осуществления следующей сварки необходимо разомкнуть и снова замкнуть педаль. В положении переключателя «Серия сварок» при замкнутой цепи педали регуляторы автоматически повторяют установленный цикл сварки, причем позиция «Предварительное обжатие» исключается из цикла после прохождения первой сварки. При размыкании педали до момента начала прохождения позиции «Сварка» цикл прерывается, при размыкании педали в начале этой позиции цикл доходит до конца. Все регуляторы имеют тумблер режима работы «Со сваркой» и «Без сварки».

Наряду с расширением функциональных возможностей регуляторов состав новой серии удалось сократить до двух типов: пяти- и восьмипозиционных – РКС-502 и РКС-801 (рис. 6.1) соответственно. Оба регулятора размещены в корпусе, имеющем габариты регуляторов РКС-501 и РКС-601. В новых регуляторах благодаря наличию блока автоматической настройки на коэффициент мощности машины это устройство можно отключать в случае необходимости тумблером на лицевой панели без переналадок регуляторов, исключая переход работы оборудования в аварийный режим.



Рисунок 6.1 –Регулятор цикла контактной сварки РКС-801

Зависимость качества сварки от большого числа факторов (геометрия узлов, особенности сборки, тепло- и электрофизические свойства материалов, характеристики машины, электрические параметры режима сварки и т.д.) не позволяет создать универсальную эффективную систему автоматического управления процессом сварки по возмущению всех факторов или по какому-либо критерию качества сварки.

Воздействие любой системы управления на процесс сварки определяется лишь изменением значения сварочного тока и длительности его протекания (без учета влияния усилия сжатия электродов). Поэтому в регуляторах РКС-502 и РКС-801 введены узлы внешнего дистанционного управления сварочным током и ограничения времени сварки, что позволяет использовать любые датчики процесса сварки в различных системах автоматического регулирования и управления сваркой, а также осуществлять широкий выбор режимов сварки и

переход с одного режима на любой другой.

Для более равномерной загрузки фаз питающей сети при работе большого числа однофазных машин в регуляторах РКС-502 и РКС-801 введены узлы задержки включения сварочного тока в конце позиции «Сжатие» до прихода разрешающего сигнала. Для осуществления возможности формирования этого разрешающего сигнала каждый регулятор выдает логический сигнал на время протекания сварочного тока.

Циклограммы работы регуляторов РКС-502 и РКС-801 представлены на рис. 6.2. Регулятор РКС-502 обеспечивает работу сварочной машины по циклу: «Предварительное обжатие» (t_1), «Сжатие» (t_2), «Сварка» (t_3), «Проковка» (t_4) и «Пауза» (t_5). В режиме «Серия сварок» позиция «Предварительное обжатие» отрабатывается лишь в первом цикле. Длительность каждой позиции цикла может устанавливаться дискретно в диапазоне 1 – 99 периодов частоты питающей сети через один период и в диапазоне 4 – 396 периодов с дискретностью четыре периода при включенном множителе на 4. Задержка цикла в конце позиции «Сжатие» условно показана в виде разомкнутого ключа K_1 на рис. 6.2, а. На время $t_3 - t_6$ регулятор обеспечивает включение транзисторного оптрона, способного коммутировать внешнее напряжение с допустимым уровнем до 15 В при токе до 5 мА. Задержка цикла сварки на позиции «Сжатие» (до замыкания ключа K_1), а также прекращение протекания сварочного тока (U_t) обеспечивается при подаче внешних входных сигналов с уровнем напряжения $(5 \pm 0,5)$ В при потреблении тока до 15 мА.

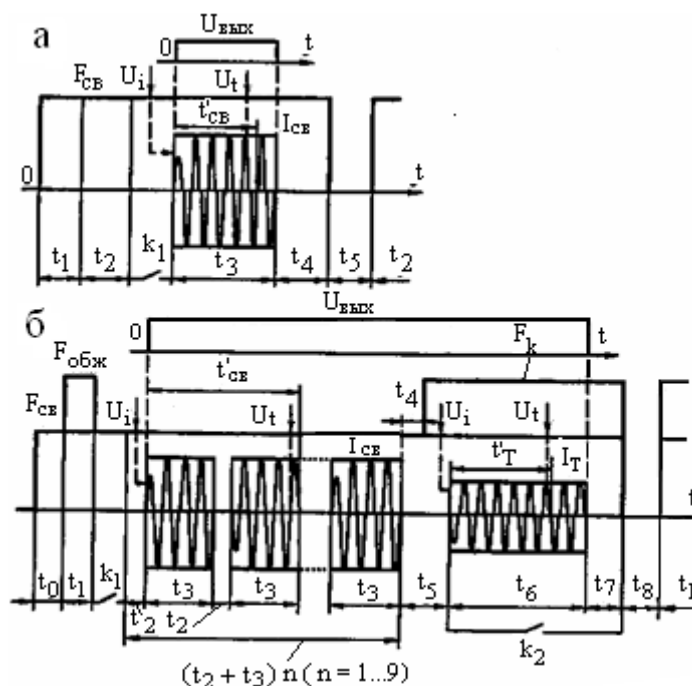


Рисунок 6.2 – Циклограммы работы регуляторов РКС-502 (а) и РКС-801 (б)

Уровень напряжения входного сигнала U_t для управления значением сварочного тока в диапазоне 100 – 50% от полнофазного тока составляет соответственно 0 – 10 В при потреблении тока до 15 мА.

Регулятор РКС-801 имеет восемь регулируемых и одну нерегулируемую по длительности позицию сварочного цикла: «Предварительное обжатие» (нерегулируемая, t_0), «Сжатие» (t_1), «Охлаждение» (t_2), «Сварка 1» (t_3), «Проковка» (t_5), «Сварка 2» (t_6), «Проковка 2» (t_7), «Пауза» (t_8), задержка включения повышенного усилия проковки относительно конца позиции «Сварка 1» – «Задержка ковки» (t_4) (рис. 6.1, б).

Длительность позиции «Предварительное обжатие» (t_0) составляет 30 периодов частоты сети, позиций t_1 , t_3 , t_5 , t_6 , t_7 , t_8 – 1—99 периодов, позиций t_2 и t_4 – 1—9 периодов. Регулятор снабжен множителем на 2 всех позиций цикла с дискретностью установки два периода. Параметры сигналов управления напряжениями U_i , U_t , $U_{\text{вых}}$ и ключом K_1 такие же, как и для регулятора РКС-502. Предусмотрен тумблер (ключ K_2), позволяющий исключить из цикла позиции термообработки ($t_6 + t_7 = 0$).

Для позиции «Сварка 1» предусмотрен режим пульсирующей сварки с повторением ($t_2 + t_3$) от 1 до 9 раз. Фронт первого импульса сварочного тока «Сварка» может быть модулирован с временем нарастания до 0,12 – 0,28 с.

Помимо рабочего усилия на электродах $F_{\text{св}}$ в регуляторе РКС-801 предусмотрена возможность приложения двух повышенных усилий — предварительного обжатия $F_{\text{обж}}$ на время позиции «Сжатие» (t_1) и ковочного F_k с задержкой его приложения (t_4) относительно окончания последнего импульса сварочного тока «Сварка 1».

Основные параметры регуляторов РКС приведены в табл. 6.1.

Функциональные узлы регуляторов

Принципы построения цифровых регуляторов цикла сварки серии РКС, а также сами принципиальные электрические схемы отдельных узлов и блоков являются общими для радиоэлектронных и измерительных устройств с применением элементов вычислительной техники.

Узел источника питания служит для обеспечения всех блоков регуляторов напряжением требуемых уровней, форм и стабильности. Он состоит из линейных компенсационных стабилизаторов, обеспечивающих напряжение 5 В для питания микросхем серии К155 с током нагрузки 0,55 – 0,56 А для РКС-502 и 0,72 – 0,74 А для РКС-801, 12 В и – 12 В – для питания схем пуска и фазового регулирования. Узел обеспечивает также питание транзисторных усилителей электропневматических клапанов напряжением со средним значением 24 В, усилителей импульсов управления тиристорным контактором – нестабилизированным напряжением 24 В и узла тактирования – переменным напряжением 24 В. В каналах 5 В и 12 В применена защита от короткого замыкания в цепи нагрузки.

Узел установки «0» питания предназначен для установки счетчиков и триггеров в исходное положение при включении регулятора в сеть.

Узел тактирования вырабатывает три серии тактовых импульсов «1ТИ», «2ТИ», «3ТИ», сдвинутых во времени между собой. Эти импульсы длительностью 100 мкс и частотой повторения, равной частоте питающей сети, служат

для управления работой счетчиков и регистров, для получения всех необходимых управляющих сигналов – счетных импульсов, формирующих сигналов установки в различные состояния триггеров памяти, сигналов подготовки к работе отдельных элементов, импульсов блокировки, защиты и др. Построение принципиальных электрических схем регуляторов с использованием этих серий тактовых импульсов и сигналов на их основе обеспечило высокий уровень защиты регуляторов от воздействия внешних и внутренних помех.

Узел пуска формирует сигнал «Пуск» при нажатии педали сварочной машины и обеспечивает защиту от ложных включений регулятора при разомкнутой цепи педали.

Узел усилителей предназначен для усиления импульсов управления тиристорным контактором, сформированных в узле фазового управления, сигналов из узла позиций для включения клапанов привода сжатия машины и для коммутации сигнальных светодиодов узла индикации.

Узел защиты обеспечивает защиту цепей питания клапанов от перегрузок по току. Он имеет два канала: 1) быстродействующий, срабатывающий при превышении током нагрузки уровня 1,5 А, и 2) с относительно низким быстродействием (несколько десятков микросекунд), с уровнем срабатывания 1 А и полностью отключающий усилитель питания клапанов. При срабатывании защиты включается светодиод «Защита». Сброс защиты осуществляется при снятии питания с регулятора.

Узел индикации предназначен для визуального представления информации о работе регулятора. Он состоит из световых индикаторов, включающихся при наличии напряжения на регуляторе «Сеть», при включении каждого клапана привода сжатия машины «Клапан» (один для РКС-502 и два для РКС-801), при отработке позиций «Сварка» для РКС-502 и «Сварка 1», «Сварка 2» – для РКС-801.

Узел фазового регулирования служит для управления фазой импульсов включения тиристорного контактора в зависимости от положения переключателя «Нагрев» и от напряжения питающей сети в положении тумблера с включенной стабилизацией тока. Узел содержит схему синхронизации и коррекции, а также трансформатор, подающий напряжение с тиристоров контактора для обеспечения автоматической настройки на коэффициент мощности машины.

Узел задания программы предназначен для задания различных циклограмм, режимов работы сварочной машины и интервалов времени позиций сварочного цикла. Он состоит из программных переключателей десятков и единиц, задающих длительности позиции (исключая положение «0» – «0» на любой позиции) и числа импульсов сварки для РКС-801, «Нагрев» – для установки уровня сварочного тока, «Наращение» – для изменения длительности нарастания фронта пакета импульсов сварочного тока в РКС-801, тумблеров «Множитель на 2» или «Множитель на 4» – для установки времени позиций цикла, отключения повышающих усилий для РКС-801, стабилизации тока, установки режимов со сварочным током или без него, «Одиночная сварка» или «Серия сварок» и отключения режима термообработки для РКС-801.

Узел позиций служит для последовательного выполнения позиций сва-

рочного цикла, управления узлами фазового регулирования и усилителей, узлом сброса триггеров и счетчиков после прохождения отсчета длительности позиции и в конце цикла.

Узел счетчиков обеспечивает отсчет временных интервалов позиций сварочного цикла и отсчет числа импульсов пульсирующей сварки в РКС-801.

Узел решифраторов преобразует двоичный код из узла счетчиков в десятичный код для согласования с декадными переключателями узла задания программы.

Узел внешнего управления предназначен для задержки цикла на позиции «Сжатие», управления уровнем и длительностью протекания сварочного тока и выдачи логического сигнала на время включения тока.

Принцип действия регуляторов

Принцип действия регуляторов серии РКС в основном не отличается от принципа действия регуляторов цикла сварки других типов. Он заключается в последовательном отсчете нескольких технологических интервалов времени, включении в определенные интервалы питания выходных устройств (клапаны привода сжатия и тиристорный контактор) и осуществлении всех требуемых блокировок режима сварки. Число последовательно отсчитываемых интервалов времени в каждом регуляторе РКС определяется числом разрядов кольцевого регистра сдвига, который может работать в одноцикловом и многоцикловом режимах — соответственно в режимах «Одиночная сварка» и «Серия сварок».

При включении регулятора в сеть (подаче напряжения на сварочную машину) загорается световой индикатор «Сеть» на лицевой панели и после установления напряжения стабилизированных источников питания узел установки «0» питания вырабатывает сигнал, переводящий в нулевое исходное состояние все триггеры узла позиций, счетчиков импульсов и ряда вспомогательных цепей. Узел тактирования вырабатывает серии тактовых импульсов, прекращающих дальнейшее прохождение сигналов. Импульсы управления из узла фазового регулирования шунтированы транзисторными ключами и не поступают на вход выходных усилителей. Исходное состояние всех элементов схемы регуляторов сохраняется до включения педали сварочной машины.

При нажатии педали сигнал из узла пуска через ряд элементов и вспомогательных триггеров по тактовому импульсу «2ТИ» устанавливает в рабочее состояние триггер счетчика позиции «Предварительное обжатие» и одновременно выдает стробирующий импульс для поступления синхроимпульсов «1ТИ» в узел счетчиков. В узле счетчиков начинается отсчет позиции «Предварительное обжатие» и одновременно через управляющие схемы, выделяющие интервал работы клапана привода сжатия, подается сигнал на включение усилителя клапана и усилителя индикации его включения. Если ток в цепи клапана превысит допустимый уровень, из узла защиты в узел усилителя поступит запрещающий сигнал и усилитель клапана отключится. Одновременно с этим в узле индикации включается светодиод «Защита». Указанная защита предусмотрена лишь в регуляторах РКС-502, РКС-801.

При отсчете декадными счетчиками десятков и единиц периодов (схема с естественным порядком счета), соответствующих их числу, установленному переключателями длительности позиции «Предварительное обжатие», и совпадении кодов в счетчике и переключателях этой позиции из схемы дешифраторов поступает сигнал высокого уровня, который через ряд схем совпадения выдает импульс об окончании длительности этой позиции. По тактовым импульсам «2ТИ», «3ТИ» и инверсного сигнала «1ТИ» с помощью вспомогательных триггеров «Позиция», «Подготовка», «Сдвиг» формируются с определенным сдвигом во времени сигналы, устанавливающие счетчики в исходное нулевое состояние, а триггер регистра «Сжатие» – в рабочее состояние.

При включении триггера «Сжатие» начинается отсчет установленной длительности этой позиции. Точно так же после окончания отсчета длительности позиции «Сжатие» формируется сигнал окончания позиции и вырабатываются сигналы, устанавливающие в исходное нулевое состояние счетчики длительности позиций, а по сигналу «Сдвиг» происходит установка регистра узла позиций в следующее состояние «Сварка» («Сварка 1») и аналогично осуществляется включение остальных разрядов регистра.

С началом отсчета позиции «Сварка» из узла позиций в узел фазового регулирования поступает стробирующий сигнал «Сварка», разрешающий поступление сформированных импульсов в узел усилителей, откуда они поступают в тиристорный контактор. Кроме того, в течение этой позиции из узла усилителей поступает сигнал для включения индикаторного светодиода «Сварка».

В регуляторе РКС-801 в режиме многоимпульсной сварки происходит блокировка сигнала «Сдвиг» и формируется сигнал для отсчета второго и последующих импульсов «Охлаждение» и «Сварка» до совпадения кода счетчика числа импульсов с установленным переключателем числом (от 2 до 9) импульсов пульсирующей сварки.

С началом отсчета следующей позиции исчезает стробирующий сигнал «Сварка», прекращается поступление импульсов управления в тиристорный контактор и гаснет светодиод «Сварка».

После отсчета позиции «Проковка» («Проковка 2») начинается отсчет позиции «Пауза», с началом которой сигнал, поступающий из узла позиций в узел усилителей, исчезает, отключается клапан привода сжатия машины и гаснет светодиод «Клапан».

По окончании позиции «Пауза» включается триггер «Цикл» и по очередному импульсу «Сдвиг» формируется сигнал «Конец цикла», устанавливающий в нулевое состояние триггеры узлов позиций и счетчиков. В положении переключателя «Одиночная сварка» сигнал «Конец цикла» устанавливает в нулевое состояние триггеры позиций «Предварительное обжатие» и «Сжатие», приводя, таким образом, все регистры позиций в исходное состояние. При этом даже при наличии сигнала «Пуск» при включенной педали повторное включение регистра не происходит (блокировка нулевым выходом триггера «Цикл»).

При установке режима «Серия сварок» при включенной педали после окончания позиции «Пауза» начинается отсчет позиции «Сжатие» и последующая отработка циклов сварки. Триггер «Цикл» устанавливается в нулевое со-

стояние по окончании позиции «Сжатие».

В режимах «Одиночная сварка» и «Серия сварок» регистр позиций обеспечивает прохождение сварочного цикла до конца при выключении сигнала «Пуск» (педали машины) после начала позиции «Сварка» («Сварка 1»). Это осуществляется схемой совпадения сигналов нулевого выхода триггера «Сварка» и «Пуск» и формированием специального сигнала («Установка 0 педали») установки регистра позиций в исходное состояние.

При управлении регуляторами РКС-502 и РКС-801 с помощью внешних электрических сигналов подача сигнала, задерживающего сварочный цикл на позиции «Сжатие», блокирует сигнал совпадения, поступавший ранее в узел позиций. Цикл, дойдя до позиции «Сжатие», останавливается на этой позиции. При этом счетчики длительности этой позиции (единицы и десятки) продолжают счет.

При поступлении сигнала, ограничивающего длительность прохождения сварочного тока, из узла внешнего управления в узел фазового регулирования поступает сигнал, блокирующий поступление в узел усилителей импульсов управления тиристорным контактором. При этом число полуволн сварочного тока остается четным независимо от момента поступления ограничивающего сигнала.

При подаче сигнала, задающего извне уровень сварочного тока, фаза управляющих импульсов изменяется в соответствии с уровнем внешнего сигнала, изменяя, таким образом, позицию «Нагрев». Во время прохождения позиции «Сварка» в РКС-502 и позиций «Сварка 1», «Проковка 1», «Сварка 2» из узла позиций в узел внешнего управления поступает сигнал, обеспечивающий поступление на дополнительный разъем внешнего управления выходного логического сигнала.

Конструкция регуляторов

Регуляторы выполнены в виде отдельных блоков. Основной несущей частью их является шасси из металлической панели с отбортовками и крепежными отверстиями. На шасси установлены два блока и два трансформатора, представляющие собой силовую часть схемы, и отделенные экраном три блока (печатные платы) управляющей части. Шасси соединено с передней и задней панелями четырьмя скобами. На задней панели расположены разъемы (по одному для РКС-501, РКС-601, РКС-901 и по два для РКС-502, РКС-801) и бобышка заземления. Выходные разъемы в РКС-501, РКС-601 и РКС-901 полуутоплены с помощью металлического корпуса, а выходные разъемы и разъемы для связи с внешними управляющими устройствами в РКС-502 и РКС-801 полуутоплены с помощью пластмассового корпуса. Регуляторы помещены в металлические корпуса, состоящие из днища и кожуха, в которых имеются отверстия для охлаждения элементов. Крепление регуляторов к сварочной машине осуществляется через днище с помощью четырех резьбовых отверстий в нижних скобах.

На передней панели размещены все органы управления и индикации, а также рукоятки для переноски регуляторов. Винты крепления закрыты фальшпанелью с надписями и обозначениями органов управления.

На рис. 6.1 приведен общий вид регуляторов РКС-502 и РКС-801. Размеры лицевых панелей и габариты регуляторов РКС-501, РКС-601, РКС-502 и РКС-801 совпадают.

В левой части передней панели регулятора РКС-502 в два ряда расположены программные переключатели задания длительности позиций (по два переключателя на позицию – десятки и единицы периодов частоты сети) с нанесенными сверху символами: «Предварительное обжатие», «Сжатие», «Сварка» – в верхнем ряду и «Проковка», «Пауза», переключатель «Нагрев» – в нижнем.

В правой верхней части нанесены символы над соответствующими светодиодами индикации (слева направо): «Клапан», «Сварка», «Аварийное отключение при перегрузке», «Сеть включена».

В правой нижней части расположены тумблеры с соответствующими символами (слева направо и снизу вверх): «Одиночная сварка» – «Серия сварок», множитель «x1» – «x4», стабилизация тока «Отключено» – «Включено», переключатель режима работы «С током» – «Без тока».

У регулятора РКС-801 (см. рис. 6.1) в левой части передней панели в два ряда расположены программные переключатели с соответствующими символами над ними: «Сжатие», «Охлаждение», «Сварка 1», «Проковка 1», «Сварка 2» – по два переключателя на каждую позицию, кроме «Охлаждение», – в верхнем ряду и «Проковка 2», «Пауза» (по два переключателя на позицию), «Задержкаковки», переключатели числа импульсов пульсирующей сварки, длительности нарастания первого сварочного импульса, «Нагрев 1» и «Нагрев 2» (по одному переключателю) – в нижнем ряду. В правой верхней части нанесены символы над соответствующими им светодиодами индикации «Клапан 1», «Клапан 2», «Аварийное отключение при перегрузке», «Сварка», «Сеть включена».

В правой нижней части расположены тумблеры с соответствующими символами (слева направо и снизу вверх): «Одиночная сварка» – «Серия сварок», множитель «x1» – «x4», стабилизация тока «Отключено» – «Включено», переключатель режима работы «С током» – «Без тока».

У регулятора РКС-801 (см. рис. 6.1) в левой части передней панели в два ряда расположены программные переключатели с соответствующими символами над ними: «Сжатие», «Охлаждение», «Сварка 1», «Проковка 1», «Сварка 2» – по два переключателя на каждую позицию, кроме «Охлаждение», – в верхнем ряду и «Проковка 2», «Пауза» (по два переключателя на позицию), «Задержкаковки», переключатели числа импульсов пульсирующей сварки, длительности нарастания первого сварочного импульса, «Нагрев 1» и «Нагрев 2» (по одному переключателю) – в нижнем ряду. В правой верхней части нанесены символы над соответствующими им светодиодами индикации «Клапан 1», «Клапан 2», «Аварийное отключение при перегрузке», «Сварка», «Сеть включена».

В правой нижней части в два ряда размещены тумблеры с соответствующими им включению символами режима. Верхний ряд из четырех тумблеров такой же, как и в РКС-502, за исключением множителя «x2» – «x1». В правом нижнем ряду размещены три тумблера: «Отключено – Включено повышенное

усилие предварительного обжата», «Отключено – Включено повышенное усилие ковки», «Термообработка отключена» (шесть позиций цикла) – «Термообработка включена» (восемь позиций цикла). В самом нижнем правом углу регуляторов РКС-502 и РКС-801 установлен предохранитель питания от сети.

6.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Электронный регулятор времени в комплекте с точечной машиной.
- 2 Электросекундомер или счетчик импульсов.
- 3 Медная пластина толщиной 5 – 8 мм, охлаждаемая проточной водой.
- 4 Описание, чертежи и схемы электронного регулятора времени.
- 5 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, с инструментом и спецодеждой.

А Ознакомление с конструкцией регулятора контактной сварки

- 1 Изучить устройство регулятора контактной сварки, уяснить назначение основных узлов и схематически зарисовать лицевую панель регулятора.
- 2 Разобраться в электрической схеме регулятора и ознакомиться с ее работой.
- 3 Составить диаграмму рабочего цикла регулятора.
- 4 Описать назначение регулировочных рукояток и указать пределы регулирования отдельных выдержек времени.
- 5 Составить техническую характеристику.

Б Определение цены деления шкал регулятора контактной сварки

- 1 Вычертить схему опыта и включить электросекундомер или счетчик импульсов для замера времени «Сварка».
- 2 Заготовить таблицу для записей данных измерений (см. форму отчета).
- 3 Измерить время сварки на первой ступени трансформатора для нескольких положений ручки потенциометра «Сварка». В качестве свариваемой детали следует использовать медную пластину, охлаждаемую водой.
- 4 Результаты замеров записать в таблицу и сравнить их с паспортными данными.
- 5 По данным опыта определить погрешность и выразить ее в процентах.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение регулятора контактной сварки?
- 2 Начертите диаграмму циклов выдержек времени регулятора контактной сварки.
- 3 Каково назначение отдельных выдержек времени, обеспечиваемых регуля-

тором контактной сварки?

- 4 Для каких машин может быть использован регулятор контактной сварки?
- 5 В каких пределах можно изменять время сварки при помощи регулятора контактной сварки РКС-801?

6.3 Отчет о лабораторной работе № 6

Изучение цифрового регулятора цикла сварки серии РКС

Фамилия студента _____

Группа _____ Дата выполнения _____

А Ознакомление с конструкцией электронного регулятора времени

(Общая схема регулятора с обозначением отдельных узлов)

(Диаграмма рабочего цикла)

Техническая характеристика (см. табл. 6.1)

Б Определение цены деления шкал электронного регулятора времени

(Схема включения приборов)

Таблица для записей данных измерений

Деление шкалы	Выдержка времени «Сварка», с					
	Замеренная		Паспортная		Погрешность (\pm %)	
	Диапазон 1	Диапазон 2	Диапазон 1	Диапазон 2	Диапазон 1	Диапазон 2

Расчет процента погрешности _____

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ШОВНЫХ (РОЛИКОВЫХ) КОНТАКТНЫХ МАШИН И СВАРКА НА НИХ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

7.1 Общие сведения

Машины для шовной сварки различаются: по роду сварочного тока (переменного, постоянного тока, низкочастотные, конденсаторные); по характеру установки (стационарные, подвесные); по расположению роликов (поперечное, продольное, универсальное); по способу передачи крутящего момента на сварочные ролики (осевой и радиальный с помощью шарошек, привод и др.); по способу подвода сварочного тока к свариваемому изделию (односторонний или двусторонний токоподвод); по назначению (общего или специального); по виду сварки (непрерывная, прерывистая, шаговая); по виду сварочного цикла (полуавтоматические, автоматические), по характеру движения свариваемых деталей в процессе сварки (непрерывное, прерывистое, шаговое).

По компоновке и конструкции большинства узлов шовные машины сходны с точечными.

Основные узлы шовных машин для контактной сварки: станина (корпус); сварочный трансформатор с переключателем ступеней мощности; элементы вторичного контура (хоботы, контактные колодки и электроды в виде роликов); механизм сжатия; механизм вращения роликов; система токоподвода к вращающимся роликам; пневматическая схема с элементами пневмоаппаратуры; система водяного охлаждения; включающее и выключающее устройства; прерыватель тока шовный. Основным отличием является то, что сварочные электроды выполнены в виде вращающихся роликов, в связи с чем машины снабжены приводом вращения и кинематическими узлами, осуществляющими повышение крутящего момента привода с одновременным понижением частоты вращения и передачу его к сварочным роликам. Сварочные ролики устанавливаются в специальных электродных устройствах, с помощью которых осуществляется передача на ролики сварочного тока и сварочного усилия. В ряде машин применяются устройства для профилирования и зачистки сварочных роликов. Направляющие устройства ряда шовных машин отличаются от аналогичных устройств точечных машин в связи с дополнительными нагрузками, возникающими от крутящего момента.

Пневматические приводы сжатия, пневматические устройства, системы охлаждения, корпуса, токоподводы существенно не отличаются от аналогичных узлов точечных машин.

Рассмотрим устройство каждого из этих узлов.

Станина сварная или литая служит для крепления на ней остальных узлов.

Сварочный трансформатор для шовных машин по своему устройству по-

добен трансформатору для стыковых и точечных машин, но приспособлен для работы с большей продолжительностью включения. Для большинства трансформаторов ПВ составляет 50% и более.

Элементы вторичного контура шовной машины аналогичны элементам вторичного контура точечной машины. Разница только в том, что в них вместо конических электродов устанавливают электроды в виде плоских роликов, приводимых во вращение специальными механизмами.

Электродные устройства. В выпускаемых в настоящее время машинах применяются в основном два вида электродных устройств:

устройства со скользящим контактом по типу «вал – втулка» (МШ-2201, МШ-2202, МШ-3401, МШВ-4002, МШВ-7501, МШВ-8001, МШЛ-150);

устройства со скользящим контактом, разгруженным от передачи сварочного усилия (МШ-3207, МШ-3208, МШ-3404, МШМ-1, МШВ-1601, МШК-2002, МШВ-1202, МШВ-6303, МШН-7501, МШН-8501).

На рис. 7.1 показана конструкция приводного верхнего электродного устройства машин МШ-2202 и МШ-3401. Особенностью его является универсальность, т.е. способность выполнять сварку как поперечных, так и продольных швов. Конструкции узла передачи вращения на сварочный ролик, размещенный в этом устройстве, и деталей, осуществляющих передачу сварочного тока, выполнены с учетом обеспечения минимальной трудоемкости переналадки с поперечной сварки на продольную и обратно.

Устройство состоит из токопередающего медного корпуса 12, скрепленного с токоподводящим угольником 24 и крышкой 19. В корпусе с помощью винтов 32 зажата подшипниковая втулка 2, в которой вращается электродный вал 5 с закрепленным на нем сварочным роликом 1. Изоляционное кольцо 3 служит для предотвращения шунтирования тока между торцами вала и втулки. Вращение на сварочный ролик передается с шарнирного вала через зубчатые колеса 27, 16, 13, 7, 10 и 8.

Входное зубчатое колесо 27 выполнено как одно целое с валом, установленным в подшипниковой втулке 25 с помощью разрезного кольца 26 и соединяемого с вилкой шарнирного вала, передающего вращение от редуктора.

Вал 22, на котором с помощью шпонки 17 и шайбы 15 закреплены конические зубчатые колеса 16 и 13, установлен в подшипниковой втулке 18 с помощью промежуточной упорной втулки 20 и упорного шарикоподшипника 21. Зубчатое колесо 10, на котором закреплено с помощью шпонки 11 коническое зубчатое колесо 7, установлено в подшипниковой втулке 9 с помощью шайбы 28. Поверхность трения вала 5 и втулки 2 является токопередающим скользящим контактом, который смазывается через масленку (не показана) при помощи специального шприца, прикладываемого к машине, графитокасторовой смазкой. Войлочное кольцо 4 предотвращает вытекание смазки из скользящего контакта. Смазка подшипников скольжения остальных вращающихся валов производится через пресс-масленки. Охлаждающая вода подводится к угольнику 24, далее через ниппель крышки 29 по трубе 6 – в электродный вал и отводится через выходной ниппель крышки 29. Манжета 30 предотвращает вытекание воды из каналов системы охлаждения.

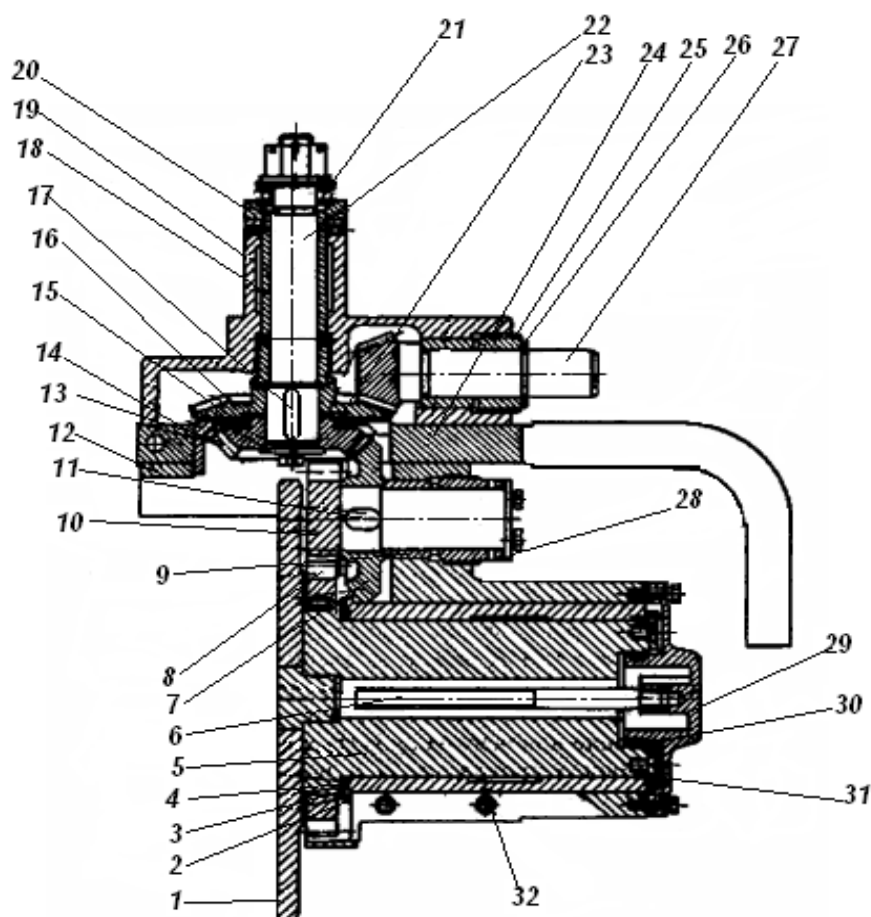


Рисунок 7.1 – Верхнее электродное устройство машин МШ – 2202 и МШ – 3401

При переналадке машины с поперечной сварки на продольную необходимо вывернуть винты и повернуть поворотную часть на 90^0 влево (если смотреть со стороны роликов), затем ввернуть винты и закрепить устройство.

Электродные устройства с разгруженными скользящими контактами имеют следующие преимущества:

- электрическое сопротивление – стабильное и низкое в течение всего срока службы, что исключает влияние степени износа скользящих контактов на значение сварочного тока;
- сварочные ролики остаются параллельными друг другу в течение всего срока службы узла, так как электродные валы установлены в подшипниках качения, износ которых очень мал, что благоприятно влияет на качество сварки;
- передача сварочного тока с помощью подпружиненных контактных колодок существенно уменьшает влияние погрешностей изготовления и сборки деталей на работу узла и обеспечивает длительный срок службы скользящего контакта, по мере износа которого работоспособность сохраняется благодаря тому, что «плавающие» колодки остаются надежно поджатыми к обоим контактным поверхностям;

- герметично закрытый узел с заполнением внутренней полости смазкой обеспечивает не только повышение срока службы, но и требует минимального ухода, т. е. затраты на обслуживание и ремонт уменьшаются.

Система токоподвода представляет собой скользящие токоподводы через вращающиеся токоведущие оси, на которых крепятся роликовые электроды. В качестве трущихся материалов используют алюминиевую или оловянистую бронзу, а также сплав ЭВ, обладающие низким коэффициентом трения скольжения и обеспечивающие надежный электрический контакт. Для смазки трущихся поверхностей применяется графитовый порошок с касторовым маслом.

В токоподводе к нижнему ролику (рис. 7.2) хвостовик медной контактной колодки 1 соединен со вторичным витком трансформатора. Токоведущий вал 5 прижат к колодке с помощью шести пружин 2, расположенных с обеих сторон. Роликовый электрод 6 прикреплен к валу с помощью шпилек и гаек. Для восприятия усилия на конце кронштейна 3 установлены два роликовых подшипника 4.

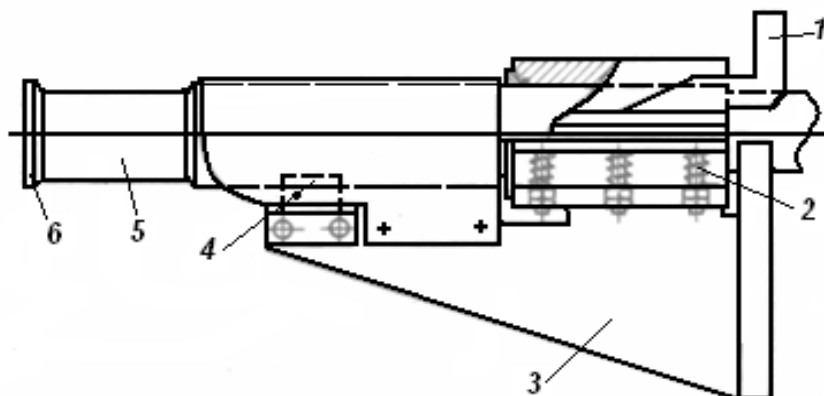


Рисунок 7.2 – Конструкция токоподвода к нижнему ролику

Система водяного охлаждения служит для охлаждения вторичного витка сварочного трансформатора, контактных колодок, хоботов и роликовых электродов. Для этой цели в токоведущих частях сверлят отверстия. Иногда по периферии охлаждаемой поверхности приваривают трубки, по которым течет вода. Охлаждение роликовых электродов может быть внутренним или наружным. В последнем случае проточная вода подводится к роликам по медным или латунным трубкам и отработанная сливается в поддон.

Направляющие устройства обеспечивают выборку зазоров между сопряженными трущимися поверхностями при сборке, а также по мере износа элементов привода сжатия.

Приводы вращения. В большинстве выпускаемых ранее машин переменного тока общего назначения применялись выпускаемые Харьковским электроаппаратным заводом приводы с электромагнитной муфтой типа ПМСМ трех типоразмеров: ПМСМ-1,7; ПМСМ-4; ПМСМ-6.

В привод входят: агрегат, состоящий из электродвигателя и электромаг-

нитной муфты скольжения; тахогенератор типа ТМГ-30П со шкивом; блок ПМС-У бесконтактного регулирования частоты вращения; переключатель скорости.

Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором закреплен фланцем на корпусе муфты, внутри которого размещены индуктор и якорь. Индуктор закреплен на ведомом (выходном) валу муфты и состоит из двух зубчатых дисков, между которыми установлена обмотка возбуждения. Якорь выполнен в виде массивного полого цилиндра и закреплен на валу электродвигателя.

Система регулирования является импульсной с жесткой обратной связью по скорости. В качестве датчика скорости применен тахогенератор, связанный клиноременной передачей с выходным валом муфты.

При включении приводного электродвигателя (частота вращения которого постоянна) якорь начинает вращаться. Постоянный ток, протекающий по обмотке индуктора, вызывает магнитный поток. В связи с наличием в индукторе полюсов (зубцов и пазов) в якоре наводится электродвижущая сила, вызывающая появление в якоре вихревых токов. В результате взаимодействия тока якоря с магнитным потоком полюсов индуктора возникает электромагнитный момент, под действием которого ведомый вал начинает вращаться в ту же сторону, что и ведущий. Основным условием возникновения вращающего электромагнитного момента является скольжение, которое зависит от тока возбуждения и момента нагрузки. Поэтому на выходном валу муфты при постоянном моменте нагрузки можно получить изменение частоты вращения, изменяя ток возбуждения.

Недостатками такого привода являются невысокая надежность и высокая инерционность.

В новых машинах общего назначения и большинстве специальных машин применяются тиристорные приводы серии ЭТ четырех типоразмеров: ЭТ1Е1-2, ЭТ1Е2-24, ЭТ1Е2-25, ЭТ1Е2-27.

Регулирование частоты вращения таких приводов осуществляется вниз от номинальной путем изменения напряжения на якоре двигателя при постоянном напряжении возбуждения. Крутящий момент на валу двигателя при регулировании частоты вращения сохраняется постоянным.

Эти приводы выполнены с обратной связью по ЭДС и выпускаются комплектно. В комплект входят электродвигатель постоянного тока серии 2ПН, блок регулирования, дроссель, задатчик частоты вращения.

Приводы обеспечивают плавное регулирование частоты вращения в пределах 1:50.

Более новыми и совершенными являются приводы вращения типа ЭПУ2-1. Они состоят из электродвигателя серии 2ПН, блока ввода, блока управления, реактора, задатчика частоты вращения.

Блок ввода включает в себя четыре быстродействующих предохранителя для защиты от короткого замыкания и реактор, предназначенный для исключения нелинейных искажений сети и взаимного влияния электроприводов при работе от общей сети, для ограничения коммутационного тока через вентили

управляемого тиристорного выпрямителя блока управления и для снижения di/dt , что увеличивает надежность полупроводниковых приборов.

Блок управления содержит: датчик ЭДС, предназначенный для осуществления обратной связи и выделения сигнала, пропорционального ЭДС электродвигателя; регулятор ЭДС, предназначенный для вычитания из сигнала задания сигнала обратной связи и усиления разностного сигнала; управляемый тиристорный выпрямитель (УТВ), предназначенный для преобразования переменного напряжения в регулируемое выпрямленное напряжение, подаваемое на якорь электродвигателя; систему импульсно-фазового управления, предназначенную для выработки и выдачи в определенные моменты времени управляющего импульса на УТВ; устройство токоограничения, предназначенное для ограничения максимального тока электродвигателя; стабилизатор напряжения обмотки возбуждения, предназначенный для питания постоянным током обмотки возбуждения электродвигателя; источник питания, предназначенный для питания цепей управления и задатчиков частоты вращения.

Реактор предназначен для улучшения формы тока электродвигателя, что снижает его нагрев и улучшает использование электродвигателя по моменту мощности.

Приводы типа ЭПУ2-1 более надежны в эксплуатации, чем приводы ЭТ1.

Включающие и выключающие устройства для включения и выключения первичной обмотки сварочного трансформатора могут быть: механические выключатели, тиристорные контакторы. В качестве устройств, регулирующих цикл сварки, применяют регуляторы типа РКС, РВИ и др.

Прерыватели тока позволяют осуществлять шовную сварку с непрерывной или прерывистой подачей сварочного тока. Для прерывания тока в цепь первичной обмотки трансформатора включают прерыватели тока. Они бывают механические, игнитронные (устарели) и др.

В механическом асинхронном прерывателе кулачкового типа (рис. 7.3) замыкание и размыкание контактов 1 и 2, включенных в цепь первичной обмотки трансформатора, происходит с помощью роликов 4, укрепленных на диске 3. Диски вращаются от электродвигателя. Устанавливая на диске то или другое число роликов, можно получать различную частоту прерываний тока.

Современные прерыватели тока объединяют регулятор цикла сварки и тиристорный контактор и представляют собой навесную конструкцию, устанавливаемую рядом или на машине. Преимуществом прерывателей является функциональная законченность (наличие в одной конструкции устройства управления и силового коммутирующего устройства), что позволяет использовать их как при модернизации машин, так и при разработке новых серийных, в особенности специализированных и многоэлектродных машин, и в качестве сварочной оснастки роботов.

Функциональные возможности прерывателей определяются типом используемого регулятора и контактора (табл. 7.1).

Механизм сжатия в зависимости от мощности машины может быть pedalным (пружинным), электромеханическим и пневматическим. По устройству механизмы сжатия мало отличаются от аналогичных механизмов для то-

чечных машин, но должны обеспечить приложение усилия к свариваемым деталям в течение довольно продолжительного времени сварки.

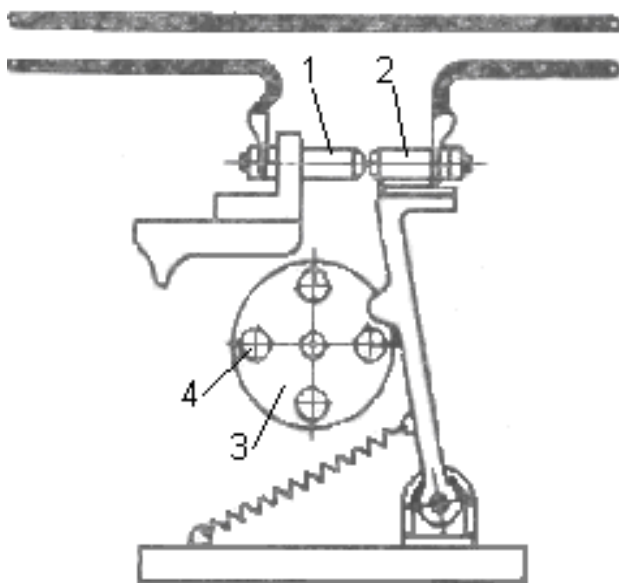


Рисунок 7.3 – Механический асинхронный прерыватель кулачкового типа

Таблица 7.1 – Технические характеристики прерывателей тока

Параметры	Тип прерывателя		
	ПК-200	ПК-1200	ПКТ-1200
Область применения прерывателя	Точечные и шовные машины с постоянным усилием		Точечные и рельефные машины с переменным усилием
Тип регулятора	РВИ-501		РВИ-801
Тип контактора	КТ-07	КТ-12	
Номинальный коммутируемый ток при ПВ=50% и длительности импульса 0,5 с, А	270	1500	
Охлаждение	Воздушное	Водяное	
Габаритные размеры, мм	500x360x590		
Масса, кг	32	37	

На рис. 7.4 изображена типичная принципиальная схема пневматического привода сжатия. Он представляет собой поршневой привод прессового типа с проковкой и дополнительным ходом, работающий при нормальном давлении питания от пневмосети.

ровать с помощью гайки 12. При снятии сигнала *a* привод получает возможность перемещаться на дополнительный ход.

Регулируемые дроссели 9 и 19 предназначены для ограничения скорости перемещения привода и достижения по возможности безударной его остановки. Глушители 6 снижают шум при выпуске воздуха в атмосферу.

Упругий элемент 15 обеспечивает легкую подвижность верхнего электрода машины при тепловом расширении деталей в процессе сварки. Кроме того, этот элемент уменьшает вероятность заклинивания привода и несколько снижает ударную нагрузку при соприкосновении электрода с деталью. Благодаря упругому элементу можно измерять и контролировать усилие на электродах по величине смещения ползуна относительно штока поршня.

Под силовым циклом привода понимается зависимость создаваемого приводом усилия на электродах от времени.

Пневматический привод по схеме рис. 7.4 дает возможность формировать различные силовые циклы со ступенчатым изменением усилия, включающие сварочное усилие, ковочное усилие и усилие предварительного обжата. Рассматриваемый привод позволяет также получать циклы с двухступенчатым нарастанием или снижением сварочного усилия, но без обжата и проковки.

Шарошки и устройства для профилирования и зачистки. Шарошки и устройства для зачистки и профилирования применяются в основном в машинах, предназначенных для сварки сталей с покрытиями (освинцованных, оцинкованных).

Шарошка выполняется цельной из стали марки X12Ф1 твердостью HRC 52-58, с гладкой поверхностью сопряжения со сварочным роликом и неглубокими (0,6 мм) зубцами на обеих боковых наклонных поверхностях.

Зачистка рабочей поверхности сварочного ролика при сварке легких сплавов (в частности, в машине МШВ-1201) производится с помощью наждачной бумаги с подложкой из мягкой резины, позволяющей бумаге плотно облегать зачищаемую поверхность. Держатель, в котором закреплены бумага и подложка с помощью гаек, обеспечивающих быстрый съем и замену бумаги, в свою очередь, закреплен в скобе, связанной со штоком пневматического цилиндра, закрепленного на электродном устройстве с помощью кронштейна. Устройство постоянно поджато к сварочному ролику с помощью пружины.

Зачистка производится путем поступательных перемещений штока вперед-назад в плоскости ролика и по касательной к его рабочей поверхности.

Поддерживание заданного профиля роликов осуществляется путем обточки с помощью верхнего резца и нижнего фасонного резца.

Первоначально резцы устанавливаются с минимальным зазором к сварочному ролику. Снятие стружки начинается по мере раздавливания рабочей поверхности ролика. Периодически подача, а также отвод резцов осуществляются с помощью ходового винта с маховичком и гайки, размещенной в пазу суппорта, перемещающегося в направлении кронштейна, закрепленного на корпусе электродного устройства. После перемещения производится фиксация ходового винта с помощью гайки. Резцы зажимаются в расположенном на суппорте держателе с помощью болтов.

Шовные машины переменного тока

К серийным машинам общего назначения относятся следующие модели: МШ-2201, МШ-2202, МШ-3401, МШ-3207, МШ-3208, предназначенные для сварки низкоуглеродистых и нержавеющей сталей без покрытий.

Основные параметры шовных машин переменного тока представлены в табл. 7.2.

Управление сварочным током в этих машинах (включение, выключение, регулирование длительности импульсов и пауз, фазовое регулирование) производится с помощью прерывателя сварочного тока, встроенного внутрь машины или устанавливаемого отдельно.

На рис. 7.5 изображена машина МШ-3207 для поперечной сварки. Приводным в этой машине является нижний ролик, поэтому привод вращения, состоящий из тиристорного привода 9 (типа ЭТ1Е2-24), редуктора 8, соединительной упругой втулочно-пальцевой муфты 10, чугунного основания 11 и шарнирного вала 1, расположен под сварочным трансформатором 7.

Привод усилия 4 совмещает в себе пневматический цилиндр и направляющее устройство. Для регулирования сварочного усилия в широких пределах пневматический цилиндр выполнен со штоком большого диаметра (110 мм) и управляется от двух электропневматических клапанов 5 и 6. При включении обоих клапанов воздух поступает и в верхнюю (надпоршневую), и в нижнюю (подпоршневую) камеру цилиндра – обеспечиваются малые сварочные усилия. При включении одного клапана воздух поступает только в верхнюю камеру – обеспечиваются большие сварочные усилия. Наладка на работу в диапазоне малых или больших усилий осуществляется заранее с помощью переключателя.

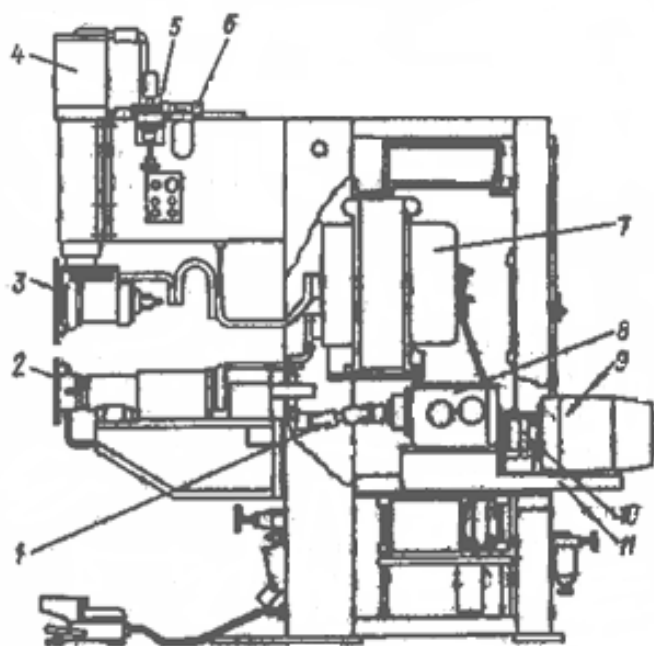


Рисунок 7.5 – Машина сварочная типа МШ-3207

Конструкция сварочного трансформатора позволяет регулировать вторичное напряжение в широких пределах за счет переключения первичных обмоток с параллельного соединения на последовательное.

Электродные устройства 2 и 3 выполнены с применением «разгруженных» скользящих контактов. Конструкции всех узлов выполнены с учетом возможности установки машин в поточных линиях с тяжелыми условиями эксплуатации, большой загрузкой и длительными межремонтными циклами.

Преимущество приводного нижнего ролика состоит в том, что он существенно расширяет технологические возможности машины, так как обеспечивает надежную работу даже при условии установки ролика малого диаметра (сваривание донышек обечайки).

Выступление сварочных роликов за переднюю плоскость машины позволяет сваривать различные емкости по отбортовке при наличии выступающих над отбортовкой частей, а также допускает попарную установку машин друг против друга при необходимости сварки сразу двух параллельных швов.

Типовая электрическая схема машин серии МШ приведена на рис. 7.6. Типовая кинематическая схема приведена на рис. 7.7.

Влияние параметров режима сварки низкоуглеродистой стали на качество сварного шва

Шовная сварка, как и точечная, применяется главным образом при соединении деталей внахлестку и служит для получения герметичных швов, а также для повышения производительности при сварке отдельными точками. При шовной сварке обязательно получение литой зоны, ширина которой d является основным параметром соединения. Другими параметрами, характеризующими соединение, являются согласно ГОСТ 15878–79 величины проплавления h_1 и h_2 , глубины вмятины g и g_1 , длина литой зоны l , шаг точек l_1 , величина перекрытия литых зон шва f , величина нахлестки B и расстояние от оси шва до края нахлестки u (рис 7.8). В соответствии с ГОСТ 15878–79 при шовной сварке могут быть получены соединения группы А и группы Б, отличающиеся шириной литой зоны и величиной нахлестки (табл. 7.3). Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварной конструкции и особенностей процесса сварки. Требования к величине проплавления, глубине вмятин и величине нахлестки при шовной сварке такие же, как и при точечной.

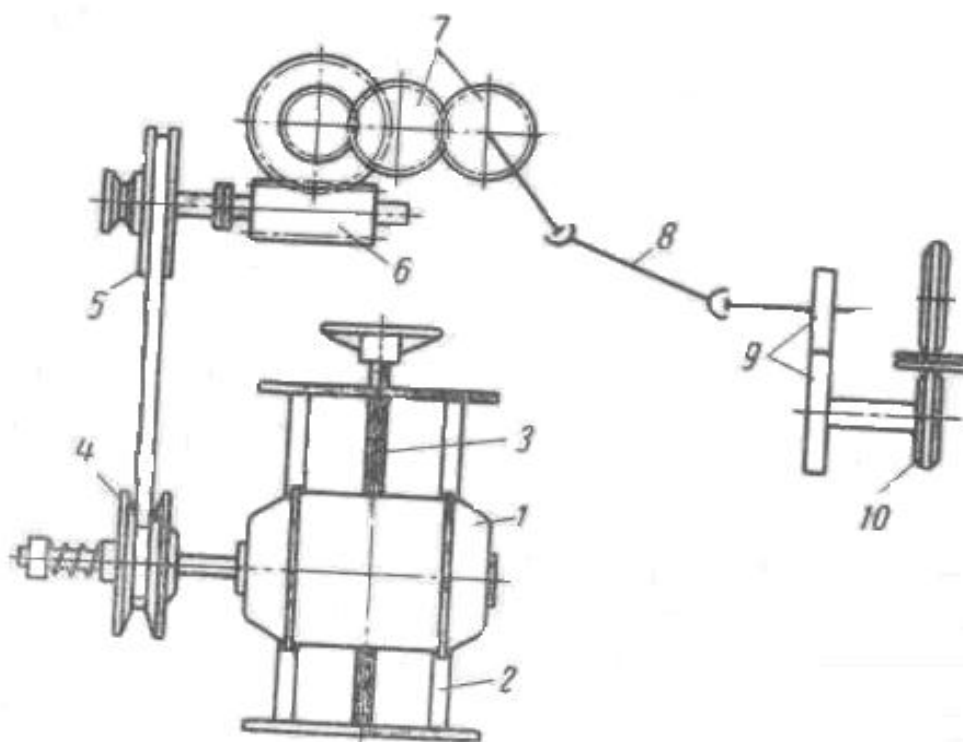
Существуют три основные разновидности шовной сварки: непрерывная, прерывистая и шаговая. Наиболее распространенной является прерывистая сварка, характеризующаяся непрерывным вращением роликов и прерывистым включением тока, при котором импульсы длительностью $t_{св}$ чередуются с паузами длительностью t_n . При прохождении импульсов тока формируются единичные сварные точки, совокупность которых образует сварной шов. Шаг точек l_1 и скорость сварки $V_{св}$ связаны зависимостью $l_1 = v_{св}(t_{св} + t_n)$. При $l_1 < l$ сварные точки перекрывают друг друга, в результате чего образуется герметичный (прочноплотный) шов.

Таблица 7.2 – Технические характеристики машин для шовной сварки переменным током

Параметр	Тип машины					
	МШ 2201	МШ 2202	МШ 3401	МШ 3207	МШ 3208	МШ 3404
Номинальное первичное напряжение, В	380					
Номинальная частота, Гц	50					
Номинальная мощность, кВт·А	71	127	323	270		250
Номинальный первичный ток, А	186	335	850	710		655
Наибольший вторичный ток, кА	22		34	32		34
Номинальный длительный вторичный ток, кА	11,25	14	22			32
Пределы регулирования вторичного тока, % от номинального значения	100 – 30					
Пределы регулирования длительности импульса сварочного тока, периоды	1 – 19	1 – 20				
Пределы регулирования длительности пауз, периоды	1 – 20					
Диапазон рекомендуемых толщин свариваемых деталей из низкоуглеродистой стали, мм	0,4 – 1,5	0,5 – 1,8	0,8 – 3	0,3 – 3		0,8 – 3
Номинальный вылет, мм	400	800				400
Ход верхнего сварочного ролика, мм	50	70		50		40
Пределы регулирования скорости сварки, м/мин	0,8 – 4,5	0,4 – 4,8		0,4 – 6		0,5 – 4,5
Номинальное усилие сжатия, кН	5	8		12,5		
Число ступеней регулирования коэффициента трансформации	8	6		12		6
Пределы изменения коэффициента трансформации	109 – 213	60 – 80	35 – 51	42 – 124		50 – 72
Сопротивление постоянному току вторичного контура, Ом	65*10 ⁻⁶	40*10 ⁻⁶	25*10 ⁻⁶			15*10 ⁻⁶

Продолжение таблицы 7.2

Параметр	Тип машины					
	МШ 2201	МШ 2202	МШ 3401	МШ 3207	МШ 3208	МШ 3404
Коэффициент мощности при номинальном вторичном напряжении в режиме короткого замыкания ($\cos\varphi$)	0,53	0,31	0,26	0,27	0,25	0,34
Расход сводного воздуха, м ³ /ч	1	1,5	2,3	2		
Расход охлаждающей воды, л/ч	450	1100	2500	2000		2500
Габаритные размеры, мм:						
высота	1770	2300	2360	2030	2030	2080
ширина	510	610	610	650	1025	960
длина	1465	2215	2215	2130	2095	1680
Масса, кг	620	1350	1700			



1 – электродвигатель для вращения ролика; 2 – направляющие для перемещения электродвигателя; 3 – винт; 4 – конический раздвижной диск; 5 – шкив редуктора; 6 – червяк; 7 – сменные шестерни; 8 – карданный вал; 9 – сменные шестерни карданного вала; 10 – нижний сварочный ролик
Рисунок 7.7 – Кинематическая схема шовных машин серии МШ

Согласно ГОСТ 15878–79 величина перекрытия литых зон герметичного шва должна быть не менее 25 % длины литой зоны 1 единичного соединения. Увеличение перекрытия свыше 50% приводит к перегреву деталей и повышенному износу роликов, а потому нецелесообразно.

Непрерывная шовная сварка выполняется при непрерывном вращении роликов и непрерывном (без пауз) включении сварочного тока. Непрерывное включение тока позволяет резко увеличить скорость сварки, однако приводит к перегреву поверхности деталей и требует более тщательного подбора параметров режима сварки. Шаговая сварка выполняется при прерывистом включении тока и прерывистом (шаговом) вращении роликов. При шаговой сварке сварочный ток включается только во время остановки роликов, что приводит к снижению температуры в контакте «ролик – деталь» и способствует повышению качества сварки и стойкости электродов. Шаговое вращение роликов применяется обычно при сварке алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

Требования к чистоте поверхности деталей при шовой сварке такие же, как и при точечной. Поверхности деталей должны быть свободны от грязи, ржавчины и окалины. Механическая или химическая обработка деталей при шовой и точечной сварке производится по одинаковой технологии. В качестве электродов при шовой сварке используются вращающиеся дисковые ролики с цилиндрическими (шириной $b_{эл}$) или сферическими (радиусом $R_{эл}$) рабочими

поверхностями. Размеры рабочей поверхности роликов выбираются из тех же ориентировочных соотношений, что и размеры рабочей поверхности электродов при точечной сварке. В большинстве случаев шовная сварка выполняется с наружным водяным охлаждением роликов и деталей.

Таблица 7.3 – Параметры соединений шовной сваркой

Толщина деталей, мм	Группа А			Группа В		
	d, не менее	В, не менее		d, не менее	В, не менее	
		Черные металлы и сплавы	Цветные металлы и сплавы		Черные металлы и сплавы	Цветные металлы и сплавы
0,3	2,5	6	10	1,5	4	6
Свыше 0,3 до 0,4	2,5	7	10	1,7	5	7
» 0,4 до 0,5	3	8	10	2	6	8
» 0,5 до 0,6	3	8	10	2,2	7	9
» 0,6 до 0,8	3,5	10	12	2,5	8	10
» 0,8 до 1,0	4	11	14	3	9	12
» 1 до 1,3	5	13	16	3,5	10	13
» 1,3 до 1,6	6	14	18	4	11	14
» 1,6 до 1,8	6,5	15	19	4,5	12	15
» 1,8 до 2,2	7	17	20	5	13	16
» 2,2 до 2,7	7,5	19	22	6	15	18
» 2,7 до 3,2	8	21	26	7	17	20
» 3,2 до 3,7	9	24	28	—	—	—
» 3,7 до 4	10	28	30	—	—	—

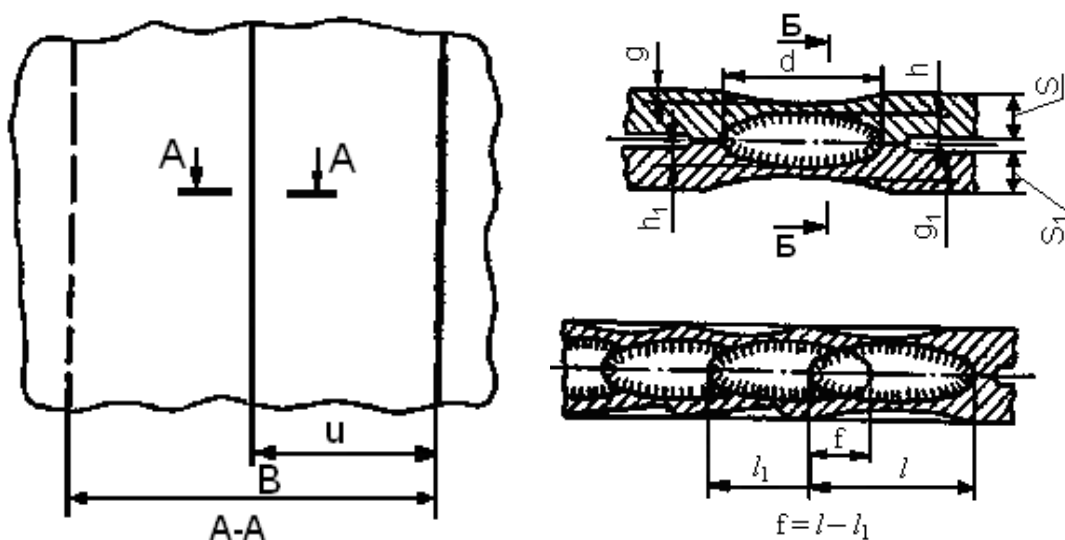


Рисунок 7.8 – Конструктивные элементы сварных соединений, выполненных шовной сваркой

Режимы шовной сварки характеризуются теми же основными параметрами, что и точечной (усилием сжатия, скоростью сварки, сварочным током и профилем рабочей поверхности роликов), а для прерывистой сварки – и циклом сварки (длительностью включения, паузой и шагом точек); влияние параметров режима на размеры и прочность сварных соединений при шовной и точечной сварке одинаково. Дополнительным параметром, характерным для шовной сварки с непрерывным вращением роликов, является скорость сварки $V_{св}$. При заданном шаге точек $V_{св}$ тем больше, чем меньше $t_{св}$ и $t_{п}$. Для повышения $V_{св}$ шовная сварка с прерывистым включением тока, как правило, выполняется на более жестких режимах (при меньших $t_{св}$), чем точечная. В связи с этим, а также из-за уменьшенного сопротивления свариваемых деталей, вызванного наличием вмятин на их поверхности и склейки в контакте «деталь – деталь», образовавшихся при формировании предыдущей точки, $I_{св}$ при шовной сварке с прерывистым включением тока значительно больше, чем при точечной. Однако при шовной сварке цветных сплавов $t_{св}$ устанавливается не ниже, а для высокопрочных алюминиевых сплавов даже выше, чем при точечной сварке. В связи с этим различие $I_{св}$ при шовной и точечной сварке цветных сплавов невелико.

При сварке первой точки шва вмятины на поверхности деталей и склейка в их контакте отсутствуют и сопротивление деталей такое же, как и при точечной сварке. Поэтому для предупреждения перегрева соединения и выплеска расплавленного металла ток $I_{св}$ при сварке первой точки должен быть на 10 – 15% меньше, чем при сварке всего шва.

Усилие электродов при шовной сварке должно быть несколько выше, чем при точечной. По мере повышения $V_{св}$ различие в значениях $F_{св}$ при шовной и точечной сварке растет. Усилие сжатия определяется размерами роликовых электродов. При нормальном диаметре роликов (200–250 мм) и нормальной их ширине (4–8 мм) удельное давление рекомендуется выбирать в пределах 50 - 150 МН/м² (5–15 кг/мм²). Для определения усилия сжатия пользуются динамометром.

Влияние теплофизических свойств свариваемых металлов на выбор параметров режимов при шовной сварке такое же, как и при точечной. В табл. 7.4 даны режимы прерывистой сварки низкоуглеродистой стали, а в табл. 7.5 – режимы скоростной сварки низкоуглеродистой стали на постоянном токе при непрерывном включении тока. Ориентировочные режимы сварки низколегированных сталей (с последующей обработкой деталей в печи) приведены в табл. 7.6. Режимы сварки жаропрочных сплавов приведены в табл. 7.7. Ориентировочные режимы сварки некоторых марок низкоуглеродистых сталей и жаропрочных сплавов приведены в табл. 7.8.

Скорость сварки зависит от мощности машины и толщины свариваемых листов. Обычно при сварке с прерывателем тока скорость составляет 0,5...3,0 м/мин. Скорость сварки измеряют следующим образом. При холостом ходе машины (без сварочного тока) между роликами пропускают стальную полосу длиной $l = 1$ м, по секундомеру замеряют время ее движения t и скорость сварки подсчитывают по формуле

$$V = \frac{l}{t}.$$

Таблица 7.4 – Режимы прерывистой сварки низкоуглеродистой стали

Толщина деталей, мм	I _{св} , кА	t _{св} , с	t _п , с	F _{св} , кН	V _{св} , м/мин
0,5	7 – 8	0,02 – 0,04	0,04 – 0,06	1,5 – 2	1,2 – 1,4
0,8	8,5 – 10	0,04 – 0,06	0,04 – 0,08	2 – 3	1 – 1,2
1	10,5 – 12	0,06 – 0,08	0,08 – 0,1	3 – 4	0,8 – 0,9
1,2	12 – 13	0,08 – 0,1	0,1 – 0,12	4 – 5	0,7 – 0,8
1,5	13 – 14,5	0,12 – 0,14	0,12 – 0,14	5 – 6	0,6 – 0,7
2	15,5 – 17	0,16 – 0,18	0,18 – 0,22	7 – 8	0,5 – 0,6
3	18 – 22	0,24 – 0,32	0,28 – 0,34	10 – 11	0,4 – 0,5

Обычно получают замеры для минимальной и максимальной скорости.

Сварочный ток зависит в основном от толщины и марки свариваемого металла, а также скорости сварки и длительности цикла. В среднем при шовной сварке ток выбирают в 1,5 – 2 раза больший, чем для аналогичных деталей при точечной сварке. Для измерения сварочного тока желательно использовать показывающие приборы, например импульсный амперметр АСТ-2, описание которого приведено в лабораторной работе № 4. При отсутствии таких приборов можно измерить первичный ток и пересчитать его по коэффициенту трансформации, как это показано в лабораторной работе № 1.

Таблица 7.5 – Режимы скоростной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина деталей, мм	t _{св} , с	d, мм	F _{св} , кН	I _{св} , кА
0,8	8	2,5	8	21
	12	2		22
1,5	4	5	7,5	23
		6	10	28
	6	5	15	30
2	3	7	15	35
	4	6	15	35
		7	20	40

Цикл шовной сварки с прерывателем тока складывается из продолжительности включения тока при сварке одной точки t_{св} и продолжительности паузы между последовательными включениями тока t_п, т. е.

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{св}} + t_{\text{п}}.$$

Таблица 7.6 – Режимы сварки низколегированных сталей с последующей термообработкой

Толщина деталей, мм	I _{св} , кА	t _{св} , с	t _п , с	F _{св} , кН	v _{св} , м/мин
0,5	7 – 8	0,11 – 0,12	0,12 – 0,16	3 – 3,5	0,8 – 0,9
0,8	7,5 – 8,5	0,12 – 0,14	0,14 – 0,2	3,5 – 4	0,7 – 0,8
1	9,5 – 10,5	0,14 – 0,16	0,18 – 0,24	5 – 6	0,6 – 0,7
1,2	12 – 13,5	0,16 – 0,18	0,22 – 0,3	5,5 – 6,5	0,5 – 0,6
1,5	14 – 16	0,18 – 0,2	0,26 – 0,32	8 – 9	0,5 – 0,6
2	17 – 19	0,2 – 0,22	0,3 – 0,36	10 – 11,5	0,5 – 0,6
2,5	20 – 21	0,24 – 0,26	0,32 – 0,4	12 – 14	0,4 – 0,5
3	22 – 23	0,3 – 0,32	0,36 – 0,44	14 – 16	0,3 – 0,4

Таблица 7.7 – Режимы сварки жаропрочных сплавов

Толщина деталей, мм	I _{св} , кА	t _{св} , с	t _п , с	F _{св} , кН	v _{св} , м/мин
0,3	5 – 6	0,06 – 0,1	0,06 – 0,1	4 – 7	0,6 – 0,8
0,5	4,5 – 7	0,08 – 0,12	0,08 – 0,14	5 – 8,5	0,5 – 0,6
0,8	6 – 8,5	0,1 – 0,16	0,16 – 0,22	6 – 10	0,3 – 0,45
1	6,5 – 9,5	0,14 – 0,18	0,24 – 0,28	7 – 11	0,3 – 0,45
1,2	7 – 10	0,16 – 0,2	0,28 – 0,32	8 – 12	0,3 – 0,4
1,5	8 – 11,5	0,2 – 0,26	0,38 – 0,5	9 – 13	0,25 – 0,4
2	9,5 – 13,5	0,24 – 0,32	0,48 – 0,6	10 – 14	0,2 – 0,35
2,5	11 – 14	0,3 – 0,38	0,56 – 0,68	11 – 16	0,15 – 0,3
3	12 – 16	0,36 – 0,46	0,6 – 0,78	12 – 17	0,15 – 0,25

Продолжительность цикла может быть определена по формуле

$$t_{\text{ц}} = \frac{3a}{50v},$$

где a – шаг точек, мм;

v – скорость сварки, м/мин.

Отношение $\frac{t_{\text{св}}}{t_{\text{ц}}}$ определяется свойствами свариваемого металла и для низкоуглеродистой стали составляет 0,4 – 0,6. Продолжительность включения тока зависит от толщины металла δ и при сварке низкоуглеродистой стали примерно составляет $(0,06...0,08)\delta$.

При шовной сварке возможно получение не только нахлесточных, но и стыковых соединений. Для этого между роликами и деталями помещаются две тонкие накладки из того же металла, что и свариваемые детали. Толщина

накладок составляет 0,2 – 0,3 мм, ширина – 3,5 – 6 мм. При сварке встык с накладками не требуется специальной подготовки свариваемых кромок и допускаются зазоры шириной до 20% толщины деталей. В зоне шва образуется утолщение, равное 10 – 50 % толщины деталей; при необходимости это утолщение может быть снято путем механической обработки.

Правильно установленный режим сварки гарантирует высокое качество шва. При нарушении режима сварки могут образовываться такие дефекты, как пережог, непровар, выплески, глубокие вмятины и т. д. (рис. 7.9 и табл. 7.4 – 7.8).

Таблица 7.8 – Ориентировочные режимы шовной сварки деталей из стали и жаропрочных сплавов

Металл	Толщина металла, мм	Ширина рабочей ча- сти электродов, мм	$F_{св}, \text{кН}$	$t_{св}, \text{с}$	$t_{пл}, \text{с}$	$I_{св}, \text{кА}$	$V_{св}, \text{м/мин}$
Отожженная холод- нокатаная низко- углеродистая сталь	0,5	4,0	1 – 2	0,04	0,04	8 – 10	1,0 – 2,0
	1,0	5,0	3 – 5	0,08	0,12	12 – 15	1,0 – 1,5
	1,5	7,0	4 – 6	0,1	0,14	14 – 18	0,6 – 1,0
	2,0	9,0	5 – 7	0,14	0,16	16 – 20	0,5 – 0,6
	3,0	11,0	7,5 – 9	0,18	0,18	20 – 24	0,5 – 0,7
Низколегированная сталь 30ХГСА	1,0	6,0	3 – 6	0,14	0,1	10 – 12	0,5 – 0,6
	1,5	7,0	4 – 7	0,18	0,12	15 – 17	0,5 – 0,6
	2,0	9,0	5 – 8	0,2	0,2	17 – 20	0,5 – 0,6
Аустенитная сталь X18Н9Т	0,5	4,0	1,5 – 4	0,06	0,06	4 – 8	1,0 – 2,5
	1,0	6,0	3 – 6	0,1	0,1	8 – 10	0,6 – 1,0
	2,0	9,0	6 – 10	0,14	0,16	10 – 14	0,5 – 0,7
	3,0	11,0	12 – 13	0,16	0,18	15 – 17	0,5 – 0,6
Жаропрочные спла- вы типа нихром ХН75Т, ХН78Т	1,0	6,0	5 – 6	0,12	0,12	10 – 13	0,7 – 1,0
	1,5	7,0	7 – 8,5	0,12	0,14	13 – 15	0,7 – 1,0
	2,0	9,0	9 – 10	0,14	0,16	14 – 17	0,6 – 0,7

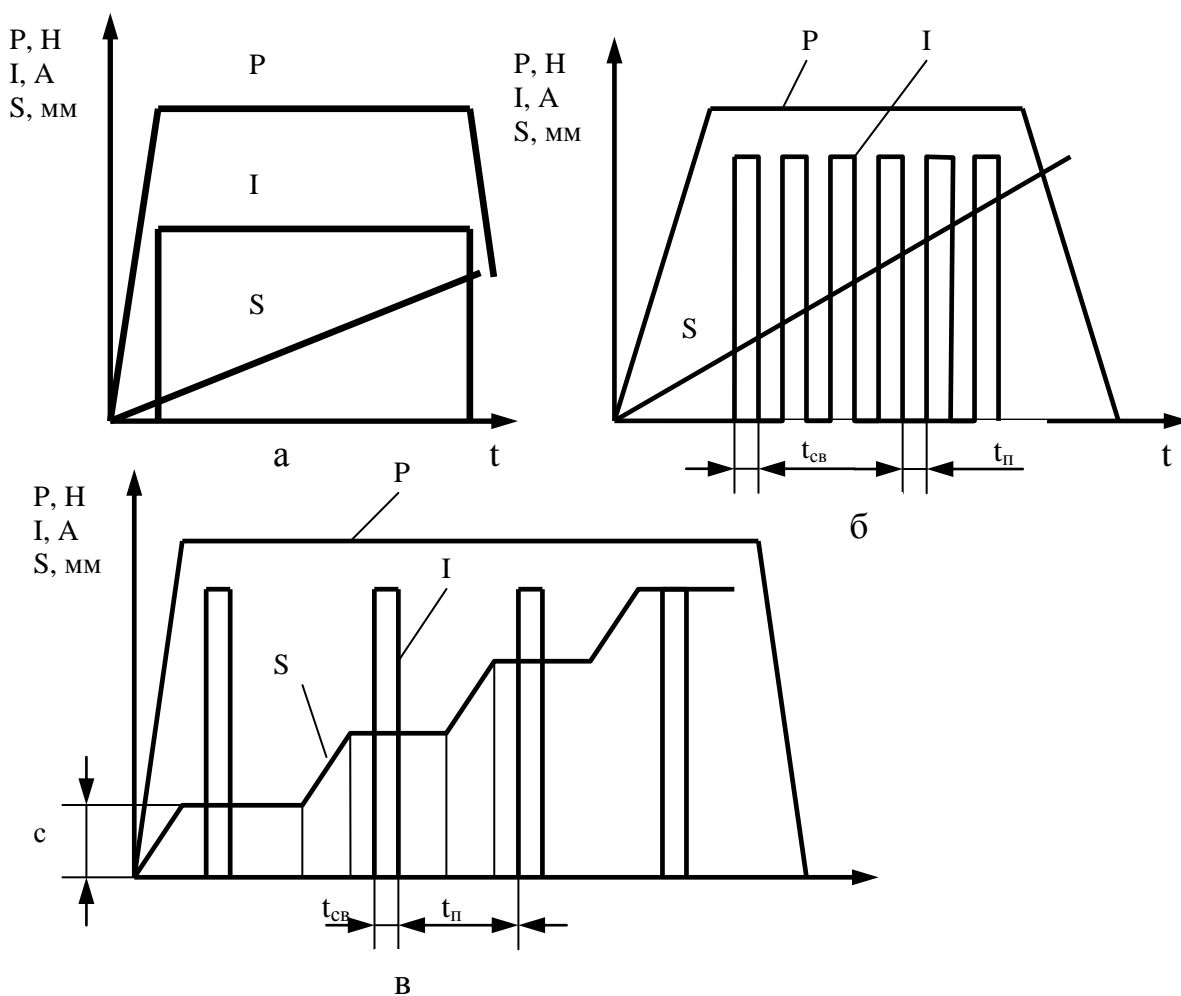
Пережог образуется в результате слишком большой выдержки под током ($t_{св}$), малого давления, малой скорости сварки и плохого прилегания свариваемых деталей. Пережог характеризуется окисленной поверхностью и большим ореолом цветов побежалости вокруг отдельных точек.

Причинами непровара являются малый ток, недостаточное время выдержки под током, малое давление и слишком высокая скорость сварки. При

сварке металла с загрязненной поверхностью могут образовываться пережог и непровар. Очень часто при этом наблюдаются выплески металла.

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

Качество сварных швов проверяют на образцах. С этой целью на установленном режиме сваривают две пластины, которые сначала осматривают, а затем разрушают в разрывных машинах или тисках. При этом определяется величина разрушающего усилия и характер разрушения. Форма образца для испытаний на растяжение приведена на рис. 7.10, а.



а – непрерывная сварка; б – прерывистая сварка; в – шаговая сварка;
I – ток; P – усилие сжатия; S – перемещение роликов; с – шаг подачи роликов

Рисунок 7.9 – Диаграммы циклов шовной сварки

Для определения герметичности швов сваривают «карманы» (см. рис. 7.10, б). Это две пластины, обваренные по дуге. После сварки с помощью зубила пластины отгибают и вместо разъема наливается несколько граммов керосина. Для лучшего выявления дефектных мест внешнюю часть «кармана» предварительно покрывают водным раствором мела или каолина и просушивают. Неплотности шва обнаруживают по появлению жирных ржавых точек на мело-

вом или каолиновом покрытии. Появление отдельных точек указывает на наличие неплотностей (например, местных прожогов), а появление полосок свидетельствует о значительных непроводах.

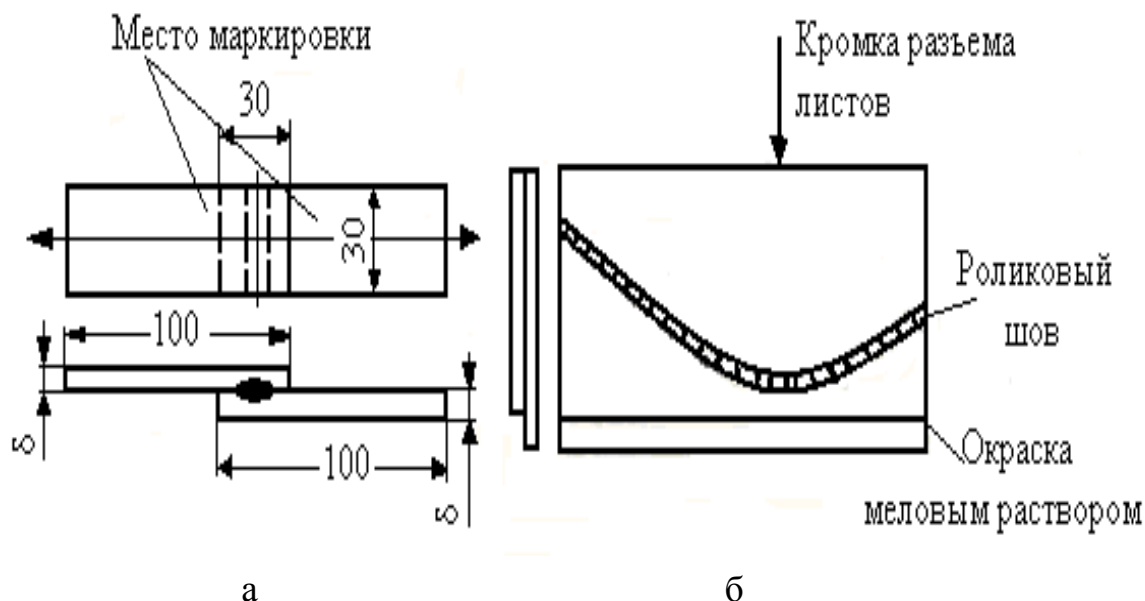


Рисунок 7.10 – Образцы для испытания шовной сварки

7.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машины для шовной сварки с различными механизмами сжатия.
- 2 Амперметр типа АСТ-2 (при отсутствии его можно использовать амперметр и два вольтметра, применяемые в лабораторной работе № 1).
- 3 Пластины из листовой холоднокатаной низкоуглеродистой стали толщиной 0,5 – 2 мм (80x200 мм).
- 4 Секундомер.
- 5 Мел или каолин.
- 6 Кисточки.
- 7 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, инструментом и спецодеждой.
- 8 Описания, чертежи, схемы и необходимые справочные материалы.

А Ознакомление с конструкцией шовной машины

По заданию преподавателя должна быть хорошо изучена одна из машин с педальным, электромеханическим или пневматическим приводом механизма сжатия. С машинами остальных типов следует только ознакомиться.

- 1 Внимательно прочитать описание шовной машины, найти ее основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
- 2 Охарактеризовать механизм сжатия, схематически зарисовать его устрой-

- ство и замерить минимальное и максимальное усилие сжатия.
- 3 Описать тип трансформатора и вычертить схему расположения первичной и вторичной обмоток.
 - 4 Зарисовать схему и пояснить работу переключателя ступеней мощности.
 - 5 Привести схему механизма вращения роликов, описать способ измерения скорости сварки и определить максимальное и минимальное ее значение.
 - 6 Описать тип прерывателя тока, определить число прерываний тока в единицу времени, а также подсчитать продолжительность цикла, продолжительность сварки и продолжительность паузы.
 - 7 Определить вылет, вычертить конструкцию роликов и установить, из какого металла они изготовлены.
 - 8 Вычертить схему водяного охлаждения.
 - 9 Составить техническую характеристику машины.

Б Выявление влияния отдельных параметров режима шовной сварки на внешний вид и качество сварного соединения

- 1 Заготовить таблицу для записи данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки низкоуглеродистой стали и настроить машину.
- 3 Сварить две пластины, оценить полученное соединение по внешнему виду и внести необходимые поправки в первоначально выбранный режим.
- 4 Повторить сварку пластин, определяя при этом сварочный ток, усилие сжатия и скорость сварки.
- 5 Сварить «карман» и испытать его керосином.
- 6 Сварить шесть швов, изменяя при этом в одну и другую сторону один из параметров режима: а) сварочный ток (при помощи переключателя ступеней мощности); б) усилие сжатия (при помощи натяга пружины или давления сжатого воздуха); в) скорость сварки (при помощи сменных шестерен или вариатора скоростей).
- 7 Определить качество сварного соединения по внешнему виду и после разрушения образцов.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные узлы шовных машин для контактной сварки.
- 2 Опишите работу шовных машин с педальным (пружинным), электромеханическим и пневматическим приводами.
- 3 Как устроены механизмы вращения роликовых электродов?
- 4 Опишите устройство скользящих токоподводов.
- 5 Каково назначение и как устроены прерыватели тока?
- 6 Начертите возможные циклы шовной сварки и поясните их.
- 7 Что входит в режим шовной сварки и как его выбирают?

- 8 Каково влияние основных параметров режима шовной сварки на качество сварного шва?

7.3 Отчет о лабораторной работе № 7

Изучение конструкции шовной (роликовой) контактной машины и сварка на ней низкоуглеродистой стали

Фамилия студента _____
Группа _____ Дата выполнения работы _____

А Ознакомление с конструкцией шовной машины

(Общая схема шовной машины с обозначением отдельных узлов)
(Схема механизма сжатия)

Усилие сжатия:

- а) минимальное: _____
б) максимальное: _____

(Схема расположения обмотки трансформатора)
(Схема переключателя ступеней мощности)
(Схема механизма вращения роликов)

Скорость сварки:

- а) минимальная: _____
б) максимальная: _____

Таблица – Характеристика прерывателя тока

Тип прерывателя	Число прерываний тока n/c		Продолжительность, с					
			цикла $t_{\text{ц}}$		сварки $t_{\text{св}}$		паузы $t_{\text{п}}$	
	min	max	min	max	min	max	min	max

(Схема вылета электродов)
(Схема водяного охлаждения)
(Техническая характеристика машины)

Б Выявление влияния отдельных параметров режима шовной сварки на внешний вид и качество сварного соединения

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Толщина ме- талла, мм	Характеристика ре- жима	Степень мощ- ности	Сварочный ток $I_{св}$, А	Усилие сжатия, P , Н (кг)	Скорость свар- ки $V_{св}$, м/мин	Результаты ис- пытаний
	Нормальный					
	С уменьшением од- ного из параметров					
	С увеличением одно- го из параметров					

8 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ТИРИСТОРНЫХ КОНТАКТОРОВ

8.1 Общие сведения

В однофазных машинах контактной сварки включение и отключение сварочного тока осуществляется тиристорными контакторами. Синхронность включения сварочного тока, программирование его действующего значения и задание законов его регулирования, длительность протекания тока обеспечиваются различного рода управляющими блоками, регуляторами сварочного цикла, устройствами на базе микросредств управляющей вычислительной техники.

Ранее выпускавшиеся тиристорные контакторы с водяным охлаждением КТ-1, КТ-02, КТ-03 и КТ-04 в комплекте с программными регуляторами цикла сварки позволили практически полностью заменить контакторы на игнитронах и улучшить качественные показатели машин для точечной, шовной и рельефной сварки – повысили надежность работы, исключили пропуски включения сварочного тока, увеличили КПД машин и снизили расход охлаждающей воды. Вместе с тем накопленный опыт эксплуатации этих контакторов выявил и их основные недостатки. К ним относятся частое засорение гидрореле, контролирующего расход охлаждающей воды, выход из строя отдельных элементов при случайном попадании на них воды из системы охлаждения, выход из строя тиристоров, относительно большие габариты контакторов и ряд других.

В настоящее время серийно выпускаются контакторы типов КТ-07, КТ-11

и КТ-12 (рис.8.1). В них устранены основные недостатки устаревших типов контакторов КТ-1, КТ-02, КТ-03 и КТ-04.



а

б

в

а – КТ-07; б – КТ-11Е; в – КТ-12С

Рисунок 8.1 – Контакторы тиристорные

Контакторами КТ-07 комплектуются машины мощностью до 150 кВ·А. Эти контакторы имеют воздушное охлаждение. Такие контакторы комплектуются тиристорами штыревой конструкции единой серии в металлокерамических корпусах с повышенной циклостойкостью Т171-250 (ТУ 16-279.105-81) с охладителями 0181-80 (ТУ 16.279.377-83).

Контакторы КТ-11 и КТ-12 используются для машин большей мощности и комплектуются тиристорами таблеточного исполнения соответственно типа Т2-320 и Т500 (ТУ 16-529.793-73). Эти тиристоры имеют водяное охлаждение. Для контроля температуры охладителей вместо применяемых ранее гидрореле типа РГС в контакторах КТ-11 и КТ-12 применены термореле на основе термобиметаллических слабовыпускных сферических мембран (дисков). Действие термореле основано на свойстве диска скачкообразно изменять направление прогиба (выхлопывать) при достижении заданной температуры. В настоящее время в качестве такого термореле, отвечающего требованиям применения в тиристорных контакторах по интервалу температур срабатывания, применяется в основном ДРТ-Б-60. Реле имеет температуру срабатывания $(60 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и температуру возврата при охлаждении $(45 \pm 10) ^\circ\text{C}$. Датчик реле крепится к плоской поверхности охладителя тиристора при помощи пружинящей скобы. При достижении установленной температуры корпуса охладителя и корпуса реле диск выхлопывает и через толкатель, коромысло и контактную пружину размыкает контакты реле. Размыкающие контакты включаются последовательно в цепь запуска («педаль») регулятора цикла или блока управления для сохранения четности полувольт тока, проходящих через трансформатор сварочной машины.

В процессе эксплуатации на тиристорах могут возникать кратковременные импульсы перенапряжения, которые могут привести к электрическому пробое тириستоров. Возможными причинами перенапряжений являются грузовые или коммутационные перенапряжения в сети, а также внутренние перенапряжения в сварочной машине, появляющиеся в момент размыкания электродов после интервала с несимметричным по фазе включением тиристоров вследствие разрыва тока намагничивания сварочного трансформатора.

Для защиты от коммутационных перенапряжений используются варисторы – нелинейные полупроводниковые (оксидно-цинковые) резисторы с симметричной вольт-амперной характеристикой. Они включаются параллельно тиристорам.

Принципиальные схемы контакторов КТ-07, КТ-11 и КТ-12 отличаются лишь параметрами цепей R1-C1 и типами тиристоров. Реле в контакторах КТ-11 и КТ-12 и включение их размыкающих контактов в цепь запуска системы управления на схеме (рис. 8.2) не приведены.

Рисунок 8.2 – Принципиальные электрические схемы контакторов КТ-07, КТ-11 и КТ-12

Схемы контакторов сохраняют унифицированный узел индикации полнофазного включения контактора на базе лампы тлеющего разряда МТХ-90 (VL-VD1-R2-R3). При использовании аппаратуры управления с фазовращателем без стабилизации сварочного тока, выпускавшейся ранее, при установке наибольшего значения тока («нагрев») поворотом ручки настройки на коэффициент мощности подбирается положение, при котором полностью гаснет лампа VL. Настройка аппаратуры на коэффициент мощности машины с фазовращате-

лем, имеющим узел стабилизации сварочного тока при колебаниях напряжения питающей сети, проводится аналогично, но при установке минимально возможного уровня напряжения питающей сети.

Цепи управления тиристорами в контакторах КТ–07, КТ–11 и КТ–12 включают в себя конденсаторы C_2 и C_3 для повышения помехозащищенности. При выбранном значении емкостей этих конденсаторов 0,1 мкФ длительность нарастания фронта импульса тока управления с учетом индуктивности рассеяния трансформатора значительно меньше минимальной длительности входного импульса.

Параметры входных импульсов для включения тиристорov соответствуют выходным характеристикам выпускаемых и проектируемых регуляторов цикла сварки, блоков управления и контроллеров: напряжение ограничено пределами 15 – 25 В, ток – эквивалентным сопротивлением 6 Ом, длительность импульса 100 – 300 мкс.

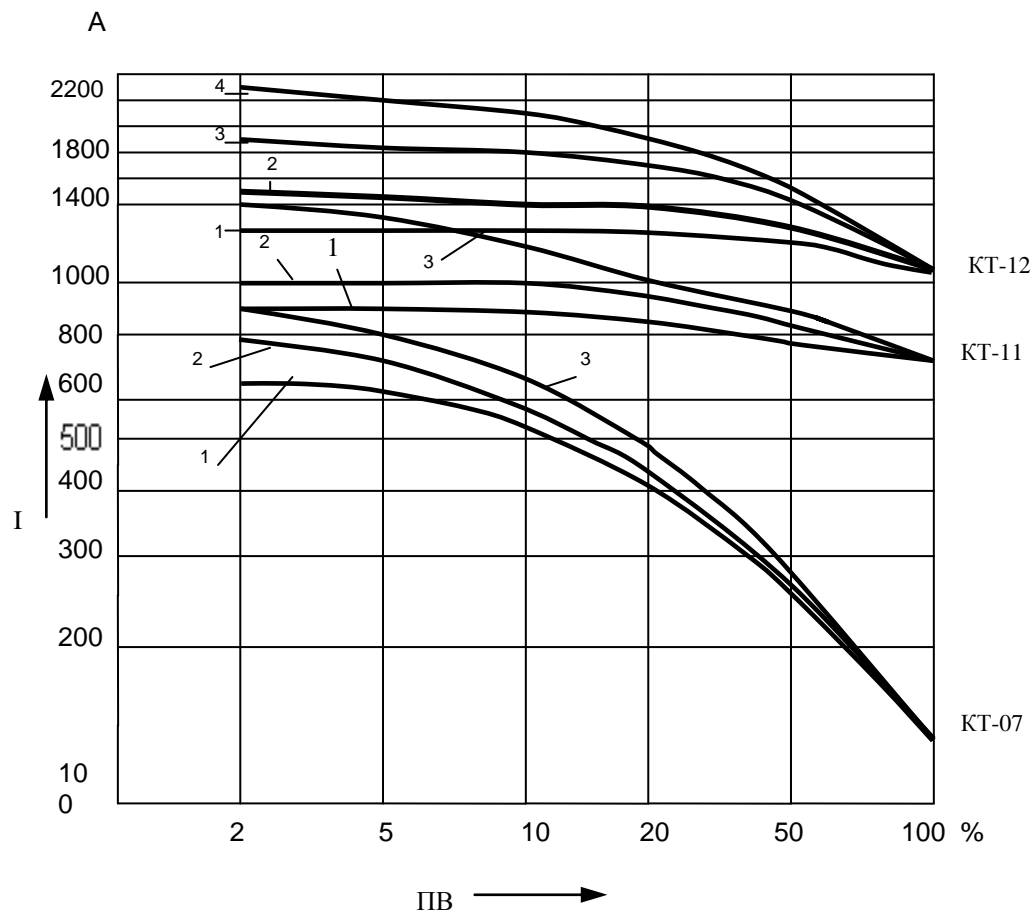
Предельно допустимые токи контакторов были определены на основе вычисления усредненного теплового воздействия тока на структуру тиристорov исходя из предельной температуры полупроводниковой структуры, равной 125 °С, при максимальной температуре охлаждающей воды +25 °С для контакторов КТ–11 и КТ–12 и температуре окружающего воздуха +40 °С для умеренного и +55 °С для тропического климата для контакторов КТ–07. При этом учитывались пульсации температуры с частотой питающей сети. Результаты этих расчетов на ЭВМ представлены на рис. 8.3.

Для контактора КТ–07 предельно допустимый ток ограничивается только температурой полупроводниковой структуры и зависит в основном от ПВ и в меньшей степени – от длительности импульсов сварочного тока.

Предельные токи контакторов КТ–11 и КТ–12 относительно слабо зависят от расхода воды и ПВ, особенно при повышенной длительности импульса сварочного тока.

Тиристорный контактор КТ–12 обладает наибольшей коммутирующей способностью и применяется в машинах мощностью до 800 кВ·А. В случае, если электрической мощности не хватает, вместо игнитронных контакторов или нестандартных тиристорных контакторов на более мощных таблеточных тиристорах (например Т-1250, применяемых в контакторе КТ-10 для специальных установок) может оказаться целесообразным использовать одну из схем совместного включения двух (K_1 и K_2) тиристорных контакторов КТ–11 и КТ–12 (рис. 8.4) или параллельного включения нескольких контакторов и разделения токов между ними с помощью уравнивательных реакторов. При параллельном соединении вторичных обмоток сварочных трансформаторов (рис. 8.4, а) необходимо, чтобы тиристорные контакторы можно было включать при малых напряжениях (до 12 В), регламентируемых техническими характеристиками тиристорov. При последовательном включении вторичных обмоток сварочных трансформаторов (двухточечная сварка или двухсторонний подвод тока – рис. 8.4, б) на запаздывающем по времени включении контакторе возникают импульсные перенапряжения на тиристорах. Уровень минимального напряжения на контакторах и параметры защитных цепей – варисторов и R-С-цепей – обеспечивают

возможность такого последовательного и параллельного соединения контакторов КТ-11 и КТ-12 без применения дополнительных мер.



1 – 6 с; 2 – 2 с; 3 – 0,5 с; 4 – 0,2 с

Рисунок 8.3 – Предельно допустимые токи контакторов КТ-07, КТ-11, КТ-12 в зависимости от ПВ и длительности импульса сварочного тока

В табл. 8.1 приведены технические характеристики рассмотренных тиристорных контакторов.

8.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Контактёр тиристорный типа КТ в комплекте со сварочной контактной машиной.
- 2 Секундомер.
- 3 Описания, рисунки и схемы контактора.

А Ознакомление с конструкцией контактора

- 1 Прочитать описание контактора, найти его основные узлы, выяснить их назначение и схематически зарисовать его внешний вид.

- 2 Ознакомиться с работой электрической схемы контактора.
- 3 Составить техническую характеристику контактора.
- 4 Ознакомиться с последовательностью включения контактора в работу.

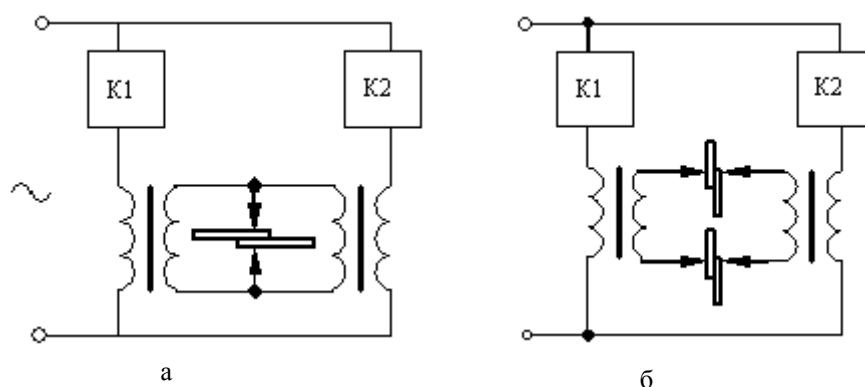


Рисунок 8.4 – Совместное включение двух тиристоров при параллельном (а) и последовательном (б) соединении вторичных обмоток сварочных трансформаторов

Таблица 8.1 – Технические данные контакторов тиристорных (взамен игнитронов)

Параметр	КТ-07Э	КТ-11Э	КТ-12Э	КТЭ-500
Напряжение питающей сети, В	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота питающей сети, Гц	50	50	50	50
Номинальный ток при ПВ и длительности включения, А:				
– ПВ 50%, $t=0,5$ с	250	800	1500	500
– ПВ 20 %, $t=0,5$ с	480	1000	1750	1000
– ПВ 5 %, $t=0,2$ с	970	1300	2200	2300
Расход охлаждающей воды, л/мин, не менее	5	3	5	-
Температура охлаждающей воды на входе, °С	-	+5...+25	+5...+25	-
Охлаждение воздушное естественное	+	-	-	+

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначены тиристорные контакторы?
- 2 Как осуществляется контроль температуры охладителя тиристорного контактора?
- 3 Расскажите о параллельном и последовательном включении контакторов.
- 4 Каковы недостатки контакторов КТ-1, КТ-02, КТ-03, КТ-04?

- 5 Как осуществляется защита коммутирующих приборов от перенапряжений в контакторах КТ-07, КТ-11 и КТ-12 и каковы причины этих перенапряжений?

8.3 Отчет о лабораторной работе № 8

Изучение тиристорного контактора типа КТ

Фамилия студента _____
Группа _____ Дата выполнения _____

А Ознакомление с конструкцией контактора

(Внешний вид контактора)
(Электрическая схема)
(Схема включения на параллельную и последовательную работу)
(Техническая характеристика)

Выводы по работе _____
Подпись студента _____
Заключение преподавателя _____

9 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ВЛИЯНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАСС, ВВЕДЕННЫХ В КОНТУР МАШИНЫ, НА КАЧЕСТВО ШОВНОЙ (РОЛИКОВОЙ) СВАРКИ

9.1 Общие сведения

Ферромагнитные массы, введенные в контур сварочной машины, оказывают большое влияние на ее электрические параметры. При этом значительно повышается индуктивное сопротивление сварочной цепи, в результате чего заметно уменьшается сварочный ток, что может привести к браку при сварке. На рис. 9.1 показаны изменения тока в сварочной цепи при введении в контур машины ферромагнитных стальных листов. При перемещении листов внутрь контура на величину x сварочный ток уменьшается с I_0 до I_x . Так, например, введение в контур машины мощностью 40 кВ·А стальных листов сечением 45 см² уменьшает сварочный ток примерно в 2 раза. Особенно заметно уменьшается сварочный ток при надевании на хобот машины массивных цилиндрических деталей из магнитных металлов (стальных обечаек, труб и т. д.).

Введение ферромагнитных масс во вторичный контур иногда используется для уменьшения мощности машины, когда необходимо сварить тонкий металл на машине большой мощности. В этом случае устанавливают первую ступень, максимально увеличивают площадь вторичного контура (разводят и вы-

двигают хоботы), а на один из хоботов навешивают массивные стальные кольца (рис. 9.2). Количество таких колец подбирают опытным путем.

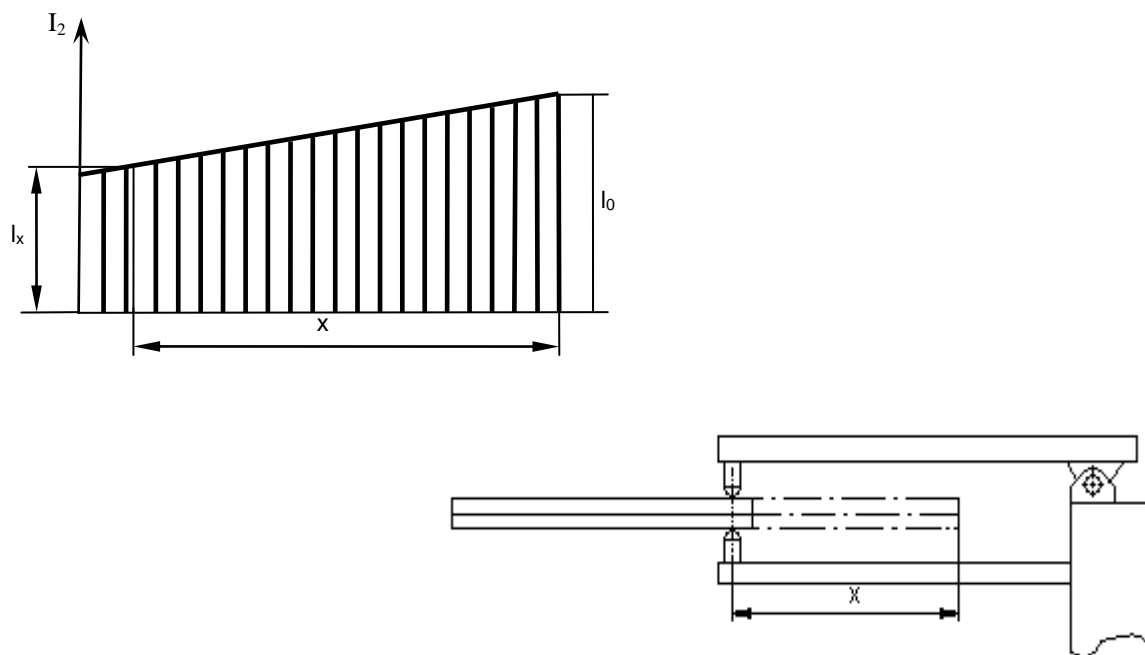


Рисунок 9.1 – Изменение тока в сварочной цепи при введении в контур машины магнитного металла

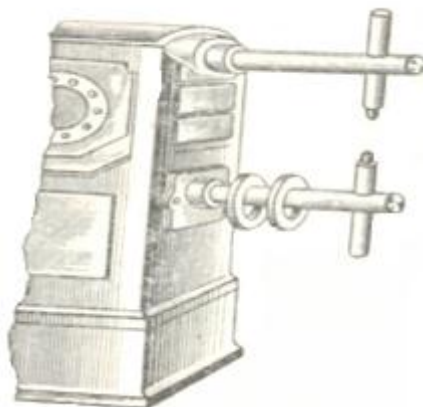


Рисунок 9.2 – Введение во вторичный контур ферромагнитных масс

Чтобы сохранить нормальный КПД машины и получить высокое качество сварки, необходимо изделие располагать вне вторичного контура машины. Кроме этого, следует избегать введения во вторичный контур различного рода громоздких приспособлений из магнитных металлов.

Наличие ферромагнитных масс следует учитывать при опытном подборе режима сварки. Иногда опытную сварку производят на небольших образцах. Подбрав для них необходимую ступень мощности, сваривают громоздкие детали. При этом упускают из виду, что громоздкие детали, находящиеся внутри контура, увеличивают индуктивное сопротивление сварочной цепи, качество сварки ухудшается. Поэтому подобранный режим сварки для небольших образцов следует корректировать при переходе на крупные изделия.

9.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машина для шовной (роликовой) сварки.
- 2 Вольтметр на 220 или 380 В.
- 3 Амперметр на 5 А с трансформатором тока 600/5 или токоизмерительные клещи Ц-30.
- 4 Ваттметр с трансформатором тока.
- 5 Ножницы для резки металла.
- 6 Разрывная машина.
- 7 Тиски.
- 8 Миллиметровая линейка.
- 9 Штангенциркуль.
- 10 Молоток.
- 11 Зубило.
- 12 Пластины из листовой холоднокатаной низкоуглеродистой стали толщиной 0,5 – 2, шириной 80 и длиной 200 мм.
- 13 Набор стальных колец (ферромагнитных масс).
- 14 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, с инструментом и спецодеждой.

А Изучение влияния ферромагнитных масс на электрические параметры машины

- 1 Вычертить принципиальную электрическую схему машины с включением необходимых электроизмерительных приборов.
- 2 Вычертить схему расположения ферромагнитных масс во вторичном контуре.
- 3 Заготовить таблицу для записей данных измерений и вычислений (см. форму отчета).
- 4 Собрать схему и предъявить ее для проверки.
- 5 Замкнуть накоротко вторичную цепь и на одной из первых ступеней включения замерить ток короткого замыкания в первичной обмотке $I_{1к}$, напряжение питающей сети U_1 и потребляемую мощность P_k .
- 6 Определить площади поперечного сечения стальных колец, надеть одно из них на нижний хобот машины и повторно снять показания приборов.
- 7 Последовательно надевать остальные кольца и каждый раз снимать показания приборов. Количество замеров должно быть не менее 4 – 5.
- 8 По данным опыта вычислить $\cos \varphi$ для каждого замера:

$$\cos \varphi = \frac{P_k}{U_1 I_{1к}}.$$

- 9 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

- 10 По табличным данным построить графики зависимости I_1 , P и $\cos \varphi$ от количества ферромагнитной массы F .
- 11 Разобрать схему.

Б Изучение влияния ферромагнитных масс на качество сварного шва

- 1 Заготовить таблицу для записей данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки низкоуглеродистой стали, установить его на машине и сварить шов.
- 3 Не меняя режима, надеть на нижний хобот машины несколько стальных колец и сварить другой шов.
- 4 Надеть на нижний хобот максимально возможное количество колец и сварить третий шов.
- 5 Для каждого из образцов замерить ширину зоны цветов побежалости, оценить качество шва по внешнему виду.
- 6 Разрушить образцы, замерить ширину шва и оценить качество сварки по излому.

Контрольные вопросы

- 1 Что называется ферромагнитными массами?
- 2 Какое влияние оказывают ферромагнитные массы на индуктивное сопротивление сварочной цепи?
- 3 Как изменяется сварочный ток при введении в контур машины ферромагнитных масс?
- 4 Как влияют ферромагнитные массы на $\cos \varphi$ и КПД машины?
- 5 Изложите меры борьбы с влиянием ферромагнитных масс на качество сварочного шва.

9.3 Отчет о лабораторной работе № 9

Влияние ферромагнитных масс, введенных в контур машины, на качество шовной (роликовой) сварки

Фамилия студента _____
Группа _____ Дата выполнения _____

А Изучение влияния ферромагнитных масс на электрические параметры машины

(Схема включения электроизмерительных приборов)
(Схема расположения ферромагнитных масс)

Таблица для записей данных измерений и вычислений

Тип машины	№ ступени трансформатора	Измерения				Вычисления
		Ферромагнитная масса F , см ²	Напряжение в сети U_1 , В	Ток в первичной цепи $I_{1к}$, А	Потребляемая из сети мощность P_k , Вт	$\cos \varphi$

Вычисления _____

График

Выводы по работе _____

Б Изучение влияния ферромагнитных масс на качество сварного шва

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Толщина металла, мм	№ образца	Ферромагнитная масса, см ²	Ширина зоны цветов побежалости, мм	Ширина шва, мм	Результаты осмотра и испытаний

Выводы по работе _____

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ СВАРКИ НА КОНДЕНСАТОРНЫХ МАШИНАХ

10.1 Общие сведения

Процесс точечной конденсаторной сварки состоит в том, что электрическая энергия постепенно накапливается в батарее конденсаторов, а затем очень быстро расходуется на нагрев деталей в месте сварки. Обычно время зарядки конденсаторов составляет немногим меньше одной секунды, а разряд их происходит за десятые и сотые доли секунды. Это дает возможность получить большие сварочные токи при потреблении из сети сравнительно небольшой мощности.

В конденсаторной машине для точечной сварки (рис. 10.1) замыканием выключателя ПК с контактом К через сопротивление R конденсатор С заряжается от источника питания U_n . Зарядка происходит до тех пор, пока напряжение U_c на конденсаторе не достигнет напряжения источника питания U_n . В дальнейшем выключатель ПК замыкают с контактом K_1 и конденсатор разряжается на первичную обмотку сварочного трансформатора ТС, во вторичной цепи протекает кратковременный ток большой силы.

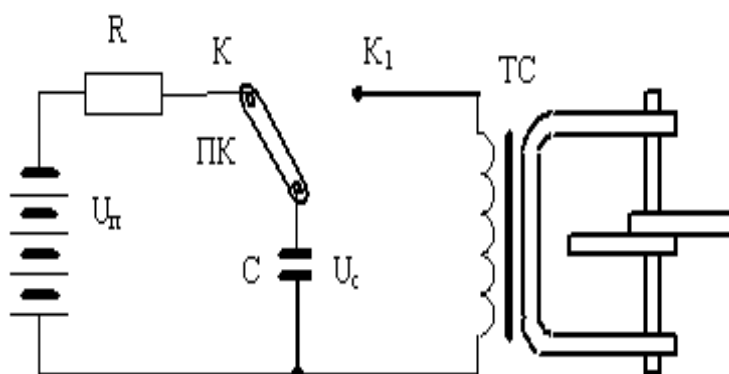


Рисунок 10.1 – Принципиальная электрическая схема конденсаторной машины

Количество энергии, аккумулируемой батареей конденсаторов, Вт·с зависит от емкости конденсаторов и напряжения на них:

$$W_k = \frac{CU_c^2}{2},$$

где C – емкость конденсатора, мкФ;

U_c – напряжение на конденсаторе, В.

Изменяя емкость батареи конденсаторов и коэффициент трансформации сварочного трансформатора, можно регулировать количество электроэнергии, расходуемой на сварку. При этом расходуется довольно точное количество теплоты в течение определенного времени, что гарантирует хорошее качество сварного соединения.

Кратковременность импульса тока большой силы и точная его дозировка

по величине и продолжительности позволяют применять конденсаторные машины для сварки различного рода цветных металлов и их сплавов.

Преимущества конденсаторной сварки заключаются в малой мощности, потребляемой из сети, высоком $\cos \varphi$, сравнительно малых потерях энергии, накопленной конденсаторами, и высокой точности настройки режима сварки. Среди недостатков следует выделить высокое напряжение в первичной цепи сварочного трансформатора и большую стоимость высоковольтных конденсаторов.

Основные требования, предъявляемые к конденсаторным машинам для точечной сварки изделий малых толщин, сводятся к обеспечению высокой точности и стабильности воспроизведения параметров электрической и механической настройки машины: емкости и напряжения конденсаторной батареи, усилия сжатия электродов. Одной из характерных особенностей машин малой электрической мощности является относительно низкая индуктивность вторичного контура, что обуславливает кратковременность импульсов сварочного тока (в пределах 1 – 5 мс). При уменьшении толщин свариваемых деталей возрастает роль контактного сопротивления между деталями при выделении теплоты, требуемой для формирования сварного соединения. В начальный период сварки контактное сопротивление между деталями колеблется в больших пределах. Эта нестабильность контактного сопротивления в сочетании с кратковременностью импульса сварочного тока может привести к нестабильному качеству сварного соединения при сварке малых толщин. Например, при сварке проволок между собой или приварке их к плоским изделиям привод электродов не успевает поддерживать усилие на электродах неизменным, что приводит к его значительному уменьшению и выплеску расплавленного металла. Перечисленные выше факторы обуславливают необходимость создания в конденсаторных машинах для сварки изделий малых толщин дополнительного, подогревного импульса тока или начальной фазы сварочного тока, обеспечивающей предварительный подогрев свариваемых деталей с целью стабилизации контактного сопротивления между свариваемыми деталями, и предварительную осадку при сварке проволок. По возможности необходимо снижать массу привода для повышения его надежности. Такой предварительный подогрев может осуществляться с помощью дросселя насыщения, установленного в разрядной цепи конденсатора (ТКМ-15, ТКМ-17). Пока дроссель насыщается, токи в первичной, а значит и во вторичной обмотках сварочного трансформатора относительно небольшие. В это время происходит прогрев свариваемых деталей, при котором стабилизируется их контактное сопротивление, а при сварке проволок – их осадка, что предотвращает начальный выплеск расплавленного металла. После насыщения сердечника дросселя его индуктивное сопротивление резко снижается и токи в обмотках трансформатора значительно возрастают. При этом происходит сварка изделий. В ряде других машин (МТК-2001) предварительный подогрев свариваемых изделий осуществляется переменным током, а сварка – при разряде конденсатора.

Точечная конденсаторная машина МТК-2001

Машина (рис. 10.2) предназначена для сварки внахлест изделий из черных и цветных металлов и сплавов толщиной от 0,1 + 0,1 до 1 + 1 мм и проволок диаметром от 0,2 + 0,2 до 1,5 + 1,5 мм, а также для приварки изделий толщиной от 0,1 до 0,6 мм к изделиям толщиной до 40 мм.

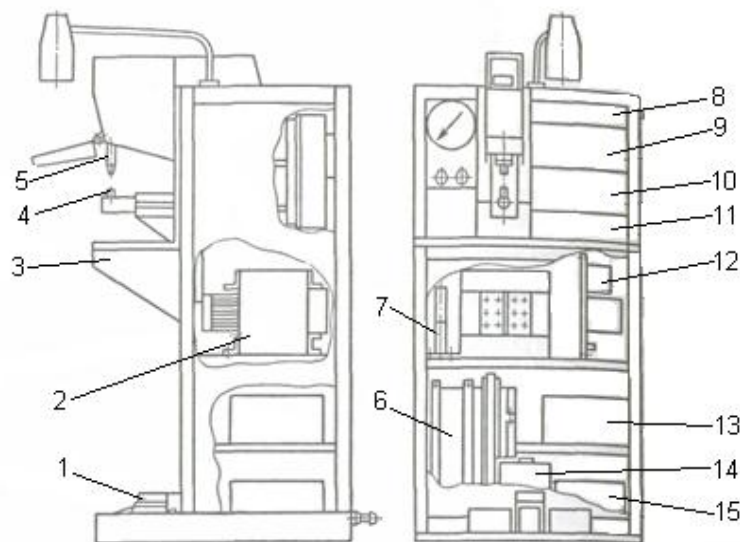


Рисунок 10.2 – Машина сварочная типа МТК-2001

Машина изготавливается в климатическом исполнении УХЛ4.

В корпусе машины (см. рис. 10.2) смонтированы механизм сжатия электродов и все электрооборудование.

Над съемным столиком 3 консольно размещены подвижный электрод 5 со штоком в направляющих и нижний электрод 4 в электрододержателе, закрепленном в кронштейне. В нижней части машины – электропедаль 1. В машине размещены сварочный трансформатор 2, блок рабочих конденсаторов 6, блок резисторов 7, панель управления 8, блоки управления 9 и 10, магазин штеккерный 11, блок реле 12, блок силовых тиристоров 13, трансформатор зарядный 14, блок силовой 15.

Техническая характеристика рассматриваемой точечной конденсаторной машины, а также некоторых других приведена в табл. 10.1. На рис. 10.3 показан механизм сжатия электродов машины МТК-2001.

В установленном на каркасе машины кронштейне с плитой закреплены направляющие 4, в которых установлен шток 3 с электродом в электрододержателе и идущей от колодки сварочного трансформатора гибкой шиной. Шток с подвижным электродом соединен в верхней части со штоком пневмокамеродозировщика усилия 6, корпус которой шарнирно, через серьгу, связан с двуплечим рычагом педально-рычажного механизма 1. Двуплечий рычаг в центре шарнирно закреплен на кронштейне; концы рычага шарнирно соединены со штоком приводной пневмокамеры 9 и тягой педально-рычажного механизма 1. Пневмокамера 9 установлена на подпружиненном двуплечем рычаге, на плече которого со стороны пружины закреплена пластина для воздействия на переключатель 11.

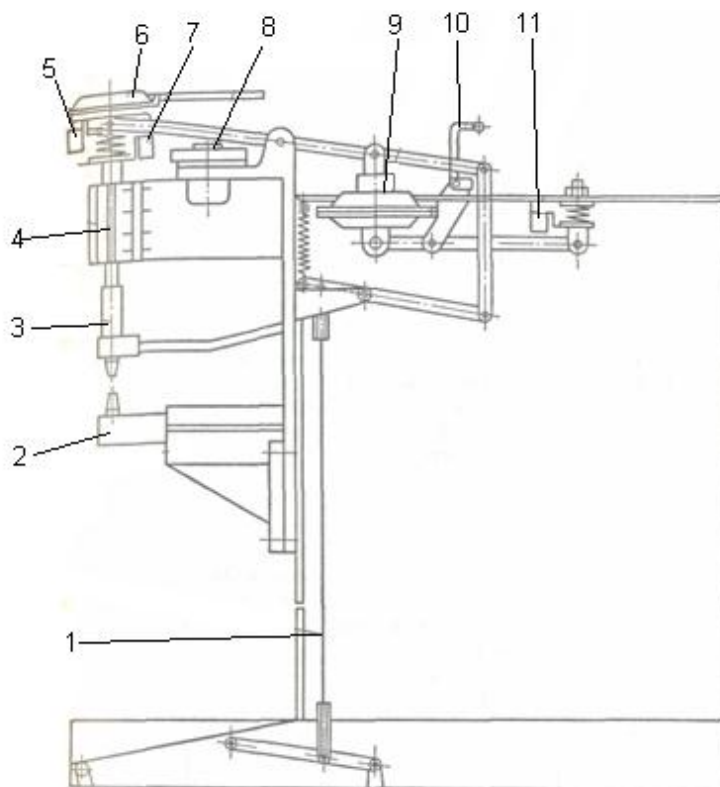


Рисунок 10.3 – Механизм сжатия электродов машины МТК-2001

На корпусе пневмокамеры-дозировщика усилия 6 установлены переключатели 5 и 7, на которые воздействует двумя концами контактная пластина, закрепленная на штоке пневмокамеры.

При прогибе диафрагмы пневмокамеры 6 и перемещении штока относительно корпуса пневмокамеры на 3 – 5 мм срабатывают переключатели 7 и 11, дающие команду на сварку. При дальнейшем перемещении штока до 10 мм срабатывает аварийный переключатель 5, указывающий на возрастание усилия выше установленного. Пневмокамера 6 фактически является упругим элементом с жесткостью, регулируемой путем установления в камере давления воздуха, соответствующего требуемому усилию сжатия электродов. Под двухплечим рычагом с пневмокамерой 6 расположен регулируемый винт-упор 8. Со стороны приводной пневмокамеры 9 установлен переставной упор 10.

Под верхним подвижным электродом расположен изолированный от корпуса кронштейн 2 с электрододержателем и электродом. Электрическая педаль 1 (см. рис. 10.2) предназначена для включения пневмоклапана, который приводит в действие пневмопривод. Пневмопривод с помощью рычага перемещает верхний электрод, производит сжатие электродов до заданной величины. С обеих сторон электропедали расположены механические педали рычажно-педальной системы, которая предназначена для сведения электродов нажатием ног. На малых усилиях можно производить сварку без включения пневмопривода.

Таблица 10.1 – Технические данные конденсаторных машин для точечной сварки

Параметр	Тип машины		
	МТК – 2001	ТКМ-15	ТКМ-17
Наибольший вторичный ток, кА	20	18	
Потребляемая из сети мощность, кВт·А	2	0,8	
Наибольшая запасаемая энергия, Дж	800	600	
Пределы регулирования емкости конденсаторов, мкФ	200 – 1600	100 – 1200	
Пределы регулирования напряжения на конденсаторах, В	200 – 1000	120 – 1000	
Пределы регулирования усилия сжатия на электродах, кН	0,08 – 0,9	0,01 – 0,6	0,01 – 0,8
Вылет электродов, мм	200	150	
Наибольший рабочий ход верхнего электрода, мм	20	15	
Привод механизма сжатия электродов	Пневматический	Педальный	Педальный и педально-пневматический
Толщина свариваемых деталей, мм:			
минимальная	0,1	0,05	
максимальная	1	0,7	
Максимальная производительность, св/ч	4200	6000	
Габариты, мм	1400x700x800	1285x800x685	1350x770x700
Масса, кг	390	200	220

На рис. 10.4 представлена упрощенная силовая электрическая схема машины МТК-2001. Подогрев свариваемых деталей перед сваркой и их термообработка после сварки, если это необходимо, осуществляются включением тиристорных контакторов VS4, VS5. При этом ток от сети проходит через первичную обмотку сварочного трансформатора Т2М, а подогревный ток — через свариваемое изделие. Остальные тиристоры схемы VS1, VS2, VS3 выключены. В начале сварочного цикла путем включения тиристора VS1 производится заряд рабочей батареи конденсаторов C_n от вторичной обмотки зарядного транс-

форматора T2M через выпрямитель VD5 – VD8. Емкость C_H регулируется.

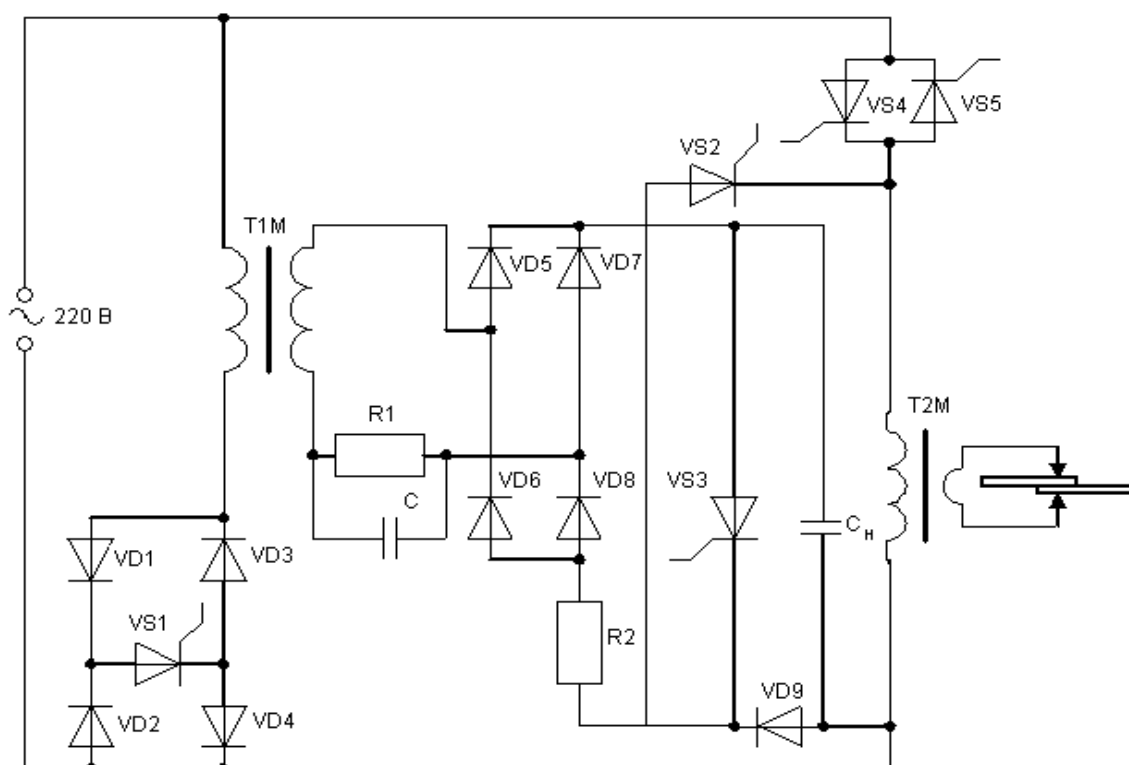


Рисунок 10.4 – Силовая электрическая схема машины МТК-2001

Скорость заряда конденсатора регулируется ограничительным конденсатором C . Напряжение, до которого заряжается конденсатор C_H , определяется моментом выключения тиристора $VS1$. Сварочный ток протекает через детали при включении тиристоров $VS2$ и $VS3$. При этом конденсатор C_H разряжается на первичную обмотку трансформатора T2M, тиристоры $VS1$, $VS4$, $VS5$ выключены.

Подбор и установка режима сварки

Основными параметрами, определяющими режим точечной конденсаторной сварки, являются величина включенной емкости, коэффициент трансформации (ступень) сварочного трансформатора и усилие на электродах.

С увеличением емкости прямо пропорционально повышаются затраты энергии, увеличиваются амплитуда сварочного тока и длительность импульса. С понижением коэффициента трансформации увеличивается амплитуда сварочного тока и уменьшается длительность импульса без изменения энергии, используемой во время сварки.

При уменьшении усилия на электродах увеличивается сопротивление деталей и несколько повышается КПД установки, однако при этом появляются внутренний и наружный выплески и другие дефекты в ядре точки.

Подбор режима сварки начинают с включения заведомо недостаточной емкости, установки наибольшего усилия сжатия и большого коэффициента трансформации, т. е. с режима, вызывающего непровар. Затем, сварив опытную

точку и разрушив ее, постепенно уменьшают усилие сжатия, увеличивают емкость конденсаторов и уменьшают коэффициент трансформации. Следует помнить, что детали, предназначенные для сварки, должны быть очищены от грязи, краски, масла, окислов и т. п.; заусенцы и деформации в местах, подвергаемых сварке, следует устранять.

Точки, сваренные на правильно выбранном режиме и по зачищенной поверхности листов, считаются качественными, если удовлетворены следующие требования:

- 1) полностью отсутствуют внешние дефекты (подплавление, большие вмятины, наружные выплески, трещины и т. д.);
- 2) диаметр литого ядра равен 3 – 5 толщинам наиболее тонкого из свариваемых листов;
- 3) высота ядра (глубина проплавления) составляет 0,4 – 0,7 суммарной толщины листов;
- 4) литое ядро и зона термического влияния не выходят на наружную поверхность листов; в ядре нет крупных раковин, трещин и других дефектов.

В табл. 10.2 приведены ориентировочные режимы точечной сварки латуни Л62 на конденсаторной машине.

Таблица 10.2 – Ориентировочные режимы сварки латуни Л62

Толщина металла, мм	Диаметр поверхности контакта электродов, мм	Напряжение заряда конденсаторов, В	Величина включенной емкости, мкФ	Коэффициент трансформации	Усилие сжатия, Н (кг)
0,1 + 0,1	2	500	100	75	45 (4,5)
0,3 + 0,3	2	500	400	50	120 (12)

10.2 Проведение работы

Оборудование и материалы

- 1 Машина для точечной конденсаторной сварки.
- 2 Ножницы для резки металла.
- 3 Разрывная машина.
- 4 Тиски.
- 5 Миллиметровая линейка.
- 6 Штангенциркуль.
- 7 Молоток.
- 8 Зубило.
- 9 Набор пластин из цветных металлов и сплавов.

- 10 Передвижной лабораторный стол с набором необходимых проводов, с инструментом и спецодеждой.
- 11 Описания, чертежи, схемы и необходимые справочные материалы.

А Ознакомление с конструкцией и работой точечной конденсаторной машины

- 1 Внимательно прочитать описание точечной конденсаторной машины, найти ее основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
- 2 Дать характеристику механизма сжатия и схематически изобразить его устройство.
- 3 Описать тип сварочного трансформатора, вычертить его схему и пояснить работу переключателя ступеней мощности.
- 4 Дать схему батареи конденсаторов и пояснить работу переключателя емкости.
- 5 Дать схему и описать работу путевого переключателя «зарядки – разрядки».
- 6 Замерить вылет электродов, вычертить их форму и определить, из какого материала они изготовлены.
- 7 При выключенном сварочном токе опробовать работу и взаимодействие всех узлов машины.
- 8 Составить техническую характеристику машины.

Б Практическое ознакомление с технологией точечной сварки на конденсаторной машине

- 1 Заготовить таблицу для записей данных измерений и наблюдений (см. форму отчета).
- 2 Для данной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.
- 3 Сварить три пары пластин одной точкой каждую.
- 4 Определить качество сварных точек по внешнему виду и после испытания их на растяжение, отрыв и скручивание.
- 5 Повторить сварку на других пластинах, изменяя при этом в одну и другую сторону один из параметров режима: а) величину включенной емкости (при помощи переключателя емкости); б) коэффициент трансформации сварочного трансформатора (при помощи переключателя ступеней); усилие на электродах.
- 6 Оценить качество сварных точек по внешнему виду, разрушить их и выявить влияние каждого параметра режима сварки на прочность точки.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите сущность процесса конденсаторной сварки.

- 2 Каковы преимущества конденсаторной сварки?
- 3 Назовите основные узлы точечных конденсаторных машин.
- 4 Опишите способы регулирования коэффициента трансформации сварочного трансформатора и включенной емкости батареи конденсаторов.
- 5 Каково назначение и как работает переключатель «зарядка–разрядка»?
- 6 Что входит в основные параметры режима точечной конденсаторной сварки?
- 7 Как следует готовить детали под точечную конденсаторную сварку?
- 8 Как влияет величина включенной емкости, коэффициент трансформации и усилие сжатия на качество сварной точки?
- 9 Изложите основные правила безопасности при работе на конденсаторных машинах.

10.3 Отчет о лабораторной работе № 10

Изучение конструкций и ознакомление с технологией сварки на конденсаторных машинах

Фамилия студента _____
Группа _____ Дата выполнения _____

А Ознакомление с конструкцией и работой конденсаторной машины

- (Общая схема машины с обозначением отдельных узлов)
- (Схема механизма сжатия)
- (Схема сварочного трансформатора с переключателем ступеней мощности)
- (Схема батареи конденсаторов с переключателем емкости)
- (Схема работы переключателя «зарядки–разрядки»)
- (Схема замера вылета электродов)
- (Техническая характеристика машины)

Б Практическое ознакомление с технологией точечной сварки на конденсаторной машине

- (Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Выводы по работе _____

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Металл	Толщина металла, мм	Характеристика режима	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Величина включенной емкости, мФ	Коэффициент трансформации	Усилие сжатия, Н (кг)	Результаты испытаний
		Нормальный					
		С уменьшением одного из параметров					
		С увеличением одного из параметров					

Подпись студента _____

Заключение преподавателя _____

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аверин И. В. Сварка трением в инструментальном производстве / И.В.Аверин, Н.Н.Кабанов. - М.;Л.: Машгиз, 1962.-304с
- 2 Аксельрод Ф. Л. Контактная сварка. – М.: Высшая школа, 1964.- 211.
- 3 Белов А. Б. Конденсаторные машины для контактной сварки.- Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 172 с.
- 4 Бобринский Ю. Н. Устройство и наладка контактных сварочных машин / Ю.Н.Бобринский, Н.П.Сергеев. - М.: Машиностроение, 1967. –85 с.
- 5 Бортняков Ю. Л. Проектирование систем управления электросварочным оборудованием на базе микроЭВМ // Электротехника. - 1982.- №5.- С. 51 – 54.
- 6 Галактионов А. Т. Электросварщик. - М.; Свердловск: Машгиз, 1961. -
- 7 Гельман А. С. Технология и оборудование контактной электросварки. - М.: Машгиз, 1960. - 128 с.
- 8 Глебов Л. В. Установка и эксплуатация машин контактной сварки / Л.В.Глебов, Ю.И.Филиппов, П.Л.Чулошников. - Л.: Энергия, 1973.- 93 с.
- 9 Глебов Л. В. Расчет и конструирование машин контактной сварки. / Л.В.Глебов, Н.А.Пескарев, Д.С.Файгенбаум. - Л.: Энергоиздат, 1981.- 211 с.
- 10 Глебов Л. В. . Расчет и конструирование машин контактной сварки / Л.В.Глебов, Ю.И.Филиппов, П.Л.Чулошников. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 174 с.

Катренко Виктор Трофимович,
Пресняков Виктор Анатольевич,
Лысак Виталий Карпович,
Голуб Денис Михайлович

Учебное пособие
для проведения лабораторных работ по дисциплине
«Технология и машины контактной сварки»

Редактор Хахина Нелли Александровна

Подп. в печать
Ризограф. печать. Усл. печ. л.
Тираж Заказ №

Формат 60х84/16.
Уч.-изд. л.

ДГМА. 84313, г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72