

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Оборудование и технология сварочного производства"

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ**

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 1 – 36 01 06
"Оборудование и технология сварочного производства"*



Могилев 2016

УДК 621.791.7

ББК 30.61

Рекомендовано к опубликованию
учебно–методическим управлением
ГУВПО "Белорусско–Российский университет"

Одобрено кафедрой "Оборудование и технология сварочного производства" " ____ " _____ 2016 г., протокол № ____.

Составители: канд. техн. наук, ст. преподаватель А.Ю. Поляков;
канд. техн. наук, доц. С.Н. Емельянов
Рецензент: канд. техн. наук, доц. С.В. Болотов

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине "Технология и оборудование сварки давлением" студентами специальности 1 – 36 01 06 "Оборудование и технология сварочного производства".

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

Ответственный за выпуск	В. П. Куликов
Технический редактор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	И. А. Алексеюс

Подписано в печать Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.–изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
"Белорусско–Российский университет"
ЛИ № 02330/375 от 29.06.2004 г.
212000, г. Могилев, пр. Мира, 43

© ГУВПО "Белорусско–Российский
университет", 2016

Содержание

1 Цели и задачи курсовой работы.....	4
2 Тематика курсовых работ	5
3 Содержание расчетно–пояснительной записки.....	6
4 Оформление курсовой работы.....	6
5 Методика выполнения курсовой работы.....	8
6 Охрана труда на рабочем месте	23
Список литературы.....	23

1 Цели и задачи курсовой работы

Курсовая работа выполняется после изучения курса "Технология и оборудование сварки давлением". Выполнение курсовой работы по указанной дисциплине является одним из этапов подготовки студентов к самостоятельной работе над дипломным проектом по специальности 1 – 36 01 06 "Оборудование и технология сварочного производства".

При выполнении курсовой работы студенты должны:

а) описать конструкцию конкретного узла (изделия) и условия его эксплуатации;

б) проанализировать химический состав, свойства и свариваемость материала деталей узла;

в) обосновать целесообразность сварки конкретного узла одним из способов сварки давлением (контактная точечная сварка, контактная рельефная сварка, контактная шовная сварка и др.);

г) описать физическую сущность выбранного способа сварки давлением;

д) выбрать и обосновать циклограмму процесса сварки конкретного узла;

е) на основании исходных данных, приведенных в индивидуальном задании на курсовую работу, рассчитать основные параметры режима сварки конкретного узла с учетом литературных рекомендаций в соответствии с традиционными методиками расчета (расчет уравнения теплового баланса межэлектродной зоны и т.д.);

ж) на основании полученного значения требуемого сварочного тока рассчитать длительный вторичный ток, который должна обеспечивать сварочная машина с учетом характера цикла сварки и продолжительности включения ПВ%. Затем по ГОСТ 10594–80 "Оборудование для дуговой, контактной, ультразвуковой сварки и для плазменной обработки. Ряды параметров" подобрать ближайшее большее значение длительного вторичного тока трансформатора для серийно выпускаемых контактных машин;

з) по стандартному значению длительного вторичного тока трансформатора выбрать конкретную контактную машину для сварки рассматриваемого узла (при выборе машины обратить внимание на минимальные вылет и раствор машины, необходимые для сварки узла);

и) описать основные узлы и принцип работы выбранной контактной машины;

к) в масштабе вычертить элементы вторичного контура выбранной контактной машины, после чего рассчитать контур (найти его полное сопротивление в режимах короткого замыкания и сварки);

л) построить внешнюю вольтамперную характеристику, которую обеспечит выбранная контактная машина при сварке;

м) выбрать по литературным рекомендациям или сконструировать

приспособление или электродный узел для сборки и сварки рассматриваемого узла;

н) рассчитать норму времени сборочно–сварочной операции для рассматриваемого узла, а также выбрать и обосновать способ контроля качества сварного соединения, после чего оформить карту технологического процесса сварки;

о) сделать планировку рабочего места сборки и сварки рассматриваемого узла;

п) разработать мероприятия по охране труда при работе на участке.

2 Тематика курсовых работ

Для выполнения курсовой работы студентам выдаются индивидуальные задания, в которых предлагается разработать технологический процесс изготовления конкретного изделия способом сварки давлением, например: "Разработать технологический процесс изготовления бензобака способом контактной шовной сварки (1,5+1,5 мм, 30ХГСА)".

Кроме этого, студенту в качестве исходных данных для выполнения курсовой работы руководителем выдаются:

- чертеж изделия (рисунок 1);
- условия эксплуатации изделия или ТУ на его изготовление;
- годовой выпуск изделия.

При выполнении курсовой работы студенты могут применять ЭВМ для расчетов.

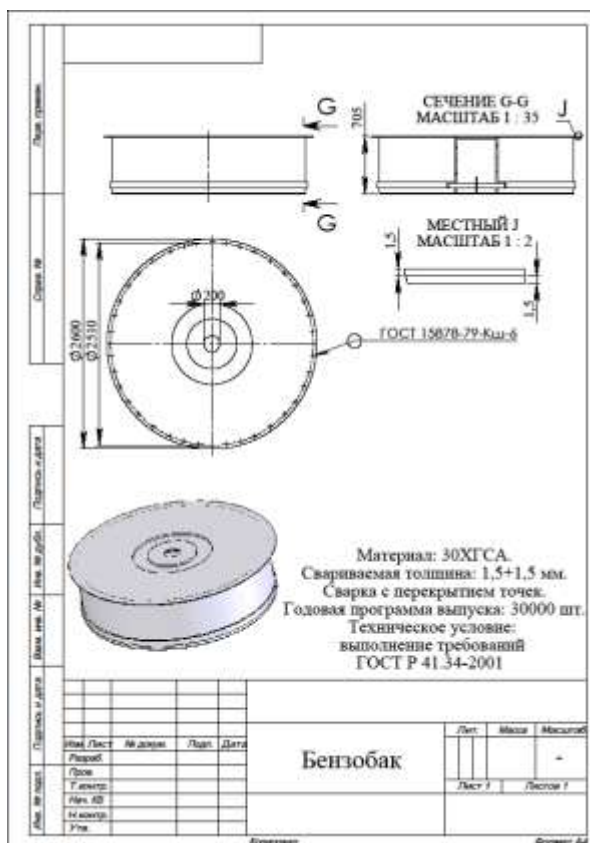


Рисунок 1 – Пример чертежа индивидуального задания

3 Содержание расчетно-пояснительной записки

Расчетно–пояснительная записка курсовой работы должна включать в себя разделы:

Индивидуальное задание.

СОДЕРЖАНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.

1.1. Описание конструкции конкретного узла (изделия) и технические условия его эксплуатации;

1.2. Анализ химического состава, свойств и свариваемости материала деталей узла.

1.3. Обоснование выбора способа сварки.

1.4. Описание сущности выбранного способа сварки.

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.

2.1. Выбор и обоснование циклограммы процесса сварки.

2.2. Расчет основных параметров режима сварки.

2.3. Расчет длительного вторичного тока трансформатора и выбор стандартного значения по ГОСТ 10594–80.

2.4. Выбор сварочной контактной машины с обоснованием и описанием.

2.5. Расчет вторичного контура выбранной контактной машины.

2.6. Построение внешней вольтамперной характеристики выбранной контактной машины.

3. КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

3.1. Конструирование или выбор приспособления (электродного узла) для сборки и сварки рассматриваемого изделия.

3.2. Разработка технологического процесса сборки, сварки и контроля изделия (с предварительным расчетом нормы штучного времени и выбором способа контроля качества соединения);

3.3. Планировка рабочего места сборки и сварки рассматриваемого узла;

3.4. Мероприятия по охране труда на рабочем месте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

ПРИЛОЖЕНИЯ (А – ЧЕРТЕЖИ, Б – КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА).

4 Оформление курсовой работы

Работы печатаются с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм). Допускается представлять таблицы и иллюстрации приложения на листе формата А3 (297×420 мм).

Набор текста осуществляется с использованием текстового редактора MicrosoftWord. Текст работы печатается шрифтом TimesNewRoman 14 пунктов, междустрочный интервал – одинарный. Размеры полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20мм.

Абзацный отступ первой строки – 1,25 см. Выравнивание текста – по ширине листа.

Шрифт печати прямой, черного цвета, одинаковый по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания, применяя разное начертание шрифта: курсивное, полужирное, курсивное полужирное, выделение с помощью рамок, разрядки, подчеркивания и др.

Опечатки и графические неточности, обнаруженные в тексте, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста черной капиллярной ручкой.

Наименования структурных элементов "СОДЕРЖАНИЕ", "ВВЕДЕНИЕ", "ЗАКЛЮЧЕНИЕ", "СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ", "ПРИЛОЖЕНИЯ", раздела "ОБЩАЯ ЧАСТЬ", раздела "РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ" и раздела "КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ" печатаются прописными буквами в середине строк, используя полужирный шрифт размером на 1–2 пункта больше, чем шрифт основного текста.

Заголовки подразделов печатают строчными буквами (кроме первой прописной) с абзацного отступа полужирным шрифтом размером шрифта основного текста.

В конце заголовков разделов и подразделов (пунктов) точку не ставят. Если заголовок состоит из двух или более предложений, их разделяют точкой. Подчеркивание заголовка не допускается.

Расстояние между заголовком и текстом (за исключением заголовка пункта) должно составлять 2–3 межстрочных интервала. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в 1,5–2 межстрочных интервала.

Каждую структурную часть работы следует начинать с нового листа (страницы). Данное требование не распространяется на подразделы (пункты).

На первом листе каждого приложения в верхнем правом углу необходимо прописными буквами указать ПРИЛОЖЕНИЕ А и т.д. Приложения включаются в общую нумерацию страниц пояснительной записки. Нумерация листов снизу справа.

В тексте работы последовательно должны располагаться ссылки на все литературные источники, приведенные в конце работы по мере упоминания: [1], [2] и т.д.

Пример оформления литературного источника:

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

Каждая расчетная формула должна сопровождаться ссылкой на литературный источник. Формулы первоначально записываются в общем виде, где должны быть приведены размерности физических величин. Только после этого осуществляется подстановка в формулы числовых величин. Уравнения и формулы следует выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, оно должно быть перенесено после того или иного операционного знака (равенства, плюс, минус, умножения, деления), который повторяется в начале следующей строки. Нумеруют формулы (если их более одной) в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, отделенных точкой. Номера формул пишутся в круглых скобках у правого поля листа на уровне формулы, например: (1.1) (первая формула первого раздела).

Все приведенные в пояснительной записке рисунки, схемы и таблицы должны быть пронумерованы (по аналогии с формулами) и снабжены надписями с расшифровкой всех обозначений. Подрисовочные надписи печатаются полужирным шрифтом 12 пунктов с выравниванием по центру листа. Шрифт в таблицах прямой размером 11 пунктов, выравнивание текста в таблицах – по центру ячейки.

Нумерация страниц, разделов, подразделов, рисунков, таблиц, формул и приложений дается арабскими цифрами без знака №. Первой страницей работы является титульный лист. Титульный лист, задание на выполнение дипломной работы не нумеруются, но включаются в общую нумерацию страниц работы.

Объем пояснительной записки курсовой работы составляет 40–60 страниц. Допускается увеличение объема работы по согласованию с руководителем.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД, условные обозначения и изображения сварных швов соединений приводятся по ГОСТ 2.313–72, ГОСТ 15878–79.

Требования к заполнению и оформлению технологических документов на процессы и операции по сварке устанавливаются ГОСТ 3.104–86.

5 Методика выполнения курсовой работы

5.1 Описание конструкции конкретного узла (изделия) и технические условия его эксплуатации

В курсовой работе отмечаются основные конструктивные особенности изделия с указанием отдельных деталей и их назначения. Указываются условия работы изделия – характер нагружения (статическое, знакопеременное), климатические условия эксплуатации, наличие/отсутствие взаимодействия изделия с агрессивной средой (например, бензин, кислота,

щелочной раствор и др.), диапазон рабочих эксплуатационных температур, требования к герметичности, доступ к узлу в конструкции при его ремонте и восстановлении, методы испытания узла на соответствие требованиям пожарной безопасности (если таковые имеются, например, для топливных баков) и др.

По согласованию с руководителем допускается изменение заданной конструкции узла для улучшения ее технологичности (изменение геометрии, размеров, количества и мест формирования сварных соединений).

Если материал изделия не задан, необходимо его выбрать, привести обоснование этого выбора. В любом случае первоначально необходимо привести химический состав материала, его основные физические и механические свойства.

5.2 Оценка свариваемости материала изделия

Оценка свариваемости производится на основе анализа источников литературы с учетом выбранного способа сварки и теплофизических свойств свариваемого материала.

При этом учитываются конкретные условия протекания процесса формирования физического контакта, удаления оксидных пленок и способа образования металлических связей в твердой или жидкой фазе.

В результате этого анализа должен быть выбран оптимальный для заданного (или выбранного) материала и конструкции изделия термомеханический цикл сварки.

Правильность выбранного цикла желательно иллюстрировать данными по механическим, коррозионным и другим свойствам сварных соединений.

5.3 Расчетная часть

Расчет параметров режима контактной точечной, рельефной или шовной сварки начинается с составления уравнения теплового баланса.

Уравнение теплового баланса позволяет рассчитать полную энергию, которую необходимо ввести в межэлектродную зону при сварке для того, что сформировалось сварное соединение таких размеров и формы, которые соответствуют ГОСТ 15878–79 "Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы". Только в этом случае будет обеспечена высокая прочность сварного соединения.

Однако уравнение теплового баланса имеет серьезный недостаток: для его расчета помимо теплофизических характеристик свариваемого металла и материала электродов, а также геометрии деталей и контактов, которые без труда можно найти в литературе по контактной сварке и на чертеже свариваемого узла, необходимо обязательно заранее знать длительность протекания сварочного тока τ_{CB} (с). Но откуда взять значение τ_{CB} , если его, по сути, необходимо рассчитать? Для этого, согласно традиционному подходу,

необходимо также воспользоваться литературой по контактной сварке, где в табличном виде имеются рекомендуемые значения τ_{CB} , ранее определенные опытным путем и апробированные на различных предприятиях для сварки наиболее распространенных толщин и материалов конкретными способами контактной сварки. По этой причине в случае необходимости расчета уравнения теплового баланса применительно к нетипичным толщинам и материалам, не апробированным ранее на производстве, однозначно возникнут трудности с поиском требуемой τ_{CB} . В этом случае необходимо опытным путем определять это значение со ссылкой на результаты многочисленных прочностных и металлографических испытаний.

После расчета уравнения теплового баланса и получения величины полной энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону, по закону Джоуля–Ленца рассчитывается требуемый сварочный ток, необходимый для дальнейших расчетов в курсовой работе.

В общем случае применительно к процессам контактной точечной, рельефной и шовной сварки уравнение теплового баланса выглядит следующим образом:

$$Q_{ЭЭ} = Q_{ПОЛ} + Q_{МЕ} + Q_{ЭЛ}, \quad (1)$$

где $Q_{ЭЭ}$, $Dж$ – полное количество энергии, затрачиваемой на образование литой зоны (литая точка определенного диаметра – при точечной и рельефной сварке; литая зона определенной ширины – при шовной сварке);

$Q_{ПОЛ}$, $Dж$ – полезная энергия, затрачиваемая непосредственно на нагрев и расплавление центрального столбика металла определенной высоты (зависящей от количества и толщины свариваемых деталей) и площади сечения (зависящей от характера контакта электрода с деталями);

$Q_{МЕ}$, $Dж$ – энергия, затрачиваемая на нагрев металла зоны термического влияния (имеющей условную форму кольца, окружающего литую зону). Средняя температура нагрева кольца равна $T_{ПЛ}/4$.

Ширина кольца нагрева:

$$x_{КОЛЬЦА} = 4\sqrt{a_{МЕ}\tau_{CB}}, \quad (2)$$

$Q_{ЭЛ}$, $Dж$ – энергия, затрачиваемая на теплоотвод в электроды по соответствующим площадям контакта "электрод – деталь".

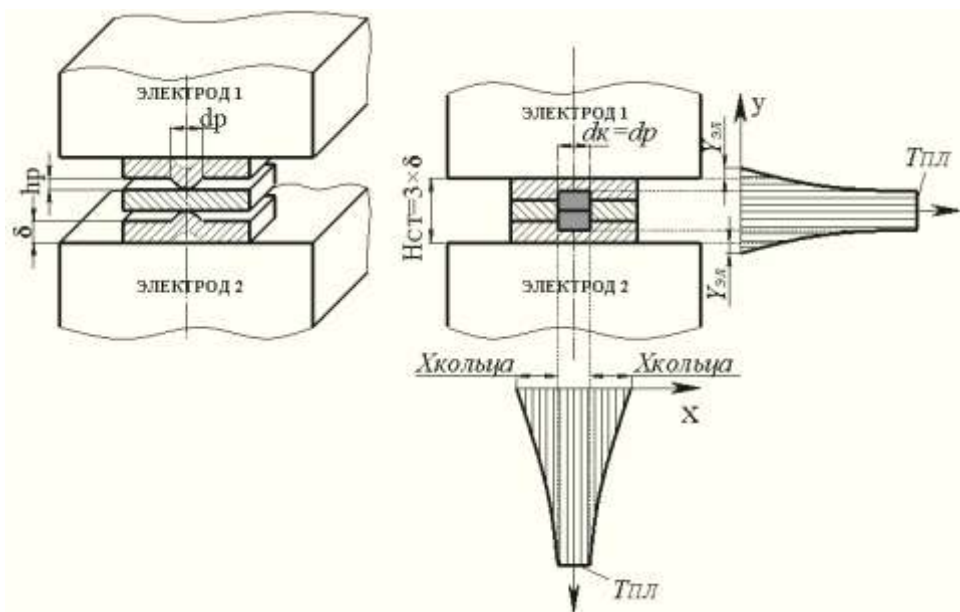
Средняя температура нагрева электродов равна $T_{ПЛ}/8$.

Условная глубина теплоотвода в электроды:

$$y_{ЭЛ} = 4\sqrt{a_{ЭЛ}\tau_{CB}}, \quad (3)$$

Схема расчета уравнения теплового баланса на примере контактной рельефной сварки пакетного соединения, состоящего из трех деталей,

представлена на рисунке 1.



δ – толщина свариваемой детали, см; d_p – диаметр рельефа, см; h_p – высота рельефа, см; $d_к$ – диаметр контакта “электрод–деталь”, по которому протекает ток и идет теплоотвод в электроды, см; $H_{СТ}$ – условная высота центрального столбика металла, формируемого полезной энергией, см; $X_{КОЛЬЦА}$ – ширина условного кольца нагрева металла зоны термического влияния, см; $Y_{ЭЛ}$ – глубина теплоотвода в электроды, см

Рисунок 2 – Схема пакетного соединения и расчетная схема уравнения теплового баланса

Формулы расчета энергий в общем виде следующие:

$$Q_{ПОЛ} = n\delta c_{МЕ} \gamma_{МЕ} S_{Д-Д} T_{ПЛ} \quad (4)$$

$$Q_{МЕ} = n\delta K_1 \pi X_{КОЛЬЦА} (d_К + X_{КОЛЬЦА}) c_{МЕ} \gamma_{МЕ} \frac{T_{ПЛ}}{4} \quad (5)$$

$$Q_{ЭЛ} = 2K_2 Y_{ЭЛ} S_{ЭЛ-Д} c_{ЭЛ} \gamma_{ЭЛ} \frac{T_{ПЛ}}{8}, \quad (6)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий, что средняя температура условного кольца нагрева несколько ниже средней температуры $T_{пл}/4$ ($K_1 = 0,8$);

K_2 – коэффициент, учитывающий форму электрода (для цилиндрического электрода равен 1, для конического равен 1,5, для сферического равен 2);

$c_{МЕ}$ – удельная теплоемкость свариваемого металла, Дж/(г·°C);

$a_{МЕ}$ – температуропроводность свариваемого металла, см²/с;

$\gamma_{МЕ}$ – плотность свариваемого металла, г/см³;

$T_{ПЛ}$ – температура плавления свариваемого металла, °C;

$c_{ЭЛ}$ – удельная теплоемкость материала электродов, Дж/(г·°C);

$a_{ЭЛ}$ – температуропроводность материала электродов, $см^2/с$;
 $\gamma_{ЭЛ}$ – плотность материала электродов, $г/см^3$;
 n – количество свариваемых деталей, *шт.*;
 δ – толщина свариваемой детали, *см*;
 $S_{Д-Д}$ – площадь контакта "деталь–деталь", $см^2$;
 $S_{ЭЛ-Д}$ – площадь контакта "электрод–деталь", $см^2$;
 $X_{КОЛЬЦА}$ – ширина условного кольца нагрева металла зоны термического влияния, *см*;
 $Y_{ЭЛ}$ – глубина теплоотода в электроды, *см*.

Теплофизические характеристики наиболее распространенных конструкционных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1– Теплофизические свойства некоторых металлов и сплавов

Исходные данные	Металл или сплав									
	Нержав. сталь 12Х18Н10Т	Сталь 20, сталь 3, сталь 08кп	Медь М1, М0	Алюминий АЕ, А1, АД	Титановый сплав		Алюминиевый сплав		Сталь	
					BT6	OT4	АМг	АМц	30ХГСА	ХН60ВТ
$a, см^2/с$	0,054	0,10	0,96	0,83	0,03	0,04	0,45	0,65	0,104	0,025
$c, Дж/(г·°С)$	0,54	0,71	0,43	1	0,54	0,58	0,82	0,82	0,48	0,44
$\gamma, г/см^3$	7,86		8,94	2,7	4,6	4,6	2,78	2,8	7,85	8,8
$T_{пл}, °С$	1440	1530	1083	657	1660	1660	620	654	1480	1400

Среднее действующее значение сварочного тока определяется по закону Джоуля–Ленца:

$$I_{СВ}^D = \sqrt{\frac{Q_{ЭЭ}}{m_r r_{ЭЭ} \tau_{СВ}}} \text{ (А)}, \quad (7)$$

где $Q_{ЭЭ}$ (Дж) – энергия, рассчитываемая по формуле (1);

$r_{ЭЭ}$ – среднее действующее сопротивление межэлектродной зоны в момент выключения сварочного тока, *Ом* (таблицы 2 и 3);

m_r – коэффициент, учитывающий изменение $r_{ЭЭ}$ в процессе протекания сварочного тока (для низкоуглеродистых сталей равен 1, для алюминиевых и магниевых сплавов равен 1,15, для коррозионно–стойких сталей равен 1,2, для сплавов титана равен 1,4);

$\tau_{СВ}$ – длительность протекания сварочного тока, *с*.

Таблица 2 – $r_{ЭЭ}$ при точечной сварке низкоуглеродистой стали

$\delta, мм$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
$r_{ЭЭ}, мкОм$	128	112	98	89	82	75,5	69,5	61,5	56	52,5

Таблица 3 – $r_{ЭЭ}$ при контактной сварке легированных металлов и сплавов

Материал	$r_{ЭЭ}, \text{мкОм}$										
	$\delta, \text{мм}$										
	Точечная сварка						Шовная сварка				
	0,3	0,5	1	1,5	2	3	0,3	0,5	1	1,5	2
Сталь 30ХГСА	165	145	125	110	100	90	145	130	105	65	50
Сталь X18H8T	215	185	150	130	120	110	188	162	130	115	105
Жаропрочный сплав ВЖ98	230	200	165	140	125	115	210	180	150	128	113
Титановый сплав ОТ51-1	240	210	165	145	133	120	224	195	154	135	124
Латунь Л62	76	48	30	24	20	18	46	29	18	15	12
Медный сплав БрБ2	90	63	40	32	27	23	54	38	24	19	16
Алюминиевый сплав Б16АТ	18	16	13	11	10	8	–	14	11	10	8

Величину сварочного тока при наличии ранее сваренных точек необходимо скорректировать с учетом тока шунтирования (увеличить на эту величину):

$$I_{Ш} = I_{СВ} \frac{\delta}{t_{Ш}} \quad (\text{А}), \quad (8)$$

где δ – толщина свариваемого металла, см;

$t_{Ш}$ – шаг между сварными точками, см.

Обоснование конструкторской схемы установки приводится на основе анализа авторских свидетельств и патентов (отечественных и зарубежных) и изучения конструкций и схем выпускаемых установок подобного класса. В результате этой работы должна быть выбрана схема проектируемого оборудования и проведено обоснование принятого варианта.

После расчета требуемого сварочного тока по формуле (7) необходимо рассчитать приблизительный длительный вторичный ток по формуле:

$$I_{2ДЛ} = I_{СВ}^Д \sqrt{\frac{ПВ\%}{100}} = I_{СВ}^Д \sqrt{\frac{\tau_{СВ}}{\tau_{СЖ} + \tau_{СВ} + \tau_{КОВ} + \tau_{П}}} \quad (\text{А}), \quad (9)$$

где $\frac{\tau_{СВ}}{\tau_{СЖ} + \tau_{С} + \tau_{П} + \tau_{П}} \cdot 100$ – продолжительность включения ПВ, %;

$\tau_{СЖ}$ – длительность предварительного сжатия электродов, с;

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

$\tau_{КОВ}$ – длительность проковки сварного соединения (выдержка деталей в сжатом состоянии после выключения сварочного тока), с;

$\tau_{П}$ – пауза до импульса тока в следующем цикле сварки или следующего импульса тока в данном цикле сварки, с.

Затем по ГОСТ 10594–80 "Оборудование для дуговой, контактной, ультразвуковой сварки и для плазменной обработки. Ряды параметров" необходимо принять ближайшее большее значение длительного вторичного тока из ряда типичного оборудования (трансформаторов), серийно выпускаемого для контактной сварки.

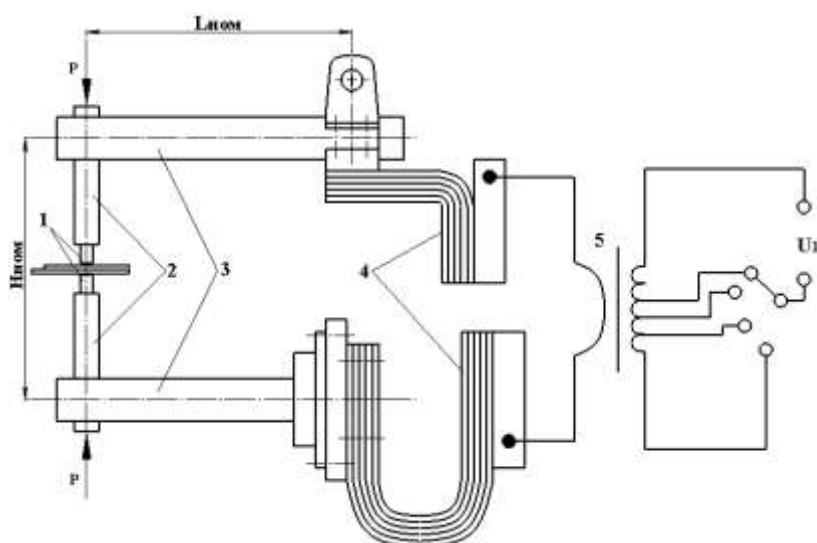
Затем уточняем выбранное по ГОСТ значение длительного вторичного тока:

$$I_{2Н} = I_{2ДЛ} \cdot \sqrt{\frac{100}{ПВ\%}} \text{ (А)}, \quad (10)$$

Далее после выбора контактной машины по значениям требуемого сварочного тока и длительного вторичного тока необходимо рассчитать вторичный контур.

Вторичный, или сварочный, контур каждой контактной машины включает в себя вторичный виток сварочного трансформатора и соединенные с ним конструктивные элементы машины, предназначенные для подведения сварочного тока к электродам, т.е. к месту сварки. В электрическом отношении сварочный контур представляет собой систему жестких и гибких элементов, соединенных неподвижными и подвижными контактами. Все элементы токоподвода изготавливаются из цветных металлов или сплавов с достаточно высокой электропроводимостью и механической прочностью.

На рисунке 3 представлен вторичный контур машины контактной точечной сварки. Основными его элементами данного контура являются электроды 1, непосредственно подводящие ток к свариваемым деталям и передающие необходимые усилия для их сжатия; электрододержатели 2, служащие для закрепления электродов; хоботы 3, соединенные с механизмами, обеспечивающими необходимые усилия сжатия свариваемых деталей; гибкие шины 4, соединяющие контактные плиты трансформатора с подвижными элементами контура; вторичная обмотка сварочного трансформатора 5.



Р – давление,
передаваемое электродам со
стороны силового привода
сжатия
U₁ – напряжение на
первичной обмотке
сварочного трансформатора

Рисунок 3 – Вторичный контур одной из машин контактной точечной сварки

Как правило, жесткие элементы изготавливаются из медного проката, отливаются из меди или бронзы. Гибкие элементы изготавливаются из медной фольги или гибких проводов, состоящих из большого числа тонких проволок типа жгута или плетенки. Размеры и конструкция вторичного контура определяются технологическими возможностями машины и ее энергетическими показателями. Полезный вылет $L_{НОМ}$ и раствор $H_{НОМ}$ выбираются в зависимости от габаритов свариваемых деталей. Для универсальности машины вылет $L_{НОМ}$ и раствор $H_{НОМ}$ изменяются. Хоботы 3 можно выдвигать, раздвигать, взаимно смещать в горизонтальной плоскости или поворачивать вокруг их продольной оси.

Вторичные контуры контактных машин по своей конфигурации отличаются большим многообразием. Они могут быть составлены как из прямоугольных, так и криволинейных участков различных сечений в зависимости от мощности. Участки контура могут быть ориентированы в пространстве относительно друг друга самым различным образом.

Чем дальше расположены электроды (ролики, губки) от выводов вторичной обмотки сварочного трансформатора, тем больше рабочее пространство машины и тем шире возможности данной контактной машины по габаритам свариваемых узлов. Однако увеличение размеров сварочного контура влечет за собой увеличение его сопротивления, а также потери электрической энергии.

Рассчитать вторичный контур – это значит найти его полное сопротивление Z_2 , состоящее из полного активного r_B и полного индуктивного x_B сопротивлений, для двух режимов: режима короткого замыкания и режима сварки конкретных деталей.

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

Таким образом, первоначально необходимо вычертить каждый элемент вторичного контура в виде эскиза с указанием геометрических размеров.

Например, на рисунке 4, представлен эскиз элемента вторичного контура одной из машин контактной рельефной сварки – нижней электродной плиты.

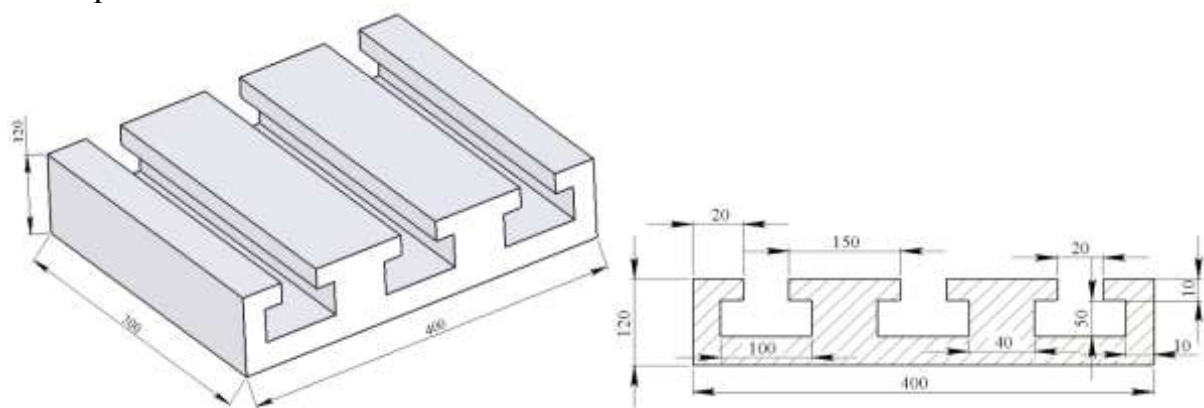


Рисунок 4 – Нижняя электродная плита машины контактной рельефной сварки

После получения эскизов всех элементов вторичного контура (кроме вторичной обмотки сварочного трансформатора) необходимо осуществить их рассечение в одной из плоскостей для того, чтобы можно было рассчитать площадь сечения элемента и длину этого сечения. Это необходимо для расчета активного сопротивления каждого элемента контура.

Формула расчета активного сопротивления одного элемента контура:

$$r_{01} = \frac{\rho_1 L_1}{S_1} \text{ (мкОм)}, \quad (11)$$

где L_1 – длина элемента, м;

ρ_1 – удельное сопротивление материала элемента, мкОм·м (например, для хромистой бронзы $BrX\rho_1 = 0,03 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$);

S_1 – площадь сечения элемента, м².

После расчета активного сопротивления каждого элемента контура (кроме вторичной обмотки сварочного трансформатора) необходимо уточнить эти значения, т.к. при протекании тока через элементы возникает поверхностный эффект, увеличивающий их активные сопротивления. Соответственно, необходимо рассчитать коэффициенты поверхностного эффекта для каждого элемента контура. Чтобы это сделать, необходимо разбить элементы контура на массивные и немассивные. Как правило, к немассивным элементам контура относят электроды, электрододержатели и различные планки схожего с ними размера. Массивные элементы: хоботы, шины, электродные плиты, П- и Г-образные консоли.

Для расчета коэффициентов поверхностного эффекта необходимы следующие вспомогательные величины:

1. для немассивных элементов – активное сопротивление постоянному току одного метра проводника $r_{0(1M)}$ из такого же материала, как и элемент контура, и такого же сечения:

$$r_{0(1M)} = \frac{\rho_1 1}{S_1} \text{ (мкОм)} \quad (12)$$

2. для массивных элементов – активное сопротивление постоянному току ста метров проводника $r_{0(100M)}$ из такого же материала, как и элемент контура, и такого же сечения:

$$r_{0(100M)} = \frac{\rho_1 100}{S_1} \text{ (мкОм)} \quad (13)$$

Коэффициент поверхностного эффекта для массивных элементов контура рассчитывается в зависимости от параметра $\sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}}$ по одной из формул ($f = 50 \text{ Гц}$ – частота переменного сетевого напряжения):

$$K_{\Pi} = 1 + 3,27 \cdot \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} \cdot 10^{-3} \left(\text{при } \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} < 80 \right) \quad (14)$$

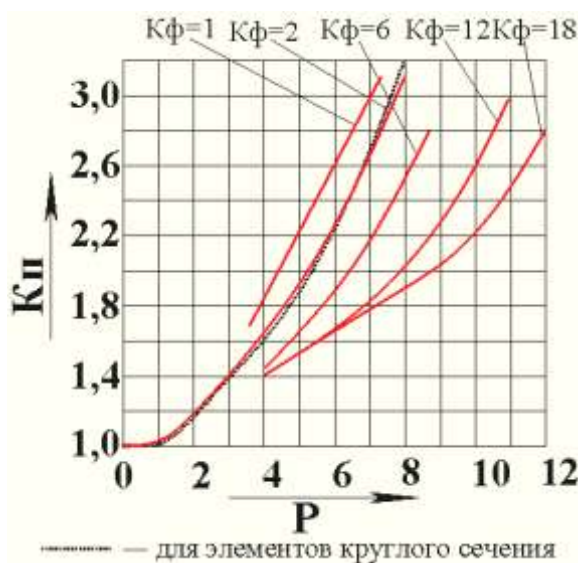
$$K_{\Pi} = 0,25 + 0,56 \cdot \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} \cdot 10^{-2} + \frac{8,37}{\sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}}} \left(\text{при } 180 < \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} < 220 \right)$$

$$K_{\Pi} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} \cdot 10^{-2} + 0,277 \left(\text{при } 220 < \sqrt{\frac{f}{r_{0(100M)}}} < 1800 \right)$$

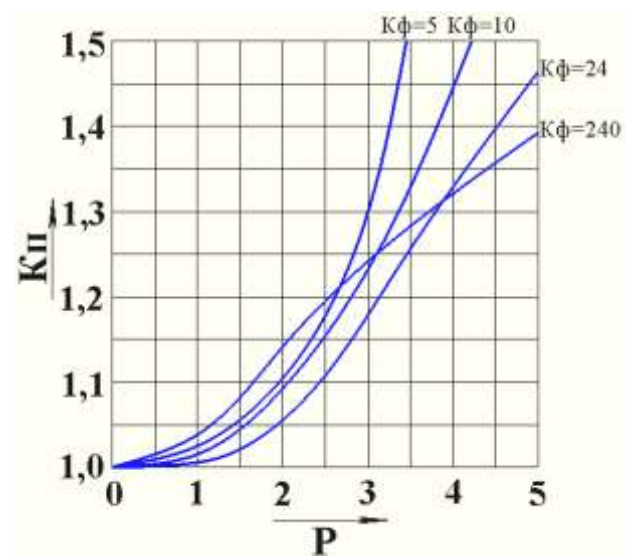
Для гибких шин с непропаянными концами и при одностороннем подводе тока при частоте 50 Гц $K_{\Pi} = 1,5...1,8$. Для шин с монолитными (сваренными или спаянными) концами при двустороннем подводе тока $K_{\Pi} = 1,1...1,3$.

Коэффициент поверхностного эффекта для немассивных элементов определяется в зависимости от критерия подобия P по графикам, представленным на рисунке 5, а:

$$P = 5 \sqrt{\frac{f}{r_{0(1M)} \cdot 10^7}} \quad (15)$$



а)



б)

Рисунок 5 – Коэффициент поверхностного эффекта

Коэффициент поверхностного эффекта для немассивных элементов прямоугольного сечения определяется в зависимости от критерия подобия P , а также коэффициента формы K_{ϕ} , представленного на рисунках 5, а и 5, б:

$$K_{\phi} = \frac{b}{a}, \quad (16)$$

где a – толщина элемента прямоугольного сечения, мм (меньшая сторона);

b – ширина элемента прямоугольного сечения, мм (большая сторона).

Для нахождения уточненного активного сопротивления элемента контура r_i необходимо перемножить коэффициент поверхностного эффекта на активное сопротивление соответствующего элемента контура, найденное по формуле (11).

Далее необходимо найти суммарное активное сопротивление всех элементов вторичного контура для комнатной температуры 20°C (без учета активного сопротивления сварочного трансформатора и сопротивлений контактов):

$$r_a = \sum r_i \text{ (мкОм)} \quad (17)$$

Корректируем данное значение с учетом того, что рабочая температура элементов вторичного контура приблизительно равна 80°C :

$$r_t = r_a [1 + \alpha(t - t_{\text{охл}})] = 1,2352 \cdot r_a \text{ (мкОм)}, \quad (18)$$

где α – температурный коэффициент сопротивления;

t – температура нагрева элемента контура, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{охл}}$ – температура охлаждающей среды, $^\circ\text{C}$.

Элементы вторичного контура соединяются между собой неподвижными и подвижными (например, вращающийся ролик на машине контактной шовной сварки) контактами, сопротивление которых составляет значительную часть активного сопротивления контура. Сопротивление каждого контакта колеблется в довольно широких пределах и зависит от материала соприкасающихся деталей, состояния их поверхности, чистоты обработки. Сопротивление одного неподвижного контакта "медь–медь" принимается $1\text{--}2 \text{ мкОм}$, контакта "медь–сталь" $4\text{--}6 \text{ мкОм}$. Сопротивление подвижного контакта принимается $10\text{--}20 \text{ мкОм}$.

Учитывая вышесказанное, необходимо подсчитать, сколько в данном контуре подвижных и сколько неподвижных контактов, а затем найти величину их общего активного сопротивления r_k , мкОм по указанным пределам.

Приведенное активное сопротивление вторичной обмотки сварочного трансформатора принимается $r_T = 10\text{--}60 \text{ мкОм}$.

Затем находим суммарное активное сопротивление вторичного контура с учетом рабочей температуры, сопротивлений контактов, приведенного активного сопротивления вторичной обмотки сварочного трансформатора и сопротивления межэлектродной зоны (для случая сварки):

$$r_B^{CB} = r_t + r_K + r_T + r_{\Sigma\Sigma} \text{ (мкОм)}, \quad (19)$$

где $r_{\Sigma\Sigma}$ – активное сопротивление межэлектродной зоны, *мкОм* (см. таблицы 2 и 3).

Суммарное активное сопротивление вторичного контура с учетом рабочей температуры, сопротивлений контактов, приведенного активного сопротивления вторичной обмотки сварочного трансформатора (для случая короткого замыкания):

$$r_B^{K.3.} = r_t + r_K + r_T \text{ (мкОм)} \quad (20)$$

При протекании переменного тока по вторичному контуру вокруг него создается магнитное поле, силовые линии которого пронизывают элементы контура, в результате чего в нем индуцируется переменная ЭДС самоиндукции, препятствующая прохождению тока по проводнику.

Суммарное индуктивное сопротивление элементов вторичного контура (без учета индуктивного сопротивления вторичной обмотки сварочного трансформатора):

$$x_B = (\Sigma l_B) \cdot C \cdot 10^{-6} \text{ (Ом)}, \quad (21)$$

где Σl_B – суммарная выпрямленная длина всех элементов контура при максимальных значениях раствора и вылета, *см*;

C – эмпирический коэффициент в пределах $0,976 - 1,35$ (в большинстве случаев равен $1,26$).

Приведенное индуктивное сопротивление вторичной обмотки сварочного трансформатора принимается $x_T = 10-60 \text{ мкОм}$.

Полное сопротивление вторичного контура в режиме нагрузки равно:

$$Z_2^{\text{НАГР.}} = \sqrt{(r_B^{CB})^2 + (x_B + x_T)^2} \text{ (мкОм)} \quad (22)$$

Полное сопротивление вторичного контура в режиме короткого замыкания равно:

$$Z_2^{K.3.} = \sqrt{(r_B^{K.3.})^2 + (x_B + x_T)^2} \text{ (мкОм)} \quad (23)$$

Для выбранной контактной машины рассчитываем вторичное напряжение холостого хода (без сварки):

$$U_{20} = I_{2H} Z_K^{K.3.}(B), \quad (24)$$

где I_{2H} , A – номинальный длительный вторичный ток, рассчитанный по формуле (10).

Сравниваем полученное значение U_{20} , B с данными, приведенными в техническом паспорте на выбранную контактную машину. Оцениваем погрешность расчета.

Исходные данные для построения внешней характеристики машины:

- а) вторичное напряжение холостого хода U_{20} , B .
- б) полное активное сопротивление вторичного контура машины без нагрузки (без сварки) $r_B^{K.3.}$, Om ;
- в) полное индуктивное сопротивление вторичного контура машины $X_{BK} = X_K + X_T$ (мкОм);
- г) номинальный длительный вторичный ток I_{2H} , A .

Формула для построения внешней характеристики машины:

$$U_2 = \sqrt{U_{20}^2 - (x_{BK} I_{2H})^2} - r_B^{K.3.} I_{2H} \text{ (В)} \quad (25)$$

Разбиваем диапазон длительных вторичных токов от нуля до расчетного значения I_{2H} , A с интервалом в $1000 A$, после чего подставляем каждое значение тока в формулу (25) и находим значения U_2 , B . Затем заполняем таблицу и строим внешнюю характеристику в среде MICROSOFT EXCEL. После этого на поле построения внешней характеристики наносим точку с координатами $(I_{CB}; U_{ЭЭ})$ в соответствии с $r_{ЭЭ}$, и соединяем ее прямой линией с точкой пересечения координатных осей (I_{CB} берем из формулы (7)). $U_{ЭЭ}$, B – фактическое напряжение межэлектродной зоны при сварке (регистрируется при сварке).

Затем по наличию пересечения линий делается вывод о возможности осуществления расчетного режима сварки на выбранной контактной машине.

Пример расчетной таблицы и поля построения внешней характеристики одной из машин представлен на рисунке 6.

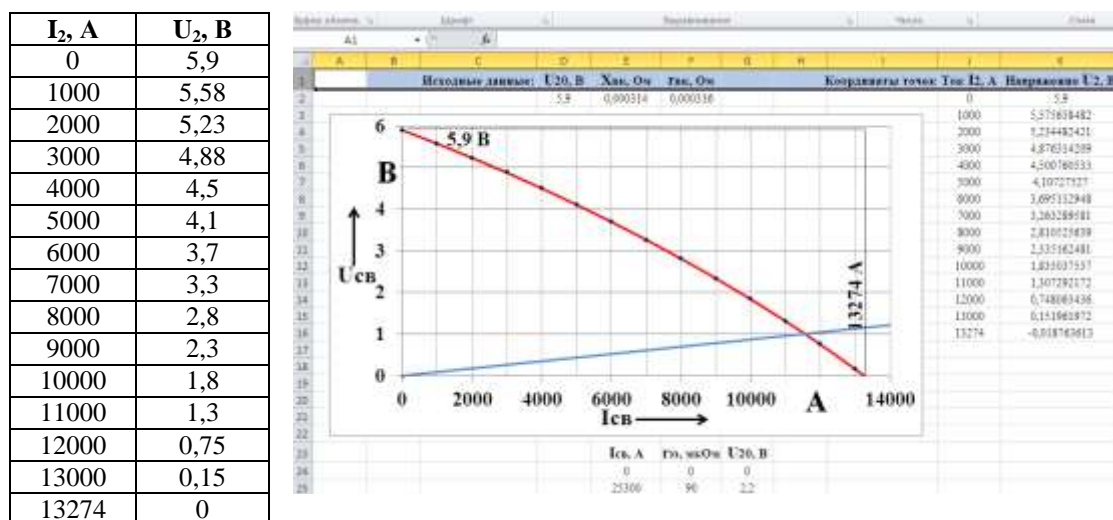


Рисунок 6 – Внешняя характеристика контактной машины

5.4 Результаты экспериментальных исследований

В случае проведения экспериментальных исследований по теме курсовой работы описываются результаты исследований процесса сварки с применением давления, выполненные самим студентом под руководством руководителя курсовой работы. В качестве таких результатов могут быть представлены графики, таблицы, данные металлографических исследований и др.

Студент должен описать условия и планирование проведения экспериментов, математическую обработку его результатов.

На основании проведенных экспериментов даются рекомендации по совершенствованию существующей технологии сварки.

5.5 Конструирование или выбор приспособления (электродного узла) для сборки и сварки рассматриваемого изделия

По согласованию с руководителем курсовой работы студент может сам выбрать или сконструировать электродный узел, а также простое приспособление для сборки и сварки конкретного малогабаритного узла. При этом в приложениях к курсовой работе должны иметься соответствующие чертежи, а в тексте работы должен присутствовать пункт под названием "Технико-экономическое обоснование выбора (конструирования) электродного узла (приспособления)".

Пример чертежа сконструированного электродного узла представлен на рисунке 7.

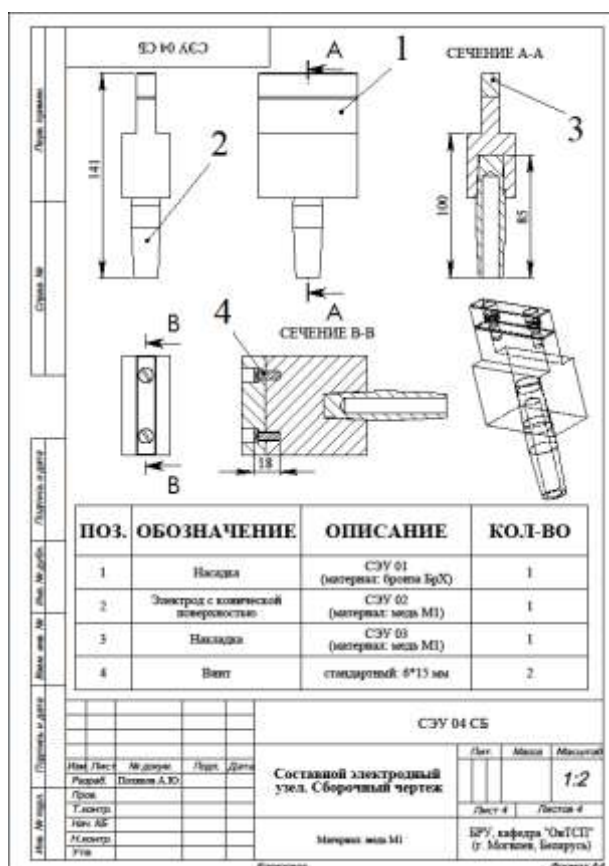


Рисунок 7 – Чертеж составного электродного узла

5.6 Разработка технологического процесса сборки, сварки и контроля изделия

Под разработкой технологического процесса следует понимать выбор наиболее рациональных способов сборки изделия, определение последовательности операций, связанных с его изготовлением, выбор (или проектирование) наиболее рационального типа оборудования и приспособлений.

Пример последовательности операций технологического процесса приведен здесь:

Контактная рельефная сварка пакетных соединений засовов замков дверных на машине контактной точечной сварки МТ–3201 с использованием системы автоматического управления процессом включает последовательность действий:

1) включить рубильник, подключающий контактную машину МТ–3201 к сети 380 В, за время, равное 3 с (осуществляется однократно перед началом серии сварок);

2) на обратной стороне машины установить ступень сварочного трансформатора №8 за время, равное 5 с (осуществляется однократно перед началом серии сварок);

3) настроить за время, равное 8 с, на регуляторе цикла сварки РКС–801 контактной машины МТ–3201 параметры режима сварки: позиция "НАГРЕВ" №9, длительность протекания сварочного тока $\tau_{CB} = 99$ периодов (максимум на тумблере) (осуществляется однократно перед началом серии сварок);

4) включить ЭВМ за время, равное 120 с (2 мин). Осуществляется однократно перед началом серии сварок;

5) запустить на "рабочем столе" ЭВМ командный файл среды LABVIEW (графический программный код) под названием "СВАРКА ЗАСОВА" за время, равное 20 с (осуществляется однократно перед началом серии сварок);

6) нажать опцию "ПУСК ПО ЦИКЛУ" в загруженном командном файле за время, равное 6 с (осуществляется однократно перед началом серии сварок);

7) уложить стержни из стали 35 в отверстия фторопластовой бобышки приспособления до упора с расположением торцевого среза книзу за время, равное 4 с;

8) уложить ригель из стали 08кп на основание приспособления с позиционированием по четырем упорам в основании за время, равное 4 с;

9) поднести приспособление к контактной машине и зафиксировать его над нижним электродом таким образом, чтобы он касался ригеля по всей своей контактной поверхности. Время операции – 3 с;

10) нажать на педаль контактной машины, после чего верхний электрод опустится, через паузу на предварительное сжатие (0,8 с)

пропустит через детали сварочный ток (0,45 с) и поднимется в исходное положение через время, установленное на регуляторе для проковки согласно циклограмме (0,8 с). Время операции \approx 2 с;

11) отнести приспособление от зоны сварки, повернуть вручную 2 шпильки против часовой стрелки на два оборота и, захватив клещами один из стержней, поступательным движением достать засов из приспособления за время, равное 2 с.

Общее время на изготовление одного засова составит 15 с (0,25 мин).

Студент заполняет карту технологического процесса, форму которой получает у руководителя курсовой работы. Готовая карта техпроцесса прикладывается в приложениях к работе.

5.7 Планировка участка сборки и сварки рассматриваемого узла

Планировка участка заключается в нанесении на плане производственного здания мест расположения оборудования и рабочих. В пояснительной записке приводится и дается описание планировки участка, РТК или рабочего места.

6 Мероприятия по охране труда на рабочем месте.

В данном разделе студенту необходимо в соответствии с выбранным способом сварки и оборудованием изложить требования к охране труда на рабочем месте сварщика и меры безопасности по работе со сварочным оборудованием. Привести основные поражающие факторы, угрожающие жизни и здоровью рабочих.

Список литературы

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

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

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

4. **Чулошников, П.Л.** Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов/ М.: Машиностроение, 1974. – 232 с.

5. **Гуляев, А.И.** Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных техникумов / А.И. Гуляев. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

6. **Кочергин, К.А.** Контактная сварка. / К.А. Кочергин / Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

7. **Орлов, Б.Д.** Контроль точечной и роликовой электросварки / Б.Д. Орлов, П.Л. Чулошников, В.Б. Верденский. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
8. **Зубченко, А. С.** Марочник сталей и сплавов / А.С. Зубченко и др. / Под общ.ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
9. **Смирнов, В. В.** Оборудование для контактной сварки: справ.пособие / В.В. Смирнов. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт–Петербургскоеотд–ние, 2000. – 736 с.
10. **Недорезов, В. Е.** Электросварочные машины / В.Е. Недорезов. – Л.: Машиностроение, 1977. – 309 с.
11. **Аксельрод, Ф. А.** Оборудование для сварки давлением. Учебное пособие для курсов инструкторов по внедрению в народное хозяйство передовых методов сварки и наплавки металлов / Ф. А. Аксельрод, А. М. Миркин. – М.: Высшая школа, 1975. – 239 с.
12. **Рыськова, З. А.** Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Федоров, В.И. Жемерева. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1990. – 423 с.
13. **Слиозберг, С. К.** Электроды для контактной сварки / С.К. Слиозберг, П.Л. Чулошников. – Л.: Машиностроение, 1972. – 96 с.
14. ГОСТ 15878–79 "Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы".
15. **Николаев Г. А.** Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций / Г.А. Николаев, С.А. Куркин, В.А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1971. – 760 с.
16. **Куликов, В. П.** Управление технологическими процессами сварки на основе мониторинга дефектности /В. П. Куликов. – Минск: Экоперспектива, 2006. – 335 с.