



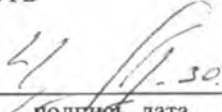
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 20 » 06 2016г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»
РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ
ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Пояснительная записка

Руководитель	 подпись, дата	20.06.16	ст. преподаватель	должность, ученая степень	С.Л. Бусыгин	инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата	20.06.16			Н.А. Ковалев	инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата		д.т.н. профессор	должность, ученая степень	С.Н. Козадский	инициалы, фамилия
Консультанты: Организационно- экономический раздел	 подпись, дата	14.06.16	ст. преподаватель	должность, ученая степень	Е.Е. Качуровская	инициалы, фамилия
Раздел безопасность и экологичность проекта	 подпись, дата	30.05.16	доцент, к.т.н.	должность, ученая степень	О.В. Чурбакова	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата	20.06.16	ст. преподаватель	должность, ученая степень	С.Л. Бусыгин	инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 20 » 06 2016г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В ФОРМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Студенту Ковалеву Н.А.

Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка установки для электроконтактной наплавки тел вращения»

Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016

Руководитель ВКР: С.Л. Бусыгин, ПИ СФУ, старший преподаватель
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Программа выпуска; 3. Технические условия на изготовление

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР)

1. Литературно-патентный обзор
2. Технологический раздел
3. Расчетно-конструкторский раздел
4. Безопасность и экологичность проекта
5. Организационно-экономический раздел

Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Общий вид машины (2А1);
2. Технологическая оснастка(2А1);
3. Устройство насечки (А1);
4. Охлаждение нижней консоли (А1);
5. Схема охлаждения (А1);
6. Схема работы контактора (А1);
7. Электрическая схема РПС (А1);
8. Техничко – экономические показатели (А1).

Консультанты по разделам

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	Е.Е. Качуровская
Раздел безопасности жизнедеятельности и экологичности проекта	О.В. Чурбакова

ДП – 150202.65 – 0804947 ПЗ

Разраб.	Ковалев		20.06.16	Разработка установки для электроконтактной наплавки тел вращения	Лист	Листов
Пров.	Бусыгин		20.06.16		2	112
Н. контр.	Бусыгин		20.06.16		Каф. «Машиностроение»	
Утв.	Демченко		20.06.16			

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

№ этапа	Срок	Текстовая часть	Графическая часть
1	с 08.03.2016 по 15.03.2016	ТЧП - 50 %	лист № 1
2	с 16.03.2016 по 31.03.2016	КЧП – 50 % ТЧП – 40 %	лист № 2 лист № 3
3	с 01.04.2016 по 15.04.2016	КЧП – 50 % Б и ЭП – 40 % ОЭЧ – 25 % ТЧП – 10 %	лист № 4 лист № 5
4	с 16.04.2016 по 30.04.2016	Б и ЭП – 40 % ОЭЧ – 25 %	лист № 6 лист № 7 лист № 8
5	с 01.05.2016 по 25.05.2016	ОЭЧ – 50 %	лист № 9
Всего	на 25.05.2016	100% по разделам	100%

ТЧП – технологическая часть

КЧП – конструкторская часть

Б и ЭП – безопасность и экологичность проекта

ОЭЧ – организационно-экономическая часть

Руководитель выпускной
квалификационной работы

С.Л. Бусыгин

(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

Н.А. Ковалев

(подпись, дата)

ДП – 150202.65 – 0804947 ПЗ

Лист

3

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка установки для электроконтактной наплавки тел вращения» содержит 17 таблиц, 25 иллюстраций и 112 страниц печатного текста, количество использованных литературных источников 27, графическая часть проекта составляет 10 листов формата А1.

Пояснительная записка к проекту состоит из введения, пяти основных частей (литературно-патентный обзор, технологическая часть, конструкторская часть, организационно-экономическая часть, безопасность и экологичность проекта), заключения и приложения.

В основных разделах содержатся результаты работы над проектом, произведены необходимые расчеты, приводятся иллюстрации. В заключении сделаны выводы по результатам работы над проектом.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1 Анализ реферативных журналов и статей.....	13
1.2 Особенности электроконтактной наплавки.....	25
1.2.1 Краткие сведения о процессе.....	25
1.2.2 Нагрев металла.....	26
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	28
2.1 Общие положения.....	29
2.2 Технологические варианты наплавки.....	29
2.3 Определение основных параметров режима электроконтактной наплавки.....	36
2.3.1 Общие положения.....	36
2.3.2 Расчёт геометрических размеров единичной площадки металлопокрытия.....	37
2.3.3 Расчёт тока наплавки.....	40
2.3.4 Определение усилия прижатия электрода, скорости и продольного шага наплавки.....	47
2.3.5 Производительность и энергоёмкость электроконтактной наплавки.....	48
2.3.6 Нагрев металла сварочным током.....	48
2.4 Технология шовной сварки.....	55
2.4.1 Типы сварных соединений и узлов.....	55
2.4.2 Особенности процесса шовной сварки.....	57
2.4.3 Форма и размеры рабочей поверхности роликов.....	59
3. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	61
3.1 Технические данные.....	62
3.2 Описание машины.....	63
3.3 Устройство и работа машины.....	64
3.4 Устройство и работа составных частей машины.....	64
3.5 Технологическая оснастка.....	68
3.6 Расчет параметров формирования соединения при электроконтактной наплавке проволоки.....	71
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	75
4.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасных условий труда.....	76
4.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого участка.....	76
4.3 Производственная санитария.....	77
4.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса.....	82
4.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.....	85
4.6 Экологичность проекта.....	86

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	89
5.1 Последовательность проведения технико-экономического анализа.....	90
5.2 Выбор номенклатуры основных показателей и параметров	90
5.3 Выбор оптимального варианта конструкторского решения	92
5.4 Расчёт оптовой цены изделия с учётом КППУ	102
5.5 Техничко-экономическая характеристика электроконтактной наплавки .	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	110
ПРИЛОЖЕНИЕ	112

ВВЕДЕНИЕ

Контактная сварка – это процесс образования неразъёмных соединений конструкционных металлов в результате их кратковременного нагрева электрическим током и пластического деформирования усилием сжатия.

Соединение свариваемых деталей при контактной сварке (как и при других способах сварки) происходит путём образования связей между атомными агрегатами в зоне контакта этих деталей. При этом для образования физического контакта и активации соединяемых поверхностей затрачивается тепловая и механическая энергия, подводимая извне.

Известные способы контактной сварки классифицируют по ряду признаков:

- 1) по технологическому способу получения соединений – точечная, рельефная, шовная, стыковая;
- 2) по конструкции соединения (нахлесточное или стыковое);
- 3) по состоянию металла в зоне сварки – с расплавлением металла и без расплавления;
- 4) по способу подвода тока – одно- и двухсторонняя;
- 5) по роду сварочного тока и форме импульса тока (переменный - промышленный, повышенной и пониженной частоты, постоянный, униполярный – ток одной полярности с переменной силой в течение импульса);
- 6) по числу одновременно выполняемых соединений – одноточечная, многоточечная, сварка одним или несколькими швами и т.д.;
- 7) по наличию дополнительных связующих компонентов (клея, грунта, припоя и др.);
- 8) по характеру перемещения роликов при шовной сварке – непрерывная (с постоянным вращением роликов) или шаговая (с остановкой роликов на время сварки).

Шовная сварка – способ получения герметичного соединения (шва) путём образования ряда перекрывающихся точек. Подвод тока и перемещение деталей осуществляют с помощью вращающихся дисковых электродов – роликов. Как и при точечной сварке, детали собирают внахлестку и нагревают кратковременными импульсами сварочного тока. Перекрытие точек достигается соответствующим выбором паузы между импульсами тока и скорости вращения роликов. В зависимости от того, вращаются ролики непрерывно при сварке шва или останавливаются на время прохождения сварочного тока, различают непрерывную и шаговую сварку. Шаговая сварка отличается относительно небольшой производительностью, однако при этой сварке уменьшаются скорость износа рабочей поверхности роликов и вероятность образования дефектов шва (трещин, раковин) по сравнению с непрерывной сваркой, когда прохождение

сварочного тока и кристаллизации литого ядра осуществляются при вращающихся роликах.

Известны некоторые разновидности шовной сварки – односторонняя, многошовная (одновременная сварка нескольких швов на одной машине), шовно-стыковая сварка.

Технология – перечень сведений о способах и режимах обработки и сварки деталей. При производстве сварных узлов к этим операциям можно отнести непосредственно сварочные и вспомогательные операции, например, подготовку поверхности, сборку, контроль качества соединений и т.д.

Теоретическую основу технологии составляет ряд физико-химических процессов, протекающих при формировании соединений. Технология определяет требования к сварочному оборудованию.

Сварочное оборудование – комплекс устройств (механических и электрических), обеспечивающих выполнение заданной технологии производства сварных конструкций. Оборудование состоит из машины, средств механизации и автоматизации, аппаратуры управления технологическим процессом сварки.

Машина состоит из двух частей:

1) механической части, включающей конструктивные элементы, создающие жёсткость и прочность (корпус, станина, кронштейн и т.д.), приводы для сжатия и перемещения деталей и элементы вторичного контура машины (консоли, электрододержатели, электроды);

2) электрической части, состоящей из источника сварочного тока (сварочного трансформатора, выпрямителя, преобразователя тока, аккумулятора электрической энергии – батареи конденсаторов и т.д.) и вторичного контура для подвода тока от источника питания к электродам.

Средства механизации и автоматизации представляют собой приспособления к универсальным машинам, роботы, автоматические устройства, которые обеспечивают сборку, установку деталей перед сваркой, перемещение их во время сварки и съём сваренных узлов, формоизменение деталей до и после сварки (удаление грата), зачистку деталей, электродов и роликов и т.п.

Аппаратура управления определяет заданную последовательность и продолжительность всех или части операций сварочного процесса, управление и регулирование основных электрических и механических параметров режима сварки, контроль и управление процессом сварки по обобщающим параметрам (в том числе по статистическим многофакторным моделям процесса), управление приводами средств механизации и автоматизации, а также сбор и обработку информации о состоянии приводов машины, о простоях, о количестве соединений и качестве сварки за смену, сутки и т.п. В ряде случаев аппаратура управления с ограниченными функциями встраивается в машину.

Шовная сварка по объёму применения занимает третье место и используется при изготовлении различных герметичных ёмкостей, например,

топливных баков автомобилей и летательных аппаратов, баков стиральных машин и шкафов холодильников, плоских отопительных радиаторов и т.п. Кроме того, шовная сварка обеспечивает получение прочноплотных швов при производстве чувствительных элементов в приборостроении. Скорость сварки швов может достигать на отдельных установках 10м/мин, а плотность соединений обеспечивает высокую надёжность работы сварных конструкций в условиях очень низкого вакуума или весьма больших давлений рабочей среды.

Наплавка металлов – эффективный способ продления срока службы деталей машин и механизмов. В настоящее время наплавка металлов – важная отрасль сварочного производства. С применением наплавки решены сложные задачи при производстве энергетических установок, металлургического оборудования, деталей почвообрабатывающих машин. Наплавка при ремонте изношенных деталей машин и оборудования составляет 72,3% общего объёма наплавочных работ (27,7% приходится на изготовление новых изделий). Созданы крупные цехи и участки централизованной наплавки деталей, а также предприятия, на которых производятся наплавочные материалы (твёрдые сплавы, порошковая проволока и т.д.).

В котлостроении, энергетическом машиностроении, металлургии широко применяется механизированная наплавка. Степень механизации наплавочных работ в промышленности нашей страны составляет 54,7%, а на предприятиях чёрной металлургии 77,6%.

Разработаны и внедрены в производство: наплавка порошковой проволокой и порошковой лентой открытой дугой, спечённой электродной лентой под флюсом, жидким присадочным металлом, наплавка композиционных слоёв, электрошлаковая – электродом сложного и большого сечения, индукционная, газопорошковая, плазменная.

Однако возможности повышения эффективности производства деталей машин и особенно их ремонта с применением различных видов наплавки далеко не реализованы. Трудоёмкость ремонта машин в несколько раз превышает трудоёмкость их изготовления. В значительной мере это следствие несовершенства или низкой эффективности существующих способов наплавки деталей. Так. При электродуговых способах наплавки значительно термическое влияние на металл детали, приводящее к нежелательным, а в ряде случаев – недопустимым структурным изменениям и как следствие к разупрочнению. Многие способы наплавки малопродуктивны, особенно при ремонте деталей с малым износом. Допустимые зазоры в сопряжениях современных машин непрерывно снижаются, следовательно, количество требующих ремонта деталей с малым износом возрастает. Наконец, все электродуговые способы наплавки сопровождаются интенсивным световым излучением, а также засоряют атмосферу газами.

Металлизацией без существенного термического воздействия металл можно наносить на детали сложной формы. Однако покрытия, полученные различными способами металлизации без дополнительных технологических приёмов, имеют низкую прочность сцепления с металлом основы, неравномерную твёрдость, плохо сопротивляются растяжению, что исключает применение металлизации для изготовления или ремонта деталей машин, работающих на растяжение, изгиб, кручение. Кроме того. При металлизации значительны потери присадочного металла. Для повышения прочностных свойств напылённого металла применяют последующее оплавление его электрической дугой или плазменной струёй. При этом прочность на отрыв получаемого слоя металла возрастает в 4 – 5 раз, достигая 65 – 70 кгс/мм². Однако такое улучшение свойств напылённого металла достигается значительным усложнением технологии и снижением производительности, а также требует дополнительного оборудования.

Различные виды гальванических процессов образования металлопокрытий характеризуются низкой производительностью и высокой энергоёмкостью. Применение их целесообразно для нанесения тонких слоёв металла, но сопряжено с технологическими трудностями при ремонте деталей сложной формы, необходимостью частого контроля и корректировки состава электролита. Вследствие значительных внутренних напряжений в металле осадка усталостная прочность хромированных деталей может снижаться на 15 – 45%.

В последние годы разработаны новые способы наращивания металла, которым в меньшей мере присущи перечисленные недостатки.

Широко распространён способ электроискрового легирования и восстановления поверхностей деталей машин. Электроискровая обработка импульсным током не требует сложного оборудования. Для восстановления изношенных поверхностей электроискровым способом используют твердосплавные электроды ВК2, ВК3, ТЧК30, Т5К10, сормайт, феррохром, ферробор и др. Микротвёрдость металла верхнего слоя при использовании феррохрома достигает 650 – 700кгс/мм², ферробора 1100 - 1200кгс/мм², твёрдых сплавов Т15К6, ВК8 и др. 900 - 1100кгс/мм². При электроискровом восстановлении изношенных поверхностей деталей машин электродами Т15К6 толщина слоя достигает 0,3 мм, прочность соединения его с основным металлом составляет 90 кгс/мм². Износостойкость металлопокрытия, наплавленного электроискровым способом с использованием феррохрома, в 10-14 раз превышает износостойкость стали 45. Разновидность электроискрового способа наращивания – наплавка пучком вращающихся электродов (микронаплавка). Сущность способа заключается в том, что при вращении пучка электродов и соприкосновении его с деталью появляются электрические разряды, и металл переносится на наплаваемую поверхность.

Недостаток всех электроискровых способов наплавки – значительное снижение усталостной прочности деталей и сравнительно низкая производительность.

К новым способам наращивания металла относится микронаплавка с комбинированным переносом металла электрода. Толщина наплавленного слоя 0,37 – 0,42 мм, прочность его соединения с основным металлом 15 – 20 кгс/см², а микротвёрдость 400 – 490 кгс/мм². Недостаток этого способа – недостаточная прочность соединения наплавленного слоя с основным металлом.

В Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства разработан электроимпульсный способ образования тонких слоёв металла, осуществляемый при вибрации электрода с периодическими замыканиями на деталь с длительностью $5 \cdot 10^{-3}$ - $6 \cdot 10^{-3}$ с. Этот способ целесообразен для получения слоёв металла толщиной не более 0,3 мм на сторону. Производительность его низка.

Одним из перспективных способов наращивания металла на поверхности изделий является электроконтактное плакирование металлической лентой. Этот способ разработан в ГОСНИТИ и заключается в приваривании контактным способом стальной ленты, предварительно закреплённой на изделии к его поверхности. Электроконтактное плакирование осуществляется на специальных установках, сварочная цепь которых питается от конденсаторных генераторов импульсного тока. Этот способ чрезвычайно производителен (до 250 см²/мин) и позволяет наращивать различные металлы на изделия из стали и чугуна. Существенные недостатки электроконтактного плакирования – малая толщина наращиваемого слоя металла (до 0,2 мм) и низкая прочность соединения его с основным металлом вследствие отсутствия пластической деформации присадочной ленты в зоне контакта её с изделием, что является необходимым условием соединения металлов в твёрдой фазе. При режимах процесса, обеспечивающих образование литого ядра, последнее смещается из зоны контакта присадочной ленты вглубь металла изделия. Что является следствием интенсивного теплоотвода от тонкой присадочной ленты в массивный медный контактный ролик.

Автором разработан новый способ получения сплошного слоя металла принудительным формованием нагретых до пластического состояния присадочного металла и поверхностного слоя металла детали.

Новый процесс образования слоя металла в твёрдой фазе получил название электроконтактной наплавки.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Анализ реферативных журналов и статей

УДК 621.791.763.1: 621.3.049.75

10.63.252. Приварка тонкой проволоки к печатной плате.

Обработанны результаты работ по односторонней контактной точечной сварке тонких посеребрённых из бескислородной Cu проволок диаметром 0,18 мм к печатным платам, покрытых в контактных участках слоем Cu-Ag-Su. Слой Ag на проволоке имел толщину 2-3 мкм. Вели одностороннюю сварку параллельно расположенными электродами Э из Mo и Cu-W псевдосплав с количеством Cu в них от 20 до 40% от источника постоянного тока. Первой серией экспериментов с использованием Э из Mo установлено, что электросопротивление в сварочной цепи сильно зависит от прижатия Э к проволоке; оно стабилизируется по величине и разбросу при $Q > 25$ Н. За оптимальную величину приняты значения в 24,5-27,4 Н. (2,5-2,8 кгс). При этом меньшее усилие прикладывали в начале сварки (при холодном контакте), затем его повышали во время прохождения тока до названного верхнего предела, производя проковку. Зазор между Э составлял несколько десятых миллиметра, обычно 0,2-0,3 мм. Время пропускания тока (при $U = 0,72$ В) составляло 9мс. Оценивали прочность получаемого соединения на отрыв проволоки от матрицы с отгибом. Она находилась в зависимости от Q и была наибольшей и стабильной при оптимизированных значениях прижатия. Усилия отрыва доходили до 5Н. при таких близких значениях был стабильным размер точек, малый разброс по ширине. Не установлено особого влияния толщины слоя Cu-Ag-Sn на токоведущем модуле матрицы. Поэтому (из-за удобства его нанесения) толщину такого слоя установили в пределах 15-25 мкм. Оценено влияние ширины токоведущего модуля на прочность соединения. Она нарастала по мере увеличения его ширины от 0,3 до 0,8мм; при этом значении наступила стабилизация прочности. Рекомендована ширина модуля в $0,8 \pm 0,1$ мм. При замене Mo Э на Cu-W, имеющих примерно одинаковую твёрдость с Э из Mo (235-298 HV против 258 HV у Mo), но лучшую электропроводность, достигли увеличения срока службы до 7 раз (Э из Mo без заправки выполняли 25 точек, из сплава 30 Cu-70 W-200 точек и более) и стабильности размеров и прочности (средняя величина усилий отрыва при 30 Cu-70 W-Э составляла 5,45 Н против 4,33 Н при Mo-Э). Ил. 7. Табл.2. По резюме.

УДК 621.791.763.3.039:672.46

2.63.525. Современные возможности применения шовной сварки с контактной электродной проволокой.

Для повышения стойкости роликов между последними, имеющими круговую проточку, и свариваемыми листами подают профилированную Cu-проволоку. Такой способ шовной сварки тонких листов, распространён при соединении оцинкованных, фосфатированных и алюминированных листов толщиной ≤ 1 мм, используют при изготовлении разного рода ёмкостей.

Поперечное сечение Cu-проволоки может быть круглым, овальным, прямоугольным или треугольным. Сварку можно вести по традиционной технологии внахлестку со скоростью 5-9 м/мин и с раздавливанием кромок (способ Wima). Способ Super-Wima, характеризующейся большей деформацией кромок и уменьшением ширины нахлестки, например от 1,5 до 0,3 мм, имеет следующие преимущества: небольшая ширина шва, более низкая температура и небольшое окисление его поверхности, незначительное утолщение шва, снижение расхода электроэнергии, увеличение скорости сварки до 60 м/мин и др. Ил. 9. Г. Клебанов.

УДК 621.791.763.3.039(088.8)

6.63.560 П. Материал, сваренный с помощью направляющего приспособления шовной машины для контактной сварки.

Для контактной шовной сварки шва сложной формы предлагается конструкция зажимного приспособления, в котором имеется узел, соединённый с рукой робота через пару шарнирных рычагов, имеющих возможность поворота в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Шарниры обеспечивают возможность изменения положения зажимного приспособления в соответствии с изменением позиции для сварки. Ил. 4.

УДК 621.791.763.3(088.8)

3.63.382 П. Способ контактной шовной сварки герметичными швами.

При сварке предложено выполнять 2 перекрывающихся шва. В том случае, если ролик имеет раковину на рабочей поверхности, образующийся в месте контакта этого дефекта со свариваемым материалом, непровар 1-го шва будет перекрыт 2-м швом. Непровар, образующийся при выполнении 2-го шва, будет перекрыт 1-м швом. Ил. 6.

УДК 621.791.763.3.03(088.8)

3.63.588 П. Машина для шовной герметичной сварки.

Предложена машина для автоматической шовной контактной сварки защитной металлической камеры, герметично закрывающей скользящий маятник. Основой конструкции машины является жёсткая рама, на которой смонтирован сварочный трансформатор. На раме жёстко укреплен горизонтальный стержень, несущий механизм сварочных роликовых электродов, которые при сварке прижаты пружинами к свариваемым кромкам, и разводятся в стороны в нерабочее положение вручную рукояткой-рычагом. Машина перемещается вдоль свариваемого выступа на одном рулевом и двух опорных роликах. При входе в точку контакта роликовых электродов того участка камеры, в котором расположен скользящий маятник, срабатывает специальный датчик, по сигналу которого автоматически включается сварочный трансформатор. После прохода зоны сварки датчик размыкается и схема управления выключает питание трансформатора. Ил. 6.

УДК 621.791.763.3:669.14/.15:621.57(088.8)

3.63.586 П. Способ контактной шовной сварки.

Предложен способ контактной шовной сварки, который может быть использован преимущественно при сварке герметичным швом тонколистовых конструкций. Для повышения качества стабильности и обеспечение возможности получения герметичной сварки листов металлических конструкций толщиной до 1,2мм и выполнения швов неограниченной длины сварку осуществляют роликовым электродом с волнообразным профилем контактной поверхности. Шаг профиля электродов находится в пределах 1,2-4,2, а глубина волнистости составляет 0,5-1,7 от толщины металла. Появляется дополнительная сдвиговая деформация в направлении, перпендикулярном усилию сжатия электродов. Это создаёт благоприятные условия для схватывания металлических поверхностей без их взаимного расплавления. Приведён пример сварки бытовых маслонаполненных электрорадиаторов (Ст 08П с толщиной 0,8мм). Ил. 1.

УДК 621.791.763.3.039(088.8)

1.63.304 П. Способ шовной сварки с электродной проволокой и сварочная машина для выполнения процесса.

Описан способ шовной сварки крупногабаритных листовых конструкций, осуществляемый через промежуточную электродную проволоку, помещаемую в пазах роликовых электродов. Перемещение проволоки к сварочным роликам достигается с помощью привода с электродвигателем, оснащённого парой подающих роликов, реверсивным механизмом, калибровочными роликами, прижимным механизмом, устройством для охлаждения проволоки, направляющими роликами, кольцевыми направляющими, транспортирующим устройством и кольцевыми магнитопроводами, изготовленными из материалов с высокой магнитной проницаемостью. Указанный привод осуществляет непрерывную подачу проволоки к месту сварки по замкнутому циклу. Удлинение электродной проволоки может происходить при повышении предела текучести материала, который зависит от температуры нагрева. Снижение температуры нагрева электродной проволоки, а также сварочных роликов и зоны соединения достигается использованием водяного охлаждающего устройства, через которое проходит проволока. Использование описанного способа позволяет повысить качество сварных соединений в листовых конструкциях и увеличить срок службы сварочных роликов в результате создания благоприятных условий их охлаждения. Ил. 3.

УДК 621.791.763.3.03-8:62-462.2(088.8)

9.63.517 П. Подающий механизм для контактной сварочной машины.

Предложен механизм подачи подкладной проволоки к токоподводящему ролику в контактной шовносварочной машине при сварке протяжных швов тонкостенных цилиндрических обечаек. Система

фиксаторов обеспечивает точное позиционирование элементов механизма. Ил. 6.

УДК 621.791.763.3.03(088.8)

10.63.369 П. Устройство для контактной шовной сварки с раздавливанием кромок листовых кожухов большой длины.

Предложено устройство для сварки листового днища с листовой крышкой. Оно состоит из двух консолей (К) сварочной машины с малым вылетом и дополнительной неподвижной длиной К, на которой устанавливается свариваемый узел таким образом, что его деталь большего размера располагается вне сварочного контура. К концу дополнительной консоли крепится колодка, совмещающая при наложении с опорной поверхностью на нижней консоли машины. Расстояние между нижним электродом, установленным на дополнительной консоли, и колодкой должно быть минимальным с целью уменьшения перекашивания электрода. Дополнительная консоль выполнена поворотной, благодаря чему облегчаются установка и съём узла. Ил. 4. Г. Клебанов.

УДК 621.791.763.3.03:696(088.8)

10.63.371 П. Машина для шовной электрической сварки.

Предложена машина для шовной сварки преимущественно моек, содержащая сварочные ролики и установленные на станке с возможностью встречного перемещения вращающийся ложемент и взаимодействующее с приводом средство для поджима, включающее подпружиненный шток. Для повышения производительности и улучшения качества сварки машина снабжена механизмом калибровки, выполненным в виде связанного с подпружиненным штоком стального диска со ступицей и цилиндрического кронштейна, смонтированного на диске соосно штоку, механизмом центровки, выполненным в виде конической насадки, установленной на подпружиненном штоке и закреплённых в цилиндрическом кронштейне цапговых зажимов, связанных с конической насадкой, а средство для поджима снабжено прижимным элементом, установленным на ступице, и профилированными подпружиненными роликами, размещёнными по окружности диска. Ил. 3.

УДК 621.791.763.3.03:629.11.3(088.8)

10.63.372 П. Машина для сварки по замкнутому контуру.

Предложена машина для контактной шовной сварки изделий по замкнутому контуру, например двух половин топливного бака, которые свариваются по отбортовке. В состав машины входят: основание, выполненное в виде горизонтальной плиты и вертикальной стойки, двухшарнирный рычаг с вертикальным валом на конце, шаблон на нижнем конце вала и кондуктор для закрепления заготовок бака на верхнем, привод поворота вала, датчик-щуп, находящийся в непрерывном контакте с

шаблоном и расположенный на одной вертикали с зоной сварки, пара контактных роликов. Конец 2-го рычага и вал в его втулке имеют возможность свободного перемещения по горизонтали. При одновременном повороте вала происходит перемещение свариваемых заготовок относительно контактных роликов таим образом, чтобы замкнутый сварной шов образовался точно посередине линии отбортовки. При этом линейное перемещение в плоскости роликов осуществляется за счёт их вращения, а поворот вала за счёт работы привода, управляемого специальной системой с датчиком-щупом в её составе. Исключается необходимость в сложных жёстких механических копирах, упрощается конструкция машины, повышается точность геометрии шва. Ил. 2.

УДК 621.791.763.3.03:629.11.011.61(088.8)

10.63.374 П. Способ получения сварных соединений в машине для шовной сварки и устройство для его реализации.

Предложены способ сварки швами сложной пространственной формы, например крыши автомобиля, и машина, у которой оси роликовых электродов (РЭ) перекрещиваются, причём по меньшей мере одна из них может наклоняться. Роликовые электроды имеют контактные поверхности разной формы, швы в процессе сварки охлаждаются с двух сторон, а роликовые электроды непрерывно затачиваются. Устройство представляет собой клещи с двумя приводными роликовыми электродами, контактные поверхности которых имеют форму конусов с разными углами при вершине. В направлении сварки перед и за роликовыми электродами проложены стационарные водоводы с отверстиями, направленными в сторону швов. По окружности роликовых электродов установлены фрезы. Клещи расположены на каретке (К), которая, в свою очередь, установлена на подвижной тележке с направляющими (Н) и может перемещаться по высоте. Тележка перемещается по направляющим, жёстко связанной со станиной. Их длина равна длине шва. Эти направляющие расположены в плоскости, примерно перпендикулярной плоскости, в которой перемещается каретка. На каретке имеются дугообразные направляющие для наклона клещей в плоскости перемещения каретки. Ил. 4. Г. Клебанов.

УДК 621.791.763.3.03-52:629.11.3(088.8)

Машина для шовной сварки по контуру с числовым управлением.

Предложена машина для контактной шовной сварки изделий по замкнутому контуру, например двух половин топливного бака, которые свариваются по отбортовке в его средней плоскости. В состав машины входят: основание, выполненное в виде горизонтальной плиты и вертикальной стойки; двухшарнирный рычаг, закреплённый на стойке и с вертикальным валом на конце; кондуктор для закрепления заготовок на верхнем конце вала; привод поворота вала и угловые датчики поворота на шарнире в месте крепления рычага к стойке, на шарнире между рычагами и

на приводе поворота вала. Комплекс показаний датчиков однозначно определяет пространственное и угловое положение заготовок. Линейная составляющая движения свариваемых отбортовок задаётся и осуществляется контактными роликами машины, установленными на стойке. При одновременном вращении роликов и повороте вала происходит перемещение свариваемых заготовок точно по средней линии отбортовки заготовок. Управление приводами вращения роликов и поворота вала осуществляется системой ЧПУ с угловыми датчиками в её составе. В машине исключается необходимость в сложных жёстких механических копирах, упрощается её конструкция, повышается точность геометрии шва. Ил. 4.

УДК 621.791.763.3.037:621.311.6:621.642.021.03(088.8)

11.63.341 П. Способ и устройство для высокоскоростной контактной шовной сварки.

Предложен способ непрерывной высокоскоростной (7,6 м/мин) контактной шовной сварки листовых конструкций (например: ёмкостей топливных баков из полусферических заготовок), в котором для оптимизации процесса энергия сварки подаётся непрерывно-импульсно. С этой целью первичная обмотка сварочного трансформатора подключена ко вторичной обмотке вспомогательного трансформатора, первичная обмотка которого имеет 3 секции, причём каждая через свой тиристорный контактор подключена к своей фазе в трёхфазной силовой сети. Включение секций в сеть производится в определённой последовательности. Вначале на время 120 электрических градусов (или 240°) включены все 3 секции, затем каждая из секций по очереди отключается от своей фазы на один период частоты силовой цепи. После этого все 3 секции опять включаются в сеть на 120° (или 240°) и затем повторяется поочерёдное отключение каждой из секций на один период её фазы. Таким образом обеспечивается соотношение 60%/40% включено/выключено для каждой из секций первичной обмотки вспомогательного трансформатора. Ил. 5. В. Зимаков.

УДК 621.791.763.3.039:621.642.021.03(088.8)

6.63.470 П. Устройство для шовной сварки замкнутых криволинейных швов.

Для повышения точности настройки свариваемых деталей по высоте по мере износа сварочных роликов устройство снабжено планшайбой, установленной на держателе свариваемых деталей с возможностью фиксируемого возвратно-поступательного перемещения относительно криволинейной направляющей вдоль оси поворота держателя. Ил. 1.

УДК 621.791.763.3.03:62-462.2

9.63.267. Механизм подведения контактной проволоки – важный компонент машины для шовной сварки.

Различают 2 варианта подведения контактной проволоки (П). В 1-м варианте она вначале проходит по верхнему (внешнему) роликовому электроду (РЭ), а во втором – по нижнему внутреннему. Проволока изготовлена из высокопрочной меди и предотвращает перенос Zn или Sn с поверхности свариваемых оцинкованных или лужёных листов на рабочую поверхность роликового электрода. Кроме того функция проволоки заключается в протягивании свариваемых обечаек между роликовыми электродами под действием тангенциального усилия в контакте проволоки с листами. При подведении проволоки следует исключать проскальзывание обечаек относительно роликового электрода. Перекидной ролик механизма обеспечивает подведение проволоки с любого направления. Качающийся ролик ограничивает напряжение проволоки перед профилирующим агрегатом и предотвращает её излом при помехах в сматывании с катушки. Проволока после прохождения по верхнему роликовому электроду подаётся на алюминиевый ролик большого диаметра и охлаждается. Натяжение проволоки контролируется электрическими приборами. Многоступенчатый профилирующий агрегат оснащён несколькими роликами, что обеспечивает большую размерную точность сечения проволоки. На выходе из механизма проволока рубится и сбрасывается в бункер. Ил. 3. Г. Клебанов.

УДК 621.791.763.3.039(088.8)

11.63.568 П. Устройство для контактной шовной сварки изделий по замкнутому криволинейному контуру.

Предложено устройство для контактной шовной сварки изделий по замкнутому криволинейному контуру, содержащее станину, упорную планку и направляющий ролик, ведущий и прижимной рабочие ролики, шарнирную консоль, на которой установлен поворотный стол-копир, выполненный с боковой наружной рабочей поверхностью, контактирующей с упорной планкой и внутренней рабочей поверхностью, контактирующей с направляющим роликом. Для повышения качества сварного шва путём уменьшения инерционных колебаний стола-копира упорная планка снабжена закреплённым на ней упором с вогнутой круговой поверхностью, ограниченной плоскостью, параллельной упорной планке и расположенной от рабочей поверхности упорной планки на расстоянии, равном радиусу закруглений стола-копира, а стол-копир снабжён в местах перехода от одного прямолинейного участка к другому расположенными в плоскости упора элементами с выпуклыми круговыми поверхностями с радиусами, соответствующими радиусу вогнутой круговой поверхности упора, причём выпуклые круговые поверхности ограничены перпендикулярными столу-копиру плоскостями, расположенными от соответствующих прямолинейных

участков наружной боковой поверхности стола-копира на расстоянии, равном радиусу выпуклых круговых поверхностей элементов. Ил. 6.

УДК 621.791.763.3.03(088.8)

11.63.565 П. Устройство для шовной сварки.

Предложено устройство для шовной сварки, содержащее основание и смонтированные на нём привод, и две роликовые электродные головки, смонтированные на осях, содержащие по одному основному электродному ролику. Для повышения производительности и расширения технологических возможностей путём обеспечения возможности сварки одними и теми же головками и внутренних поверхностей деталей цилиндрической формы без перестановки электродов электродные головки выполнены в виде двух поворотных блоков посредством втулок, установленных по одному на осях электродных головок с возможностью поворота в плоскости, перпендикулярной этим осям, в пределах 180 и фиксации в крайних положениях и снабжённых двумя дополнительными роликовыми электродами и механизмами фиксации поворотных блоков, при этом основные и дополнительные роликовые электроды установлены по одному на противоположных и попарно на одноимённых концах каждого поворотного блока, а механизм фиксации каждого из поворотных блоков выполнен в виде секторных выступов, расположенных на осях электродных головок и втулках поворотных блоков с возможностью взаимодействия при повороте последних в крайние положения. Ил. 5.

УДК 621.791.763.3.03(088.8)

7.63.352 П. Устройство для контактной шовной сварки замкнутых криволинейных контуров.

Предложено устройство для контактной шовной сварки замкнутых криволинейных контуров. Для упрощения устройства в случае сварки симметричных в плане не замкнутых швов устройство для контактной шовной сварки содержит узел слежения с копиром и роликом, установленным с возможностью взаимодействия с копиром, приводы сварочных роликов и узла слежения, а также стол-держатель для свариваемого изделия. Устройство снабжено опорой качения. Привод узла слежения снабжён шпинделем. Узел слежения снабжён установленным на шпинделе силовым цилиндром. На самом штоке силового цилиндра жёстко закреплён стол-держатель, а на торце штока – ролик. Опора качения расположена на корпусе силового цилиндра с возможностью контактирования шариками со столом-держателем. Надёжность работы обеспечивается за счёт простоты конструкции. Индивидуальный привод узла слежения исключает проскальзывание роликов по свариваемому изделию, чем обеспечивается стабильность качества сварки. Ил. 2.

УДК 621.791.92.037(088.8)

448098 Головка для электроконтактной наплавки деталей машин

Изобретение относится к области сварочного производства, в частности к оборудованию для электроконтактной наплавки роликовым электродом.

Известна головка для электроконтактной наплавки, состоящая из подвижного основания, на котором размещены узел подвески сварочного ролика и направляющее устройство для присадочной проволоки.

Однако такая головка не обеспечивает возможности использования всей контактной площади сварочного ролика вследствие установки направляющего устройства для присадочной проволоки неподвижно относительно ролика, в результате чего контакт присадочной проволоки с рабочей поверхностью сварочного ролика осуществляется по узкой кольцевой площадке, равной ширине наплавляемого валика металла. На этой части поверхности ролика образуется канавка, что влечёт за собой изменение электрических параметров контакта, а следовательно, нарушает стабильность процесса наплавки.

Цель изобретения – повышения стабильности качества наплавляемого металлопокрытия и увеличение срока службы сварочного ролика.

Это достигается конструктивным решением головки, обеспечивающим дополнительное перемещение сварочного ролика вместе с узлом подвески и механизмом нагружения относительно собственного основания и жёстко закреплённого на нём направляющего устройства для присадочной проволоки так, что проволока в процессе наплавки контактирует не по кольцевой площадке, а по непрерывной спирали с перекрывающимися витками последовательно по всей его ширине. При этом скорость вращения ролика связана с величиной перемещения его относительно присадочной проволоки, а следовательно, при любой скорости наплавки обеспечивается постоянное перекрытие витков спирального следа наплавляемого валика контактной поверхностью сварочного ролика.

Головка работает следующим образом.

С момента включения привода базового станка и тока наплавки начинает вращаться наплавляемая деталь 1 и фрикционно связанный с ней сварочный ролик 2, прижатый механизмом нагружения к проволоке 3, при этом на поверхность детали наплавляется валик присадочного металла. Одновременно ходовым винтом 4 перемещается основание головки 5 с шагом, обеспечивающим перекрытие соседних витков наплавляемого на деталь спиралевидного валика присадочного металла. Сварочный ролик 2 в начале наплавки устанавливаются в крайнее левое положение ходовым винтом 6 вручную при выключенном редукторе 7. Затем включается редуктор 7, соединяющий вращающуюся ось 8 сварочного ролика 2 с ходовым винтом 6 узла подвески 9, который начинает перемещаться вправо вместе со сварочным роликом 2 относительно присадочной проволоки 3, фиксируемой направляющей втулкой 10, жёстко закреплённой посредством стойки 11 на

основании головки 5. По мере перемещения ролика вправо на всю его ширину, он возвращается в исходное положение ходовым винтом 6 вручную при выключенном редукторе 7.

Предлагаемая головка обеспечивает стабильное качество наплавляемого металлопокрытия, в 8-10 раз увеличивает срок службы наплавляющего ролика, в 3-4 раза сокращает время обслуживания головки за счёт увеличения продолжительности работы головки без зачистки ролика.

УДК 621.791.763.3.037(088.8)

493310 Установка для электроконтактной наплавки.

Изобретение относится к области сварочного производства и может быть использовано для электроконтактной наплавки износостойкой проволоки при упрочнении наружных поверхностей цилиндрических изделий.

Известна установка для электроконтактной наплавки, содержащая планшайбу для крепления изделия и механизм продольного перемещения наплавляющего ролика, ось которого наклонена к оси планшайбы.

Однако такая установка не обеспечивает качественного формирования поверхности наплавляемой детали.

Целью изобретения является улучшение качества наплавки.

Это достигается тем, что в предлагаемой установке наплавляющий ролик выполнен в виде усечённого конуса, образующая которого в зоне наплавки параллельна оси планшайбы. Кроме того, образующая наплавляющего ролика наклонена к его оси под углом 10-30°.

Усилие пластического деформирования раскладывается на две составляющие: P_n , направленную параллельно поверхности в сторону ранее наплавленного металла.

Параллельность оси изделия в зоне наплавки образующей ролика обеспечивает формирование цилиндрической поверхности наплавленного изделия.

Установка для электроконтактной наплавки включает в себя наплавляющий ролик 1, расположенный на оси 2 в вилке 3, жёстко связанной с механизмом 4 сжатия, установленным на основании 5, планшайбу 6 для крепления изделия 7, механизмом 8 продольного перемещения ролика 1, сварочный трансформатор 9 с прерывателем 10 и бухту 11 с присадочной проволокой 12.

Наплавляющий ролик 1 выполнен в виде усечённого конуса, а ось его вращения наклонена к оси вращения изделия 7.

Экспериментально определено, что для отсутствия выплесков усилие P_n , направленное вдоль поверхности изделия, должно составлять $\frac{P_n}{P_t} = 2 - 5$,

при этом $\frac{P_n}{P_t} = \text{ctg } \varphi$, где φ - угол наклона оси ролика к оси вращения изделия.

Если $\operatorname{ctg} \varphi = 2 - 5$, то $\varphi = 11^{\circ}20'' - 26^{\circ}30''$, т.е. $\varphi \approx 10 - 30^{\circ}$.

Работает установка следующим образом.

Предварительно изделие 7 зажимают в планшайбе 6. под наплавляющий ролик 1 подают присадочную проволоку 12, и механизм 4 сжатия прижимает её к поверхности изделия 7. Затем с помощью планшайбы 6 и наплавляющего ролика 1 через изделие 7 и присадочную проволоку 12 пропускают импульсы сварочного тока, нагревают металл в месте контакта, деформируют его наплавляющим роликом 1 и сваривают перекрывающимися точками. При этом присадочная проволока 12, наматываясь по спирали на вращающееся изделие 7, попадает в зону максимальной пластической деформации и нагрева.

МПК В23 К 11/06

Установка для электроконтактной наплавки деталей машин

Техническое решение относится к области сварочного производства, в частности к оборудованию для электроконтактной наплавки износостойкой проволоки при упрочнении наружных поверхностей цилиндрических изделий.

Известно устройство (головка) для электроконтактной наплавки деталей машин, содержащая подвижное основание, на котором установлены узел подвески сварочного ролика и направляющее устройство для присадочной проволоки (А.С. СССР №448098, кл В23 К 11/06, опубликовано, 1974 г).

Известна установка для электроконтактной наплавки преимущественно проволоки на цилиндрическое изделие, содержащая механизм сжатия, планшайбу для крепления изделия и механизм продольного перемещения наплавляющего ролика, ось которого наклонена к оси планшайбы (А.С. СССР №493310, кл В23 К 11/06, опубликовано, 1975 г).

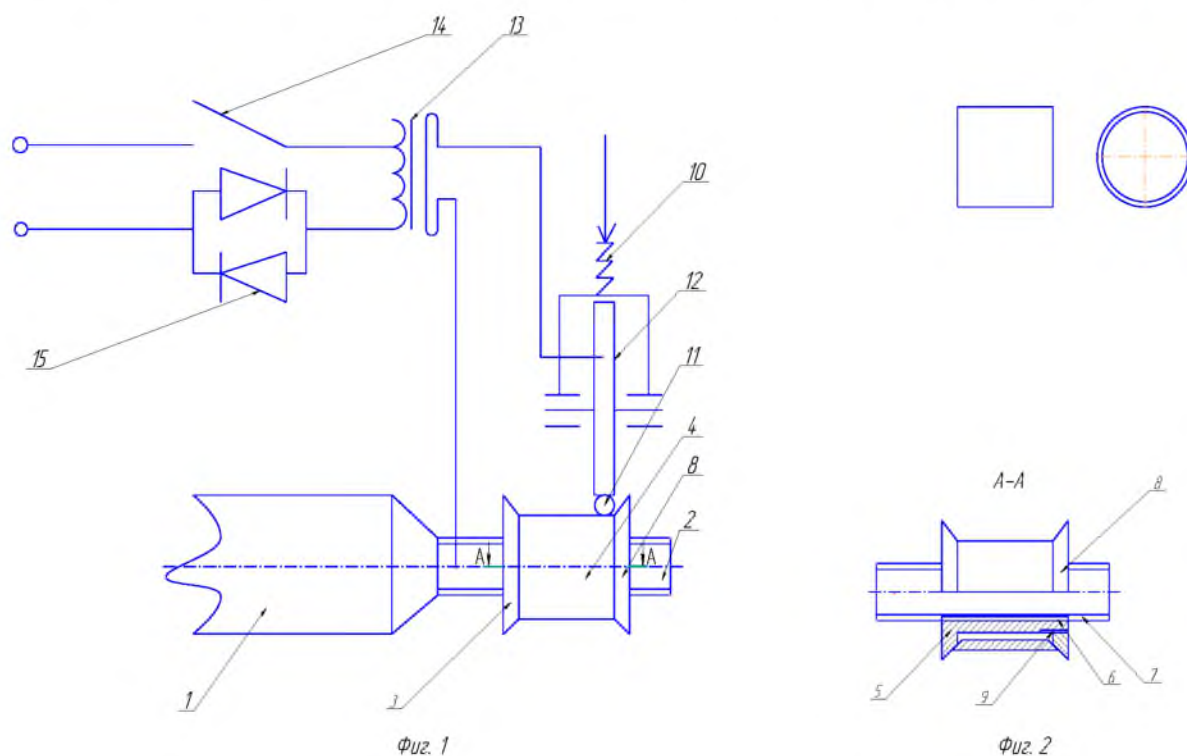
Недостатком данных устройств является сложность изготовления привода.

В основе изобретения положена задача более простого изготовления привода.

Для достижения поставленной задачи, установка для электроконтактной наплавки деталей машин, содержащая наплавляющий электрод, механизм сжатия присадочной проволоки к поверхности наплавляемой детали и механизм крепления наплавляемой детали, который установлен на хоботе основания, выполнен сборным и состоит из цилиндрического ролика с внутренней резьбой, взаимодействующей с резьбой, выполненной на хоботе основания и прижимной гайки, на внешней поверхности одного из концов цилиндрического ролика выполнена резьба для взаимодействия с прижимной гайкой.

На фиг.1 – изображена схема установки; на фиг.2 – разрез А-А на фиг.1.

Установка для электроконтактной наплавки содержит основание 1 с хоботом 2 на который устанавливается механизм крепления 3 наплавляемой детали 4. Механизм крепления 3 выполнен разборным и состоит из цилиндрического ролика 5 с внутренней резьбой 6, взаимодействующей с резьбой 7, выполненной на внешней поверхности хобота 2 и прижимной гайки 8 и выполняет роль привода. На наружной поверхности цилиндрического ролика 5, на одном из концов, выполнена наружная резьба 9 для взаимодействия с прижимной гайкой 8. Установка также содержит механизм 10 сжатия присадочной проволоки 11, наплавляющим электродом 12 к поверхности наплавляемой детали 4. Основание 1 и наплавляющий электрод 12, подключены к вторичной обмотке трансформатора 13, а прерыватель тока 14 и контактор 15 к первичной обмотке трансформатора 13.



Установка работает следующим образом.

Перед наплавкой на цилиндрический ролик 5, устанавливается наплавляемая деталь 4 и зажимается прижимной гайкой 8. Цилиндрический ролик 5, с установленной на нем наплавляемой деталью 4 и прижатой гайкой 8, отводится по резьбе 7 в крайнее левое положение. Под усилием механизма 10 сжатия, наплавляющий электрод 12 опускается на присадочную проволоку 11, включается ток и наплавляющий электрод 12 начинает вращаться вокруг своей оси, одновременно вращая цилиндрический ролик 5 с наплавляемой деталью 4. При этом на поверхность детали 4 наплавляется валик присадочной проволоки 11. Цилиндрический ролик 5 перемещается

вправо выполняя роль привода по резьбе 7 хобота 2 основания 1, обеспечивая тем самым перекрытие соседних валиков присадочной проволоки 11.

Предлагаемый привод в установке для электроконтактной наплавки прост в изготовлении.

Выводы

Был проведён обзор ряда патентов в которых предлагались различные устройства для шовной сварки цилиндрических изделий по замкнутому криволинейному контуру в которых применялись различные роликовые электроды, консоли, механизмы подачи проволоки и т.д. Линейное перемещение детали осуществлялось за счёт вращения роликов, а поворот вала – за счёт работы привода. Также предлагалось использовать перемещение основания головки. Все эти способы не достаточно просты в изготовлении и имеют большие габаритные размеры и значительную массу.

1.2 Особенности электроконтактной наплавки

1.2.1 Краткие сведения о процессе

Электроконтактную наплавку осуществляют на специальной установке (рисунок 1.1) совместным деформированием наплавляемого металла и поверхностного слоя металла основы, нагретых в очаге деформации до пластического состояния короткими (0,02 – 0,04 с) импульсами тока 10 – 20 кА. В результате каждого из последовательных электромеханических циклов процесса на поверхности металла основы образуется единичная площадка наплавленного металла, перекрывающая соседние. Деформация наплавленного металла за цикл составляет 40 – 60%.

Преимущества электроконтактной наплавки:

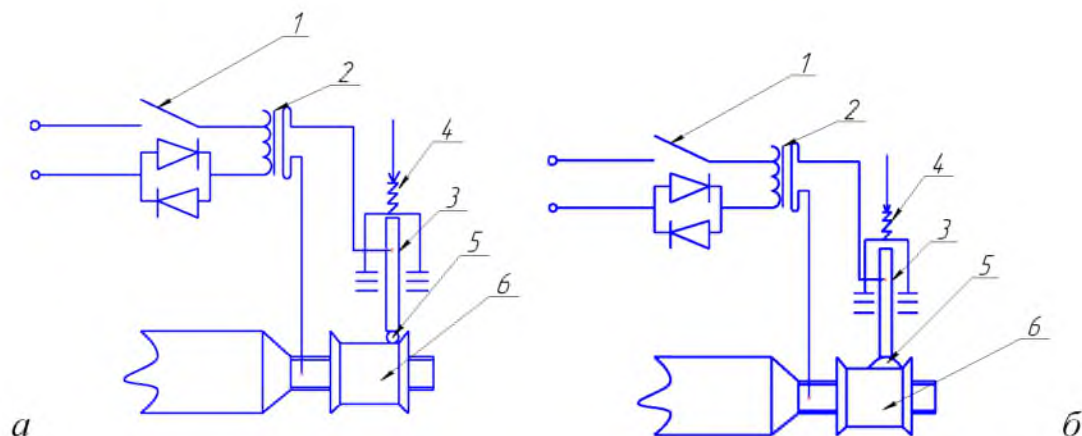
1. Высокая производительность и низкая энергоёмкость процесса наращивания слоя металла в твёрдой фазе.

2. Минимальная зона термического влияния тока на металл, вследствие чрезвычайно малой (до тысячных долей секунды) длительности импульсов, формируемых современными прерывателями тока.

3. Нет необходимости в защитной среде ввиду кратковременного термического воздействия на присадочный металл.

4. Отсутствие мощного светового излучения и газовыделения.

Электроконтактную наплавку применяют для ремонта металлических поверхностей и получения биметаллических изделий.



1 – прерыватель тока; 2 – трансформатор; 3 – наплавляющий ролик; 4 – амортизатор; 5 – присадочная проволока; 6 – образец.

Рисунок 1.1 - Схема установки электроконтактной наплавки: а- начальное состояние; б- конечное состояние.

1.2.2 Нагрев металла

Особенности нагрева металлов определяются формоизменением зоны наплавки, характером деформации металлов и условиями теплоотвода. Электрическая схема цепи наплавки состоит из последовательно соединённых сопротивлений четырёх участков: перехода «наплавляющий электрод – присадочная проволока», присадочной проволоки в зоне наплавки, перехода «присадочная проволока – металл основы», приконтактного металла основы. Распределение плотности тока в металле основы (рисунке 1.2) можно определить моделируя процесс в электролитической ванне. Количество выделившегося тепла в результате прохождения импульса тока рассчитывается по формуле

$$Q_k = (\Delta v \Delta I)(a_k b_k), \quad (1.1)$$

где a_k и b_k – соответственно расстояния между линиями тока и эквипотенциалами, образующими элементарную энергетическую ячейку.

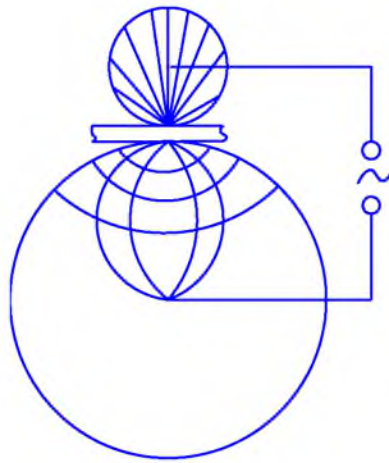


Рисунок 1.2 - Пантограмма распределения плотности тока в участках цепи наплавки.

Зона нагрева металла основы до температуры условных превращений при электроконтактной наплавке распространяется не глубже 0,3 мм, что в 6 – 10 раз меньше глубины распространения зоны термического влияния при электродуговой наплавке. Присадочная проволока и поверхность металла основы в зоне наплавки нагреваются до температуры 1400 – 1500 °С за 0,02 – 0,04 с.

Нагрев поверхности металла основы в зоне контакта единичной площадки зависит от характера распределения плотности тока и изменения площади теплообмена в процессе пластической деформации присадочной проволоки. Центральная область первоначального контакта с присадочной проволокой имеет максимальную температуру, т.к. нагревается в течении всей длительности импульса тока. Кроме того, в первоначальный момент протекания импульса тока плотность тока в этой зоне максимальна, а следовательно, максимально тепловыделение. По мере деформации присадочной проволоки растёт площадь контакта её с поверхностью детали, плотность тока и тепловыделения при этом снижаются обратно пропорционально площади.

С учётом перераспределения плотности тока на поверхности детали в пределах единичной контактной площадки можно считать, что:

$$T_{\Pi} = T_{\max} \exp(-r/l), \quad (1.2)$$

где T_{Π} – температура произвольной точки поверхности детали в пределах единичной контактной площадки;

T_{\max} – температура в центре единичной контактной площадки, равная 1400-1500 °С;

r – расстояние от центра единичной контактной площадки до произвольной точки.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Общие положения

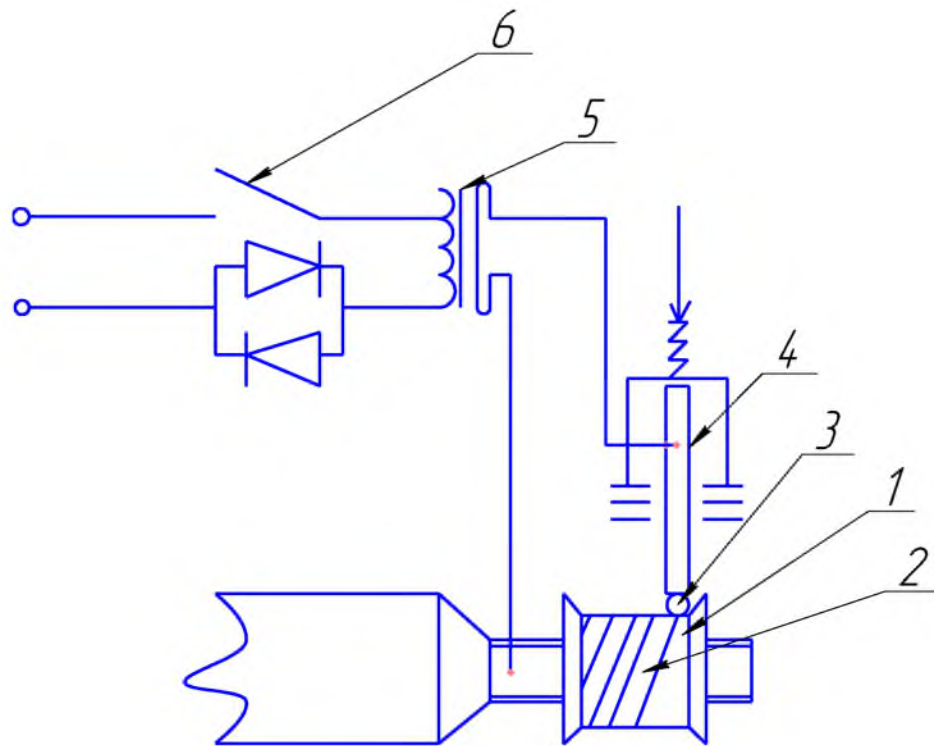
Под технологией любого производственного процесса понимают совокупность рекомендаций о способах и средствах его проведения. Поскольку машиностроительная и ремонтная практика применения различных способов наплавки представляется большим рядом различных конкретных задач, для каждой из них существует своя оптимальная схема и последовательность различных технологических операций процесса наплавки, т.е. свой технологический вариант.

Каждый из этих вариантов с учётом специфических особенностей наплавляемого изделия (особенностей конструкции, свойств металла, размеров требуемого слоя наплавленного металла, допустимого нагрева и т.д.) отличается схемой наложения валиков присадочного металла. Схемой включения наплавляемого изделия в электрическую цепь тока наплавки, количеством одновременно действующих наплавляющих электродов и траекторией их перемещения, характером предварительной подготовки поверхности изделия под наплавку. Наконец, с учётом специфических особенностей наплавляемых изделий применяется стандартная или проектируется нестандартная технологическая оснастка. Разрабатываются рекомендации по режиму охлаждения. Определяются расчётом и проверяются опытом значения основных параметров процесса.

Основные технологические параметры электроконтактной наплавки: P_p – давление наплавляющего электрода (ролика); $v_{окр}$ – окружная скорость наплавляемой поверхности; $v_{пр}$ – шаг наплавки; I и I_a – действующее и амплитудное значения тока наплавки, а также параметры, приведённые в таблице 2.1.

2.2 Технологические варианты наплавки

Основная технологическая схема. Сплошной слой металла образуется по этой схеме путём наплавки спиралевидных перекрывающихся по ширине валиков металла (рисунок 2.1).

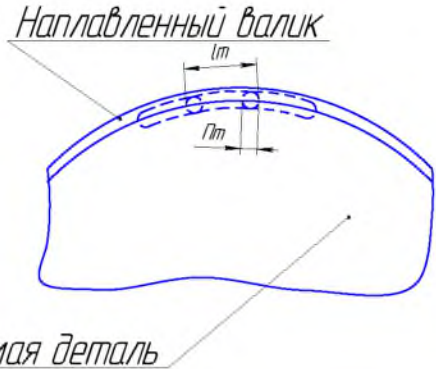
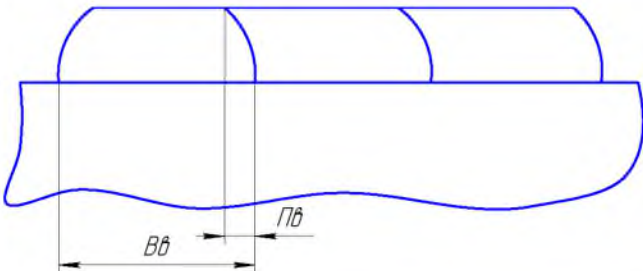
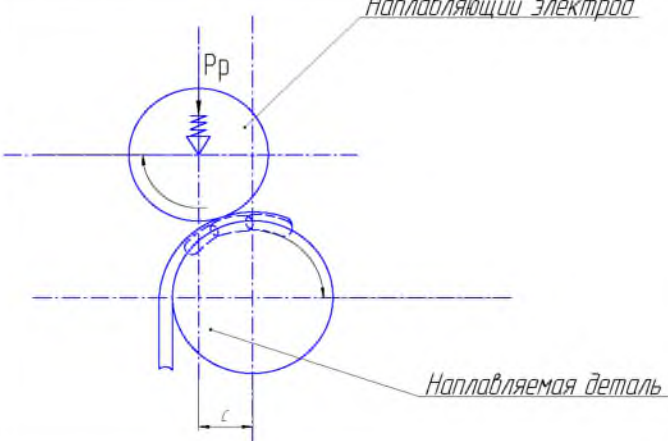


1 – наплавляемая деталь; 2 – наплавленный металл; 3 – присадочная проволока; 4 – наплавляющий ролик; 5 – трансформатор; 6 – прерыватель тока.

Рисунок 2.1 Основная технологическая схема электроконтактной наплавки:

Таблица 2.1 - Основные технологические параметры электроконтактной наплавки.

Параметр	Графическое изображение
$t_{и}$ – длительность импульса тока I , с $t_{п}$ – пауза между импульсами, с $t_{ц}$ – длительность цикла наплавки, с	<p>The diagram shows a series of rectangular pulses representing current pulses. The width of each pulse is labeled $t_{и}$. The time between the start of one pulse and the start of the next is labeled $t_{п}$. The total time from the start of one pulse to the start of the next is labeled $t_{ц}$. A vertical arrow on the right indicates the current level I.</p>

<p>P_T – перекрытие точек наплавки (измеряется в процентном отношении к l_T – наибольшей длине наплавленной площадки)</p>	
<p>P_B – перекрытие наплавленных валиков (измеряется в процентном отношении к B_B – ширине наплавленного валика)</p>	
<p>C – смещение наплавляющего электрода, мм</p>	

Наплавка производится одним наплавляющим роликом. Присадочная проволока подаётся в зону наплавки и фиксируется с помощью направляющей втулки, жёстко закреплённой относительно ролика. Положение каждого витка спиралевидного валика, обеспечивающее перекрытие его с соседним, определяется только скоростью перемещения ролика относительно образующей вращающейся детали. При наплавке очередного витка присадочная проволока вследствие деформации контактирует с ранее наплавленным валиком. Присадочная проволока и участок металла предыдущего витка нагреваются током наплавки и совместно деформируются, в результате чего происходит их соединение. Даже при дополнительной цепи тока наплавки. Средняя плотность тока на единицу площадки контакта присадочная проволока – деталь не снижается, а прочность соединения с металлом второго (и любого последующего) витка не меньше прочности соединения первого витка. Это объясняется тем, что

суммарная длина контакта любого поперечного сечения единичной площадки второго витка с учётом контакта с предыдущим валиком не превосходит длины контакта того же сечения первого валика с поверхностью детали.

Основная технологическая схема наплавки проста, надёжна и может считаться оптимальной для большой группы изделий.

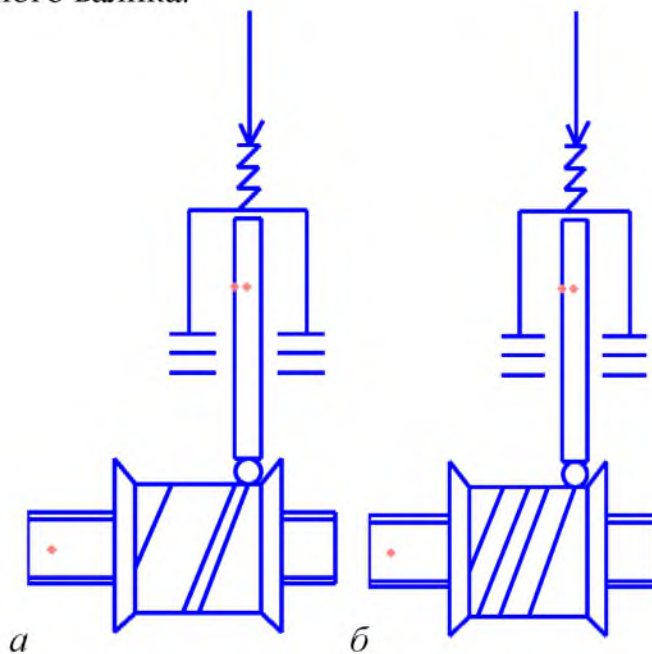
При наплавке по рассматриваемой технологической схеме размеры внешнего контура изменяются соответственно перемещению наплавляющего ролика, поэтому значения тока в начале и в конце наплавляемого участка различны.

В связи с этим изменяются в некоторых пределах прочность на отрыв, усталостная прочность, твёрдость наплавленного металла.

Недостатком схемы является повышенный местный износ ролика, при его зачистке после наплавки очередного участка удаляется часть поверхности ролика, не участвовавшая в работе, поэтому предпочтительнее последовательное использование всей контактной поверхности ролика.

Основная технологическая схема электроконтактной наплавки проста и надёжна, недостатки её не являются определяющими.

Двухзаходная технологическая схема. Сплошной слой металла образуется по этой схеме последовательной наплавкой двух спиралевидных валиков с увеличенным шагом (рисунке 2.2); на поверхности основного металла наплавляют спиралевидный валик с зазором между соседними витками. Второй спиралевидный валик наплавляют в зазор между витками первого спиралевидного валика.



а – наплавка валика первого захода; б – наплавка валика второго захода.

Рисунок 2.2 - Двухзаходная схема наплавки

Валик в зазоре между наплавленными витками наплавляют при силе тока несколько большей, чем сила тока наплавки первого валика, вследствие необходимости нагрева поверхностного слоя металла уже наплавленных соседних витков для соединения их с наплавленным валиком.

Двухзаходная схема наплавки не требует изменений установки, так же проста и надёжна, как и основная технологическая схема.

Основное её достоинство – возможность уменьшить тепловыделение наплавкой спиралевидного валика с увеличенным шагом. Кроме того, перед наплавкой второго валика деталь может быть охлаждена в требуемом режиме.

Меньшее термическое влияние на основной металл при наплавке по двухзаходной технологической схеме сопровождается уменьшением производительности.

Схема электроконтактной наплавки в высаженную канавку.

Одним из существенных недостатков всех способов наплавки является снижение усталостной прочности наплавленных деталей вследствие разупрочнения наплавленного металла в месте нахлёста спиралевидных валиков. В этой зоне происходит повторный отжиг при наложении очередного валика металла и снижение твёрдости металла. Здесь наблюдается наибольшее количество дефектов металлургического происхождения.

Таким образом, при наплавке металла спиралевидными перекрывающимися валиками снижение усталостной прочности неизбежно.

Восстановление размеров изношенной детали (например, увеличение диаметра шейки вала) наплавкой без перекрытия валиков оказалось возможным в сочетании с другим способом восстановления – электромеханической высадкой (метод Б. М. Аскинази).

Технология восстановления предусматривает предварительную электромеханическую высадку спиральной канавки на поверхности изношенной шейки вала (рисунок 2.3,*а*) и последующую наплавку дополнительного металла в образовавшуюся канавку (рисунок 2.3,*б*) электроконтактным способом. При этом валики присадочного металла разделяются высаженным металлом детали.

Направлять металл в высаженную канавку целесообразно импульсами тока с модулированным фронтом, так как при наплавке прямоугольными импульсами тока (рисунок 2.4,*а*) его значение в момент включения равно номинальному, а площадь контакта круглой присадочной проволоки со стенками канавки минимальна.

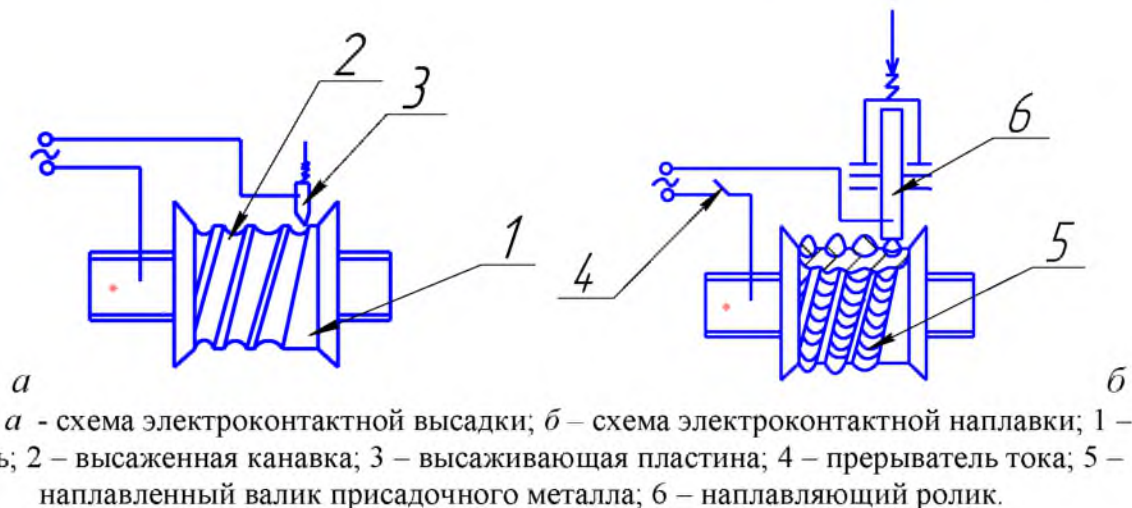


Рисунок 2.3 - Схема наплавки в высаженную канавку:

Затем участок присадочной проволоки, находящейся под наплавляющим роликом, деформируется, заполняя канавку. Соответственно деформации растёт площадь контакта присадка – металл основы. Однако при этом значение тока остаётся постоянным, а следовательно, плотность тока уменьшается пропорционально площади контакта. По такому же закону распределяется и температура по площади контакта, что не обеспечивает одинаковых условий соединения металлов.

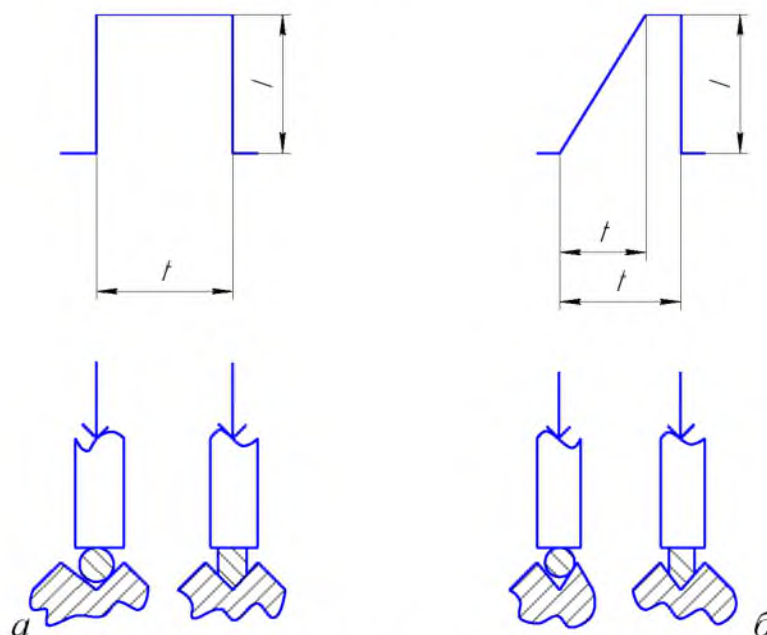


Рисунок 2.4 - Схема нагрева и деформации присадочной проволоки прямоугольным импульсом тока (*a*) и импульсом тока с модулированным фронтом (*б*).

Цель модуляции фронта импульса – обеспечить постоянную плотность тока в контакте деформирующейся присадочной проволоки со стенками высаженной канавки.

Время нарастания тока до номинального значения t_m (рисунок 2.4, б) примерно равно времени деформации присадочной проволоки до заполнения всего сечения канавки.

При наплавке высаженной канавки на образце из стали 45 диаметром 50 мм проволока из стали 45 диаметром 1,8 мм оптимальным является следующий режим: сила тока наплавки 11 кА; давление на наплавляющий электрод 80 кгс; длительность импульса 0,006 с; длительность модуляции 0,04 с; длительность пауз между импульсами 0,24 с; число оборотов детали 9 об/мин.

Прочность соединения наплавленного валика с основой в этом случае составляет 55 – 60 кгс/мм².

Технологическая схема электроконтактной наплавки в высаженную канавку обеспечивает технико-экономический эффект, выражающийся в увеличении срока службы восстановленных деталей, работающих в циклическом или знакопеременном режиме нагружения, ввиду незначительного снижения их усталостной прочности.

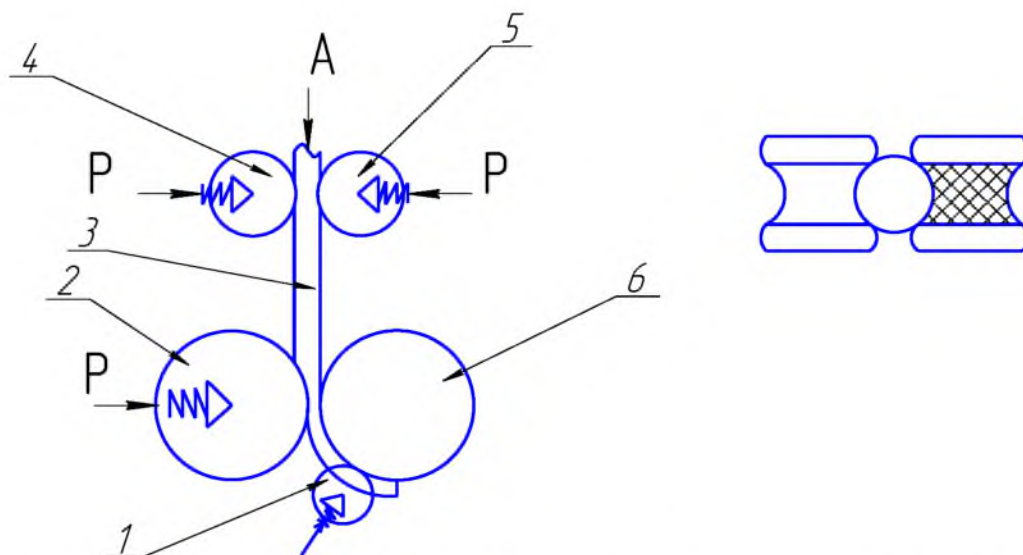
Схема рельефной наплавки. Нагрев и деформация происходят в приконтактных объёмах проволоки и основной детали, прилегающих к зоне соединения.

Однако при нагреве зоны часть тепла расходуется на нагрев всего объёма проволоки и основной детали вследствие их высокой теплопроводности.

Для снижения энергоёмкости наплавки необходимо уменьшить нагреваемые объёмы металла.

Один из способов локализации тепловыделения – сокращение длительности импульса тока при одновременном увеличении генерируемого им количества тепла в контакте присадочная проволока – металл основы. Эффект локализации тепловыделения достигается сокращением времени теплообмена. Для увеличения количества генерируемого в контакте тепла при электроконтактной наплавке можно искусственно увеличить переходное сопротивление присадочная проволока – металл основы образованием на поверхности контакта металла основы и проволоки рельефов глубиной 0,05-0,1 диаметра присадочной проволоки.

Рельефы наносятся роликами с насечкой непосредственно перед соединением присадочной проволоки и металла основы (рисунок 2.5).



1 – ролик для нанесения рельефа на поверхность детали; 2 – наплавляющий ролик; 3 – присадочная проволока; 4 – опорный ролик; 5 – ролик, для нанесения рельефов на поверхность присадочной проволоки; 6 – наплавляемая деталь.

Рисунок 2.5 - Схема рельефной наплавки

Площадь контакта присадочной проволоки с поверхностью металла основы при рельефной наплавке значительно меньше, чем при наплавке по обычной схеме.

В результате создаётся значительная плотность тока, обеспечивающая интенсивный нагрев зоны соединения, энергоёмкость наплавки при равной прочности соединения присадки с основой снижается на 20-25%, а производительность процесса увеличивается.

2.3 Определение основных параметров режима электроконтактной наплавки

2.3.1 Общие положения

Основные параметры электроконтактной наплавки и контактной сварки – величина тока, длительность его протекания (длительность импульса) и давление электрода (наплавляющего ролика). Поэтому при разработке методики определения параметров режима электроконтактной наплавки целесообразно использовать опыт, накопленный при разработке технологии контактной сварки.

Анализ этого опыта показывает, что до настоящего времени наиболее достоверным источником рекомендаций по режимам контактной электросварки остаются экспериментальные данные, накопленные в процессе сварочного производства. Это объясняется многообразием трудноучитываемых или неконтролируемых возмущений, сопутствующих

процессу формирования сварного соединения, существенно изменяющих условия нагрева и деформации свариваемых металлов. К ним относятся различное и непостоянное состояние поверхностей свариваемых заготовок, существенно влияющее на параметры электрического контакта между ними, а следовательно, на условия их нагрева, отклонения химического состава металлов и пр. Наконец, многообразие технологических задач по сварке различных сочетаний металлов и различных соотношений размеров заготовок, что также связано с особенностями нагрева зоны сварки и теплообмена со средой, усложняет разработку общей методики расчёта режимов сварки, которая бы распространялась на более или менее широкую область сварных соединений.

Известные методики расчётного определения параметров режима контактной сварки являются приближёнными, а значения параметров, определённые с их помощью, нуждаются в экспериментальной проверке.

На основании экспериментальных исследований была разработана последовательность расчёта основных параметров режима электроконтактной наплавки.

1. Определение геометрических размеров единичной площадки наплавленного металла в зависимости от диаметра детали и присадочной проволоки, а также величины её осадки.

2. Разработка упрощённой модели нагрева единичной площадки металла.

3. Определение объёма присадочного и основного металлов, нагреваемых до температуры плавления $T_{п}$ единичным импульсом тока наплавки с учётом теплопроводности основного металла.

4. Определение количества тепла Q , необходимого для нагрева объёма металла $V_{н}$ до температуры $T_{п}$ с учётом его теплоёмкости, теплопроводности и теплообмена со средой за время нагрева.

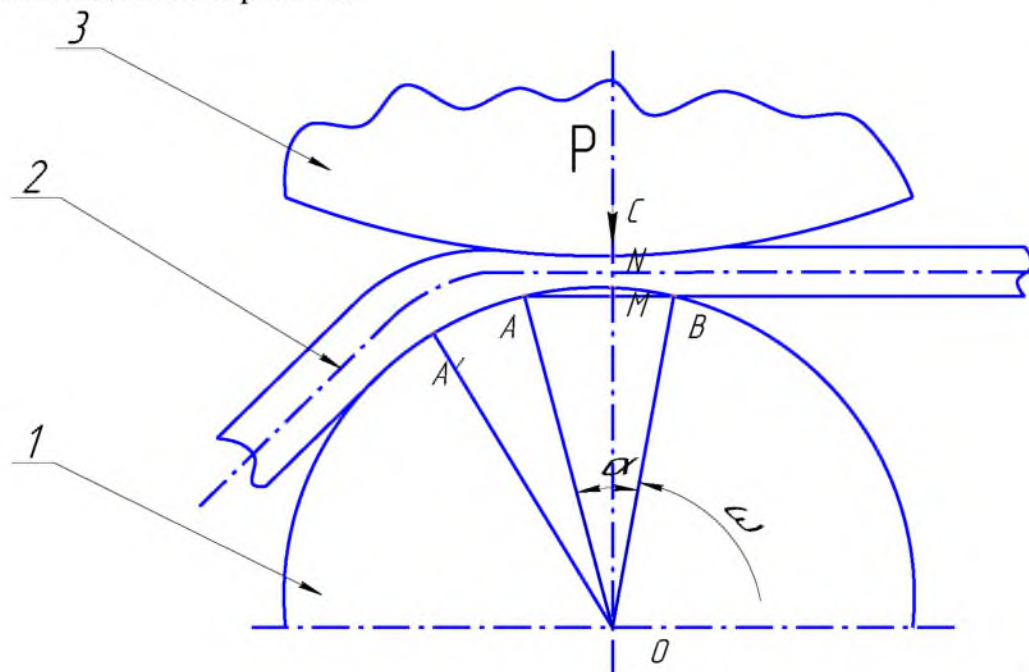
5. Экспериментальное определение значения тока I для частного случая электроконтактной наплавки, характеризующегося конкретными значениями диаметров – $D_{д}$ и $d_{п}$, теплоёмкостей – $C_{д}$ и $C_{п}$, удельных весов – $\gamma_{д}$ и $\gamma_{п}$, коэффициентов температуропроводности ($a_{д}$ и $a_{п}$) металлов детали и проволоки при постоянных $P_{р}$ и $t_{н}$, обеспечивающих заданную прочность соединения основного и присадочного металла.

6. Расчёт тока $I_{пр}$, необходимо для любого произвольного случая электроконтактной наплавки, характеризующегося новыми значениями указанных параметров.

2.3.2 Расчёт геометрических размеров единичной площадки металлопокрытия

За время нагрева единичной площадки импульсом тока вследствие непрерывного вращения наплавляемой детали 1 (рисунок 2.6) часть деформированной проволоки 2 на дуге А'А выходит из контакта с

наплавляющим роликом 3 и одновременно в зону контакта поступает, нагревается и деформируется новый участок присадочной проволоки той же длины. Таким образом, периферийные области каждой единичной площадки находятся под воздействием давления и температуры меньшее время, чем средняя часть. Поэтому их осадка значительно меньше, чем в центре. Причиной этого является также кривизна обращённых друг к другу поверхностей детали и ролика.



1 – наплавляемая деталь; 2 – присадочная проволока; 3 – наплавляющий ролик.

Рисунок 2.6 - Схема для определения геометрических размеров единичной площадки наплавленного металла

Поэтому периферийные участки единичных площадок металла должны перекрываться предыдущими и последующими площадками примерно на четверть длины.

Исходя из условий получения валика металла постоянной ширины, что необходимо для получения сплошного слоя металла, при расчёте скорости перемещения наплавляемой поверхности принимаем, что длина единичной контактной площадки равна $NB=l'$, причём:

$$NB=0,5R'\alpha, \quad (2.1)$$

где R' - радиус детали, мм;

$0,5\alpha$ - центральный угол дуги NB , рад, а $\cos 0,5\alpha=(R'-MN)/R'$.

Допуская, что величина осадки присадочной проволоки одинакова как со стороны электрода, так и со стороны детали, принимаем:

$$MN=0,5 (d_{\text{п}} - NC)=0,5 (d_{\text{п}} - \delta), \quad (2.2)$$

где δ - толщина наплавленного валика, мм.

Тогда

$$\cos 0,5 \alpha = [R' - (d_{\text{п}} - \delta) / 2] / R' = 1 - \frac{d_{\text{п}} - \delta}{D'} \quad (2.3)$$

где D' диаметр детали, мм.

После подстановки значения угла α в выражение (2.1) получаем:

$$l' = R' \arccos [1 - (d_{\text{п}} - \delta) / D']. \quad (2.4)$$

Величина единичной контактной площадки определяется по расчётной длине l' и ширине валика наплаваемого металла, являющейся функцией величины осадки присадочной проволоки:

$$F_{\text{к}} = b \cdot 2 l'. \quad (2.5)$$

Ширина валика b может быть выражена через площадь его поперечного сечения $s_{\text{в}}$:

$$b = s_{\text{в}} / \delta, \quad (2.6)$$

$$s_{\text{в}} = K_{\text{д}} \pi d_{\text{п}}^2 / 4, \quad (2.7)$$

где $K_{\text{д}}$ - коэффициент осевой деформации присадочной проволоки.

Следовательно:

$$b = K_{\text{д}} \pi d_{\text{п}}^2 / (4 \delta) \quad (2.8)$$

$$K_{\text{д}} = 4b \delta / (\pi d_{\text{п}}^2). \quad (2.9)$$

Анализ деформации присадочной проволоки при различных режимах наплавки показывает, что коэффициент осевой деформации $K_{\text{д}}$ незначительно зависит от режима наплавки и равен примерно 0,7.

Подставив выражения l' и b , получаем уравнение для определения величины единичной площадки:

$$F_{\text{к}} = 0,55 (d_{\text{п}}^2 / \delta) \{D' \arccos [1 - (d_{\text{п}} - \delta) / D']\}. \quad (2.10)$$

2.3.3 Расчёт тока наплавки

Методика расчёта требуемой величины тока наплавки основывается на определении количества тепла для нагрева объёма единичной площадки металла (присадочного металла) до температуры плавления с учётом теплоотдачи в металл наплавляемого изделия и наплавляющего ролика.

Введём упрощающие допущения и будем считать, что:

1. Проволока нагревается в течении всего времени импульса тока равномерно до температуры плавления $T_{п}$.

2. Средняя температура условно выделенного объёма металла (присадочной проволоки, ранее наплавленного валика и детали), окружающего единичную площадку наплавленного металла, равна $0,25 T_{п}$.

3. Температура на поверхности наплавляющего ролика $T_{р}$ равна $0,5 T_{п}$.

4. Средняя температура интенсивно нагреваемого участка ролика равна $0,25 T_{п}$.

5. Расстояние от любой поверхности наплавленной единичной площадки металла до точки в окружающем металле с температурой окружающей среды T_0 приближенно равно:

$$X_0 = 4\sqrt{at_u} = 4\sqrt{0,1 * 0,04} = 0,25 \quad (2.11)$$

$$a = \lambda / (\lambda C), = 0,094 / (7,8 * 0,115) = 0,1 \quad (2.12)$$

где λ - коэффициент теплопроводности, кал/см·с·°С.

6. Температура в металле, окружающем наплавленную площадку металла, снижается от $T_{п}$ до комнатной T_0 , которая в расчётах условно принимается равной нулю.

7. Длительности импульсов тока наплавки в исследованном и расчётном случаях равны.

Методика расчёта предполагает выполнение следующих операций.

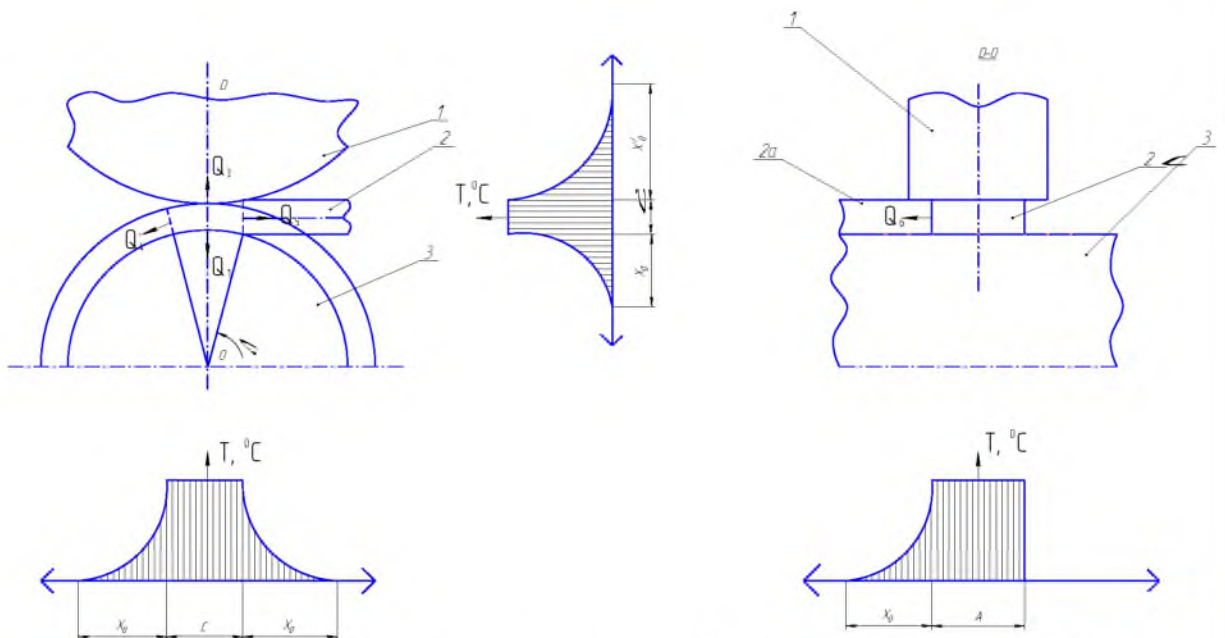
1. Определение объёмов металла (присадочной проволоки, детали и наплавляющего электрода), нагреваемых импульсом тока за время наплавки единичной площадки.

2. Приближённое определение средних температур найденных объёмов металла.

3. Определение общего количества тепла, необходимого для нагрева всех объёмов до принятых температур.

4. Определение тока наплавки необходимого для получения общего количества тепла при наплавке единичной площадки.

На рисунке 2.7 приведена схема теплообмена единичной площадки наплавленного металла с окружающим его металлом и эпюры распределения температуры в металлах за время единичного импульса тока.



1 – электрод; 2 – проволока; 2а – предыдущий валик, 2б – наплавляемый металл; 3 – деталь.

Рисунок 2.7 - Схема для определения количества тепла при наплавке единичной площадки

Объём единичной площадки наплавленного металла – параллелепипед со сторонами:

$$\begin{aligned} A &= b; \\ B &= \delta; \\ C &= F_{\text{к}}/b \end{aligned} \quad (2.13)$$

Общее количество тепла для наплавки единичной площадки присадочного металла равно:

$$Q_{\text{об}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (2.14)$$

где Q_1 – тепло для нагрева объёма единичной площадки наплавляемого металла до температуры плавления;

$Q_2 - Q_6$ – тепло, отводимое за время импульса тока от наплавляемой единичной площадки металла в массу детали, электрода, предыдущей площадки наплавленного металла, присадочной проволоки и ранее наплавленного валика.

Количество тепла Q_1 не зависит от времени импульса тока наплавки и равно

$$Q_1 = V_1 C_1 \gamma_1 T_{\text{п}}, \quad (2.15)$$

где V_1 – объём единичной площадки наплавляемого металла, см³;

C_1 – средняя удельная теплоёмкость наплавляемого металла в температурном интервале от 0° С до $T_{\text{пл}}$, кал/г·град;

γ_1 – удельный вес металла присадочной проволоки, г/см².

Объём единичной площадки наплавленного металла:

$$V_1 = \delta F_{\text{к.}} = 2 * 0,125 = 0,25 \quad (2.16)$$

Тогда

$$Q_1 = \delta F_{\text{к.}} C_1 \gamma_1 T_{\text{пл.}} = 2 * 0,125 * 0,115 * 7,8 * 1500 = 336 \quad (2.17)$$

Количество тепла, отводимое в массу детали:

$$Q_2 = V_2 C_2 \gamma_2 T_{\text{пл}} / 4, \quad (2.18)$$

где V_2 – объём нагреваемого металла детали, см³;

C_2 – средняя удельная теплоёмкость металла детали, кал/ г·град;

γ_2 – удельный вес металла детали, г/см³.

Объём нагреваемого металла детали

$$V_2 = 4 F_{\text{к.}} \sqrt{a_2 t_{\text{н}}} = 4 * 0,125 \sqrt{0,1 * 0,04} = 0,031 \quad (2.19)$$

где a_2 – коэффициент температуропроводности металла детали, см/с.

Тогда

$$Q_2 = F_{\text{к.}} \sqrt{a_2 t_{\text{н}}} C_2 \gamma_2 T_{\text{пл.}} = 0,031 * 0,11 * 7,8 * 1500 = 39 \quad (2.20)$$

Количество тепла, отводимое в электрод:

$$Q_3 = K_3 V_3 C_3 \gamma_3 T_{\text{пл}} / 8, \quad (2.21)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий изменение площадки контакта присадочной проволоки с электродом в зависимости от режима наплавки (изменяется от 0,5 до 1,0);

V_3 – объём нагреваемого металла электрода, см³;

C_3 – удельная теплоёмкость металла электрода, кал/ г·град;

γ_3 – удельный вес металла электрода, г/см³.

Объём нагреваемого металла электрода

$$V_3 = 4 F_K \sqrt{a_3 t_u} = 4 * 0,125 \sqrt{0,1 * 0,04} = 0,031 \quad (2.22)$$

где a_3 – коэффициент температуропроводности металла электрода, см/с.

Тогда

$$Q_3 = 0,5 K_3 F_K C_3 \gamma_3 T_{\Pi} \sqrt{a_3 t_u} = 0,5 * 0,8 * 0,125 * 0,115 * 7,8 * 1500 * 0,063 = 4,2 \quad (2.23)$$

Количество тепла, отводимое в массу предыдущей площадки наплавленного металла и в присадочную проволоку, примерно равно:

$$Q_4 = Q_5 = 0,25 V_{4,5} C_1 \gamma_1 T_{\Pi}, \quad (2.24)$$

где $V_{4,5}$ – нагреваемые объёмы присадочной проволоки и металла, наплавленного предыдущими импульсами тока.

$$V_{4,5} = 4b \delta \sqrt{a_1 t_u} = 4 * 2 * 2 * 0,063 = 1 \quad (2.25)$$

где a_1 – коэффициент температуропроводности металла присадочной проволоки.

Тогда

$$Q_4 = Q_5 = b \delta C_1 \gamma_1 T_4 \sqrt{a_1 t_u} = 2 * 2 * 0,115 * 7,8 * 0,063 * 1500 = 330 \quad (2.26)$$

Количество тепла, отводимое в металл ранее наплавленного валика:

$$Q_6 = 0,25 V_B C_1 \gamma_1 T_4, \quad (2.27)$$

где V_B – объём нагреваемого металла ранее наплавленного валика.

$$V_B = (4 F_K / b) \sqrt{a_1 t_u} = (4 * 0,125 / 2) * 0,063 = 0,015 \quad (2.28)$$

Тогда

$$Q_6 = (F_K / b) C_1 \gamma_1 T_{\Pi} \sqrt{a_1 t_u} = 0,0625 * 0,115 * 7,8 * 0,063 * 1500 = 5,25 \quad (2.29)$$

$$Q_{06} = \delta F_K C_1 \gamma_1 T_{\Pi} + F_K C_2 \gamma_2 T_{\Pi} \sqrt{a_2 t_u} + 0,5 F_K K_3 l_3 T_{\Pi} \sqrt{a_3 t_u} + 2 b \delta l_1 \gamma_1 T_{\Pi} \sqrt{a_1 t_u} + (F_K / b) C_1 \gamma_1 T_{\Pi} \sqrt{a_1 t_u}. \quad (2.29)$$

После преобразований получаем уравнение для определения общего количества тепла, необходимого для наплавки единичной площадки металла заданной толщины, учитывающее диаметр присадочной проволоки и наплавляемой детали и их теплофизические свойства:

$$Q_{об} = T_{п} \{ C_1 \gamma_1 [\delta F_k + \sqrt{a_1 t_u} (2 b \delta + F_k / b)] + F_k (C_2 \gamma_2 \sqrt{a_2 t_u} + 0,5 K_3 C_3 \gamma_3 \sqrt{a_3 t_u}) \}. \quad (2.30)$$

Ширину наплавленного валика b в уравнении целесообразно выразить через диаметр присадочной проволоки $d_{п}$ и толщину наплавленного слоя δ :

$$Q_{об} = T_{п} \{ C_1 \gamma_1 [\delta F_k + \sqrt{a_1 t_u} (1,1 d_n^2 + 1,8 \delta F_k / d_n^2)] + F_k (C_2 \gamma_2 \sqrt{a_2 t_u} + 0,5 K_3 C_3 \gamma_3 \sqrt{a_3 t_u}) \}. =$$

$$1500 \{ 0,115 * 7,8 [2 * 0,125 + 0,063 (1,1 * 4 + 1,8 * 2 * 0,125 / 4)] + 0,125 (0,11 * 7,8 * 0,063 + 0,5 * 0,8 * 0,115 * 7,8 * 0,063) \} = 720 \quad (2.31)$$

При расчётах по уравнению (2.31) размерность δ и $d_{п}$ – см, а F_k – см².

Для определения величины сварочного тока по найденному общему количеству тепла выведена эмпирическая формула.

Для этого экспериментально определяли значение тока наплавки I_3 для частного случая электроконтактной наплавки присадочной проволоки диаметром $d_{пз}$, металл которой имеет теплоёмкость C_3 , далее определяли общее количество тепла, необходимое для наплавки.

В соответствии с законом Джоуля-Ленца найденные величины связываются уравнением:

$$I_3 = \sqrt{Q_{об.з} / (0,24 R_3 t_3)} = \sqrt{720 / (0,24 * 0,00020625 * 0,04)} = 6030 \text{ А} \quad (2.32)$$

где R_3 – омическое сопротивление участка цепи наплавки наплавляющий ролик – деталь;

t_3 – длительность импульса тока.

В произвольном случае электроконтактной наплавки величину тока наплавки $I_{пз}$, обеспечивающую ту же прочность соединения при той же длительности импульса тока, что и в экспериментально исследованном случае, необходимо определить расчётным путём:

$$I_{пз} = \sqrt{Q_{об.пз} / (0,24 R_{пз} t_{пз})}. \quad (2.33)$$

По условию если $t_3 = t_{пз}$. Если допустить, что и $R_3 = R_{пз}$, получим:

$$I_{\text{пр}} = I_3 \sqrt{Q_{\text{пр}} / Q_3}, \quad (2.34)$$

Так как $Q_{\text{пр}}$ и Q_3 найдены по одной методике и, следовательно, с одинаковой степенью точности, можно считать, что основная погрешность расчёта связана с разницей общих электрических сопротивлений цепей наплавки при использовании присадочной проволоки различного диаметра.

Применяемая для электроконтактной наплавки присадочная проволока, как правило, незначительно отличается по диаметру. Для экспериментально исследованных случаев при использовании присадочной проволоки из одного и того же металла диаметром от 1,2 до 2,5 мм отклонения расчётных значений тока от экспериментальных не превышает 20%.

Приведённая методика расчётного определения тока наплавки является приближённой по следующим причинам.

1. Она формально описывает процесс, не учитывает явлений, ответственных за формирования слоя наплавляемого металла и протекающих в присадочном металле в контакте его с основой и в приконтактных объёмах металла.

2. Выражение для определения тока наплавки выведено при допущении равенства электрических сопротивлений участка наплавляющий электрод – деталь в экспериментально исследованном и произвольном случае наплавки.

В действительности, для различных значений параметров системы ($D_{\text{д}}, C_{\text{д}}, \gamma_{\text{д}}, a_{\text{д}}, d_{\text{п}}, C_{\text{п}}, \gamma_{\text{п}}, a_{\text{п}}$) эти сопротивления различаются. Пропорционально разности значений сопротивлений наплавляющий ролик – деталь растёт ошибка при расчётах.

3. Область применения этой методики ограничена тем, что для определения тока наплавки в произвольном случае необходима идентичность контактного давления и длительности импульсов тока с этими параметрами в исследованном случае.

Методика, основанная на существующих представлениях о соединении металлов в твёрдом состоянии, также предполагает использование некоторых экспериментальных данных.

Анализ данных позволил установить, что при $I=5-7\text{кА}$, $t=0,01-0,04\text{ с}$ и $P_{\text{р}}=75-150\text{ кгс}$ имеет место следующая зависимость деформации присадочного материала от указанных параметров режима: $\varepsilon \approx I^n$ при всех $P_{\text{р}}$ и t , $\varepsilon \approx t^k$ при всех $P_{\text{р}}$ и I , $\varepsilon \approx P_{\text{р}}^0$ при всех I и t .

Таким образом, для рассматриваемой области режимов справедлива зависимость:

$$\varepsilon = AI^n t^k, \quad (2.35)$$

где A – коэффициент пропорциональности.

В указанных интервалах изменения I , P_p и t параметры A , n и K принимают значения $A=1,66$; $n=0,15$; $K=0,3$.

В условиях электроконтактной наплавки имеет место плоская деформация присадочной проволоки в плоскости контакта, причём деформация в радиальном направлении является преобладающей и может быть охарактеризована величиной осадки ε . Принимая в дальнейшем под ε одномерную деформацию присадочной проволоки в радиальном направлении, запишем уравнение для прочности в относительных единицах $\bar{\sigma}$:

$$\bar{\sigma} = (\varepsilon / bL)S, \quad (2.36)$$

где S – площадь активного центра;

b – модуль вектора Бюргера;

L – путь движений дислокаций до барьера;

ε – скорость деформации.

Дифференцируя по t , найдём

$$\varepsilon = AKI^n t^{K-1}. \quad (2.37)$$

Подставив, получим для $\bar{\sigma}$ уравнение:

$$\bar{\sigma} = (S/bL)AKI^n t^K = 0,5(S/bL)I^{0,15}t^{0,3}. \quad (2.38)$$

Для проверки уравнения воспользуемся экспериментальными зависимостями $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(IP_p t)$. Одновременно вычислим значение комплекса S/bL . Постулируя зависимость $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(I, tS/bL)$ по экспериментальным данным, получим, что n и K , соответственно равны 0,16 и 0,4, т.е.

$$\bar{\sigma} = 0,5(S/bL)I^{0,16}t_u^{0,4}. \quad (2.39)$$

Различие n и K в уравнениях, можно считать незначительным, если принять во внимание допущения об одномерной схеме деформирования присадочной проволоки.

Расчёты по формуле (2.39) с использованием экспериментальных данных $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(IP_p t)$ показывают, что значения комплекса S/bL лежат в пределах от 4 до 6, при этом меньшей ε соответствует меньшее значение комплекса. Так, при $t=0,02$ с, $P_p=75$ кгс, $I=12$ кА, $S/(bL)=4,54$; при $t=0,02$ с, $P_p=150$ кгс, $I=16,9$ кА, $S/(bL)=5,94$. Важно отметить, что расчётные значения комплекса близки к экспериментальным.

Увеличение значения комплекса при увеличении накопленной деформации связано с уменьшением пути движений дислокаций до барьера, поскольку $L = \rho^{-1/2}$, а плотность дислокаций $\rho \approx \varepsilon$.

Зная величину комплекса, можно оценить прочность соединения σ по уравнению (2.39) для любого нового сочетания металлов основы и присадки. Для этого достаточно экспериментально определить всего два значения прочности соединения при различных длительностях импульсов тока, по которым определяются показатели степеней n и K уравнения (2.39). Так, фиксируя длительность импульса t для двух значений тока I_1 и I_2 , получим:

$$\bar{\sigma}_1 = [S/(bL)]AI_1^n t_1^K; \quad \bar{\sigma}_2 = [S/(bL)]AI_2^n t_2^K \quad (2.40)$$

Логарифмируя отношение $\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_2$, получим значения n и K :

$$n = (\lg \bar{\sigma}_1 - \lg \bar{\sigma}_2) / (\lg I_1 - \lg I_2); \quad (2.41)$$

$$K = (\lg t_1 - \lg t_2) / (\lg \bar{\sigma}_1 - \lg \bar{\sigma}_2) \quad (2.42)$$

2.3.4 Определение усилия прижатия электрода, скорости и продольного шага наплавки

Усилие прижатия электрода (ролика) P_p определяется как произведение давления на величину единичной площадки:

$$P_p = 0,55gd_n^2 \{D' \arccos[1 - (d_n - \delta)/D']\} / \delta, \quad (2.43)$$

где g – давление, равное 8-9 кгс/мм².

$$0,55 \cdot 9 \cdot 2^2 \cdot \{0,5 \cdot \arccos[1 - (2 - 1,99)/0,5]\} / 2 = 56,9 \text{ кг}$$

Скорость наплавки определяется по длине единичной площадки наплавляемого металла с учётом перекрытия, длительности импульсов тока и пауз между ними по формуле:

$$V_n = \{0,55D' \arccos[1 - (d_n - \delta)/D']\} / (2t_n + t_{\text{п}}) \quad (2.44)$$

$$\{0,55 \cdot 0,5 \arccos[1 - (2 - 1,99)/0,5]\} / (2 \cdot 0,04 + 0,04) = 26,3$$

Продолжительный шаг наплавки определяется в зависимости от диаметра присадочной проволоки и её осадки при условии перекрытия соседних витков спирального валика наплавляемого металла на 25-30% по формуле:

$$S_{\text{п}} = (0,25-0,3) d_n^2 / \delta \quad (2.45)$$

$$0,3 \cdot \frac{2^2}{1,99} = 0,6$$

2.3.5 Производительность и энергоёмкость электроконтактной наплавки

Производительность существующих установок наплавки составляет 250 см²/мин при толщине наплавленного слоя металла 1,0 мм. Производительность наплавки можно существенно повысить, увеличив мощность наплавочной установки и совершенствуя её конструкцию.

При потребляемой мощности в импульсе 40 кВА, токе наплавки 10 кА, длительность импульсов тока 0,02 с и паузах между импульсами 0,06 с приведённая мощность, потребляемая установкой (при непрерывном потреблении электрической энергии), составляет 10 кВА. Расход электроэнергии на наплавку 1 кг металла при толщине слоя 1 мм составляет 0,87 кВт·ч.

В таблице 2.2 приведены экспериментальные значения параметров режима для нескольких случаев электроконтактной наплавки.

Таблица 2.2 - Режимы электроконтактной наплавки наружных поверхностей цилиндрических деталей

Присадочная проволока	$d_{\text{п}}$ мм	I , кА	$t_{\text{и}}$, с	$t_{\text{п}}$, с	$P_{\text{р}}$, кгс	$V_{\text{п}}$, м/мин	S , мм/об
Проволока П ГОСТ 9389-60	2	8,5-10	0,02	0,06	130	1,8-2,0	2,0-2,2
То же	2	7,5-9	0,04	0,08	130	1,6-1,8	2,0-2,2
То же	1,6	7-8	0,02	0,06	110	1,8-2,0	1,6-1,8
То же	1,6	5-6	0,04	0,08	110	1,6-1,8	1,6-1,8
Св-08, ГОСТ 2246-70	2,5	8,5-10	0,02	0,06	150	1,8-2,0	2,5-2,8
То же	2,5	7,5-9	0,04	0,08	150	1,6-1,8	2,5-2,8
То же	2,0	8-9	0,02	0,06	130	1,8-2,0	2,0-2,2
То же	2,0	7-8	0,04	0,08	130	1,6-1,8	2,0-2,2
То же	1,6	7-8	0,02	0,06	110	1,8-2,0	1,6-1,8
То же	1,6	5-6	0,04	0,08	100	1,6-1,8	1,6-1,8

2.3.6 Нагрев металла сварочным током

2.3.6.1. Электрическое сопротивление деталей

Нагрев при шовной сварке – ведущий процесс в формировании температурного поля и образовании соединений. Теплота выделяется при

прохождении тока через участок электрод – электрод, обладающий сопротивлением $R_{ээ}$. В соответствии с законом Джоуля-Ленца за время $t_{св}$ на этом участке генерируется определённое количество теплоты $Q_{ээ}$ (в кал):

$$Q_{ээ} = 0,24 \int_0^{t_{св}} I^2(t) R_{ээ}(t) dt. \quad (2.46)$$

Общее сопротивление $R_{ээ}$ обычно измеряется в микроомах и складывается (рисунок 2.8) из контактных сопротивлений деталь – деталь $R_{дд}$ и электрод – деталь $R_{эд}$ и собственного сопротивления металла деталей $R_{д}$:

$$R_{ээ} = R_{д} + 2 R_{эд} + R_{дд}. \quad (2.47)$$

Все составляющие общего сопротивления непрерывно изменяются в течение термомеханического цикла сварки. Целесообразно рассмотреть отдельно значения $R_{дд}$, $R_{эд}$ и $R_{д}$ при комнатной температуре («холодные» сопротивления) и при нагреве.

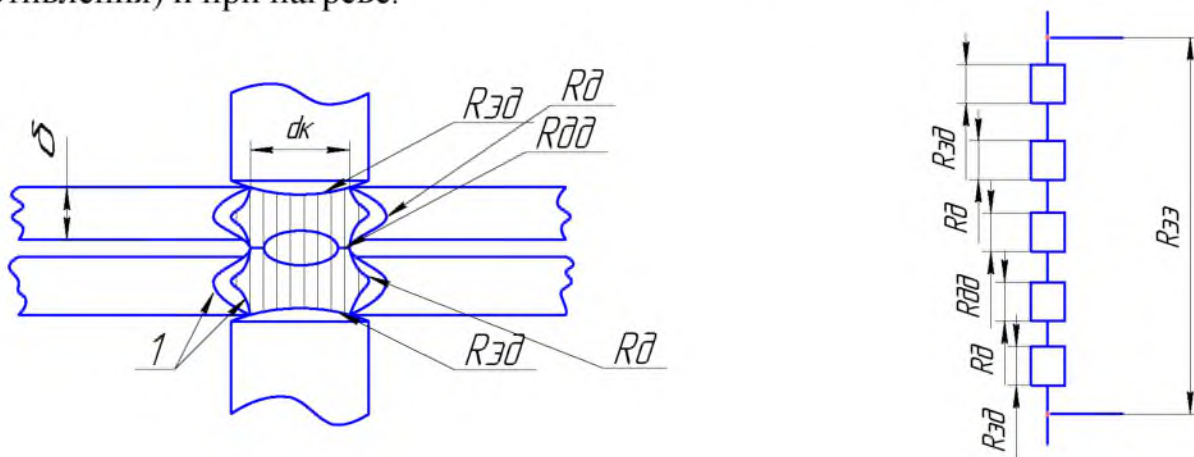
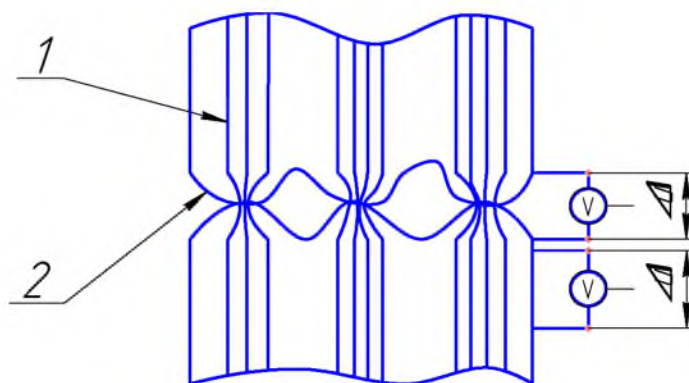


Рисунок 2.8 - Схема (а) и эквивалентная электрическая цепь (б) зоны сварки.

Контактное сопротивление «холодных» деталей можно представить следующим образом. Если через проводники A и B пропустить небольшой ток и измерить микровольтметром перепад напряжения ΔU на участках равной длины (рисунок 2.9), то ΔU на проводнике B будет меньше, чем на стыке AB из-за наличия в этом стыке контактного сопротивления. Повышение сопротивления току в контактах объясняется ограниченностью фактического контакта деталей. Контакт «холодных» деталей происходит по отдельным микровыступам в местах частичного разрушения поверхностей (окисной) плёнки. Это вызывает резкое уменьшение проводящего сечения,

сопровождается искривлением и локальным сгущением линий электрического тока («ситовый» характер проводимости).



1 – линии тока; 2 – поверхностные плёнки.

Рисунок 2.9 - Схема электрического контакта.

В этих условиях состояние поверхности деталей оказывает сильное влияние на контактные сопротивления.

С увеличением $F_{св}$ в большинстве случаев площадь фактического контакта растёт за счёт смятия неровностей при пластической деформации и разрушения окисных плёнок. Контактные сопротивления при этом уменьшаются. При снятии усилия значение контактного сопротивления оказывается ниже первоначального (полученного при повышении $F_{св}$), что свидетельствует о наличии своеобразного гистерезиса сопротивления контактов (рисунок 2.10).

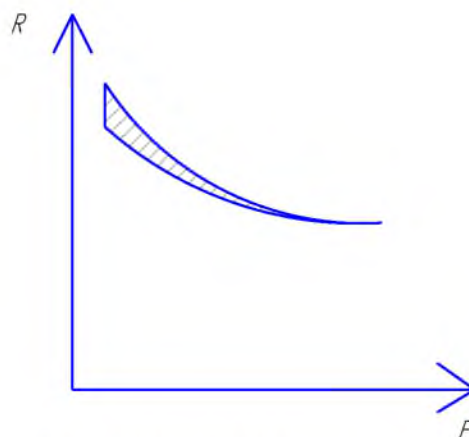


Рисунок 2.10 - Гистерезис сопротивления $R_{ээ}$ при изменении усилия сжатия

Наиболее заметно влияние $F_{св}$ при использовании электродов с плоской рабочей поверхностью, когда диаметр контактов деталь – деталь $d_{дд}$ и электрод – деталь $d_{эд}$ мало изменяются. В этом случае рост усилия приводит к заметному возрастанию напряжений в контакте. Если же применять

электроды со сферической рабочей поверхностью (см. рисунок 2.8), то возрастание усилия вызывает значительное увеличение размеров контактов ($d_{эд}$ и $d_{дд}$); контактные сопротивления уменьшаются относительно медленно или даже остаются постоянными. Для приближённой оценки сопротивлений в контактах можно считать, что $R_{эд} \approx 0,5 R_{дд}$.

При нагреве деталей облегчаются процессы пластической деформации микровыступов и разрушения окисных плёнок. При определённых для каждого металла температурах и усилиях контактные сопротивления снижаются практически до нуля и $R_{эз}$ становится равным $R_{д}$ (рисунок 2.11). При этом, чем выше $F_{св}$ тем ниже указанная критическая температура. Для низкоуглеродистых сталей и различных усилий при температуре 600°C $R_{дд}$ и $R_{эд}$ близки к нулю. Для алюминиевых сплавов эта температура составляет около 350°C .

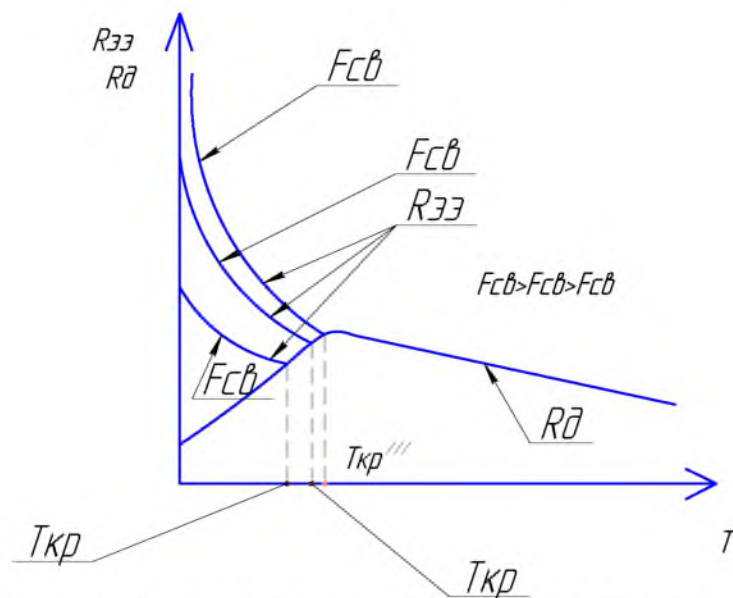


Рисунок 2.11 - Зависимость $R_{эз}$ и $R_{д}$ от температуры деталей

При сварке снижение контактного сопротивления происходит за десятые и сотые доли от времени сварки (например, за $0,001 - 0,003$ с для толщин $0,5 - 1$ мм). Интенсивное выделение теплоты в контактах может привести к образованию ряда дефектов. Поэтому перед сваркой обычно детали проходят предварительную подготовку поверхности для обеспечения достаточно низких и стабильных значений контактных сопротивлений.

Собственное сопротивление «холодных» деталей толщиной δ при условии, что площадь фактического контакта $S_{ф}$ равна кажущейся или контурной площади $S_{к} = \pi d_{к}^2 / 4$, и $d_{к} = d_{эд} = d_{дд}$ можно оценить по следующей формуле:

$$R_{\delta} = A_{\delta} \rho \frac{2\delta}{\pi d_{к}^2 / 4}, \quad (2.48)$$

где $\frac{\rho \cdot 2\delta}{\pi d_k^2 / 4}$ - электрическое сопротивление цилиндра $R_{ц}$ диаметром d_k и высотой 2δ ;

ρ - удельное электросопротивление металла при комнатной температуре,

A_d - коэффициент электросопротивления деталей, равный $R_d / R_{ц}$.

Ввиду определённой ограниченности диаметра контактов по отношению к размерам деталей наблюдается растекание тока вне поверхности цилиндра диаметром d_k . Поэтому $R_d < R_{ц}$ и $A_d < 1$. Степень растекания тока и A_d зависят от отношения d_k / δ (рисунок 2.12). Очевидно с увеличением толщины пластины ($d_k = \text{const}$) отличие между R_d и $R_{ц}$ возрастает, а с уменьшением δ падает.

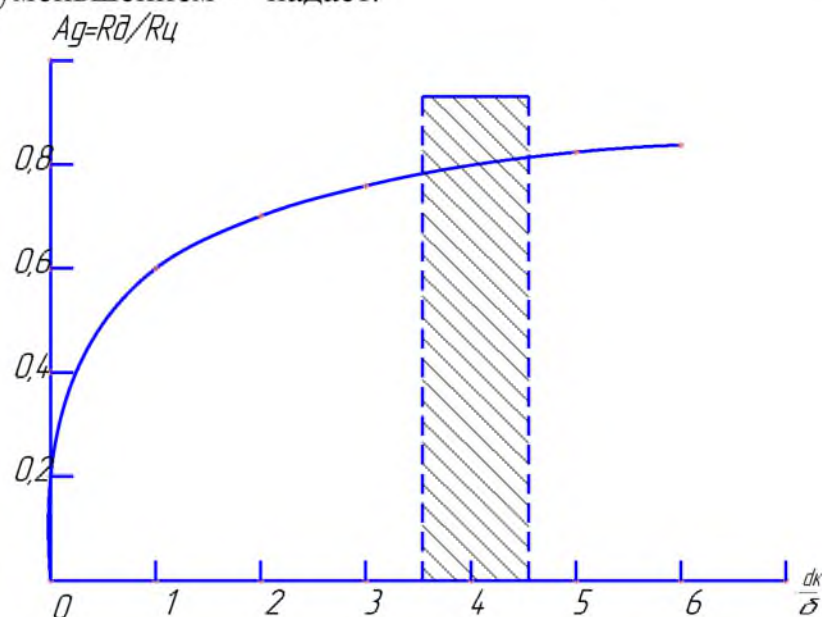


Рисунок 2.12 - Зависимость отношения $R_d / R_{ц} = A$ от d_k / δ . Наиболее распространённая область заштрихована.

Диаметр кажущейся площадки контакта ориентировочно определяется соотношением:

$$d_k = \sqrt{\frac{4F_{св}}{\pi\sigma_{\delta}}}, \quad (2.49)$$

где σ_{δ} - условное сопротивление пластической деформации металла, принимаемое при комнатной температуре для низкоуглеродистых сталей 100 кгс/мм^2 , для алюминиевых сплавов 25 кгс/мм^2 .

Однако при комнатной температуре вследствие высокого σ_{δ}^* и наличия плёнок площадь фактического контакта весьма ограничена. В этом случае $S_{ф} < S_k$ и рассчитанное по формуле сопротивление R_d может оказаться

значительно меньше действительного. При нагреве деталей сопротивление их существенно меняется в соответствии с изменением ρ и d_k . удельное электросопротивление металлов увеличивается с ростом температуры. Часто зависимость ρ от T можно подчинить следующему закону:

$$\rho_T = \rho_0(1 + \alpha_\rho T), \quad (2.50)$$

где α_ρ - температурный коэффициент изменения ρ .

Для чистых металлов α_ρ обычно принимают равным 0,004 1/град. Для сплавов α_ρ меньше (0,001-0,002 1/град) и его значение падает с увеличением степени легированности сплава или ρ_0 . При критических температурах (например, при температуре плавления) α_ρ может резко изменяться – в 1,5-2 раза.

С ростом температуры металла снижается его сопротивление пластической деформации и диаметр контакта возрастает в среднем за цикл сварки в 1,5-2 раза. Одновременно с этим S_ϕ приближается к S_k . при этом довольно точно можно определить диаметр контакта, например, к концу нагрева (при том же условии $d_k = d_{эд} = d_{дд}$, что обычно соответствует практике контактной сварки). при этом для сталей $\sigma_{д.кон}^* \approx 20 \text{ кгс/мм}^2$.

Кинетику изменения сопротивления за термомеханический цикл сварки можно легко определить при помощи осциллографа, применяя измерительную схему, приведённую на рисунок 2.13. На вибратор B_1 подаётся напряжение $U_{эз}$, а на вибратор B_2 напряжение, пропорциональное I . $R_{эз}$ рассчитывают по закону Ома. Общий характер изменения $R_{эз}$ и $R_k = 2 R_{эд} + R_{дд}$ при сварке показана на рисунок 2.14. Первый период характерен быстрым спадом контактных сопротивлений и нарастанием R_d за счёт увеличения ρ . В течение второго периода наблюдается монотонное снижение $R_{эз}(R_d)$ за счёт расширения площади контактов.

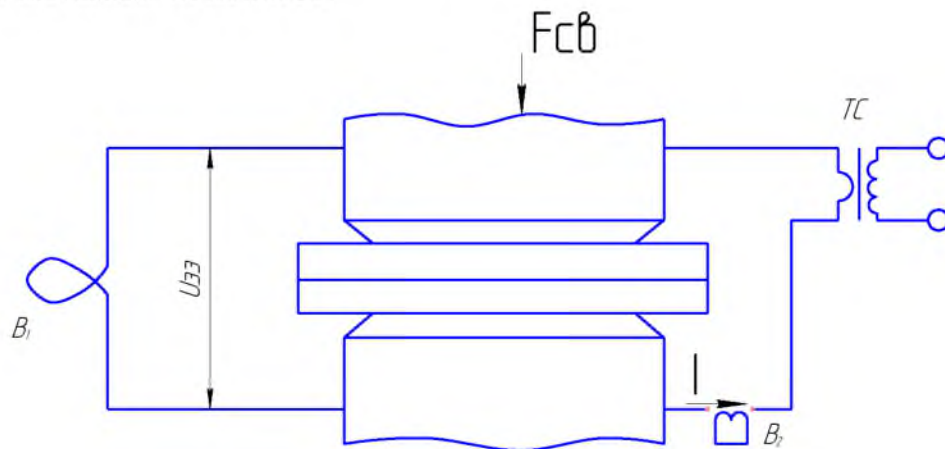


Рисунок 2.13 - Схема измерения $U_{эз}$ и I с помощью магнитоэлектрического осциллографа

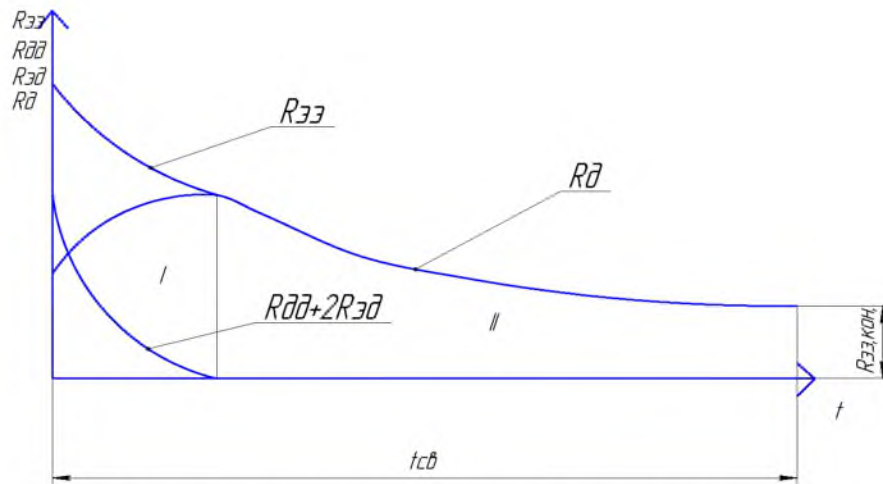


Рисунок 2.14 - Изменение электрических сопротивлений в процессе сварки

За цикл сварки $R_{\Sigma\Sigma}$ снижается в несколько раз. Характер зависимости $R_{\Sigma\Sigma}(t)$ может меняться в основном в первом периоде для различных металлов, отличающихся значением α_{ρ} . Например, для чистых металлов наблюдается заметное возрастание в это время $R_{\Sigma\Sigma}$.

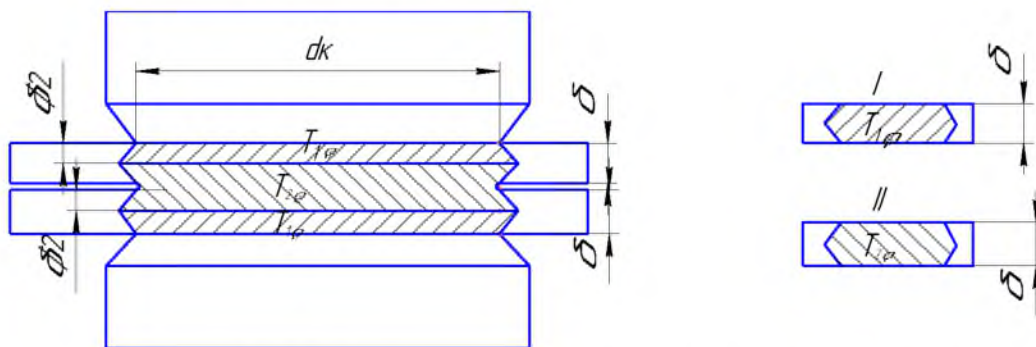


Рисунок 2.15 - Схема расчёта электрического сопротивления

Для оценки сопротивления деталей к концу нагрева $R_{\text{д,кон}}$ используют упрощённую схему теплового состояния металла. В частности, считают, что сопротивление двух пластин толщиной δ можно представить как сумму сопротивлений двух других условных пластин I и II, каждая из которых нагрета до средней постоянной температуры T_1 и T_2 (рисунок 2.15) и имеет ту же толщину δ . Тогда при $d_{\text{к,кон}} = d_{\text{эд,кон}} = d_{\text{дд,кон}}$:

$$R_{\text{д,кон}} \approx \frac{A_0 k_n \delta}{\pi l_{\text{к,кон}}^2 / 4} (\rho_1 + \rho_2), \quad (2.51)$$

где $d_{\text{к,кон}}$ – диаметр контакта к концу нагрева;

ρ_1 и ρ_2 – соответственно удельные электросопротивления для температур T_1 и T_2 ;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева пластин.

Для сталей $k_{\text{п}}$ принимают обычно равным 0,85. Величину $A_{\text{д}}$ определяют по графику (см. рисунок 13) для отношения $d_{\text{к}}/\delta$. Для сталей T_1 и T_2 принимают равными 1200 и 1500°С.

2.4 Технология шовной сварки

2.4.1 Типы сварных соединений и узлов

Шовной сваркой обычно соединяют детали толщиной 0,05-6 мм. Однако этот диапазон иногда расширяется от 10+10мкм (в микрорадиоприборах) до 30+30 мм (при изготовлении крупных стальных балок, рам). Детали под сварку изготовляют из листовых металлов, прессованных полуфабрикатов (труб, профилей), литых, кованных, обработанных резанием, размерным химическим травлением.

Выбор того или иного способа сварки определяется толщиной и металлом деталей, конструкцией узла, масштабом и характером производства, предъявляемыми требованиями к качеству соединений и производительности процесса.

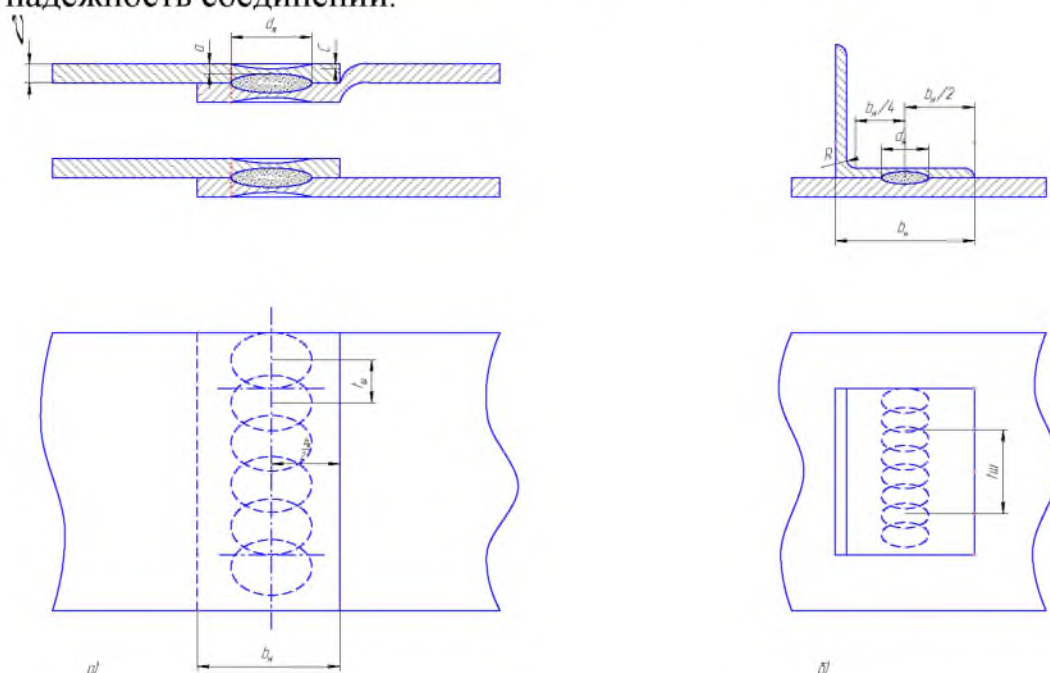
Основной тип соединения – нахлесточное (рисунок 2.16). оно должно быть спроектировано с учётом специфики шовной сварки из металла с хорошей свариваемостью, при строгом соблюдении номинальных размеров литого ядра, ширины шва, величины нахлестки (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Размеры шовных соединений

Толщина тонкой детали δ	Диаметр литого ядра $d_{\text{яном}}$	Ширина шага $a_{\text{ш}}$	Минимальная нахлестка при однорядном шве $b_{\text{н}}$		Минимальный технологический шаг точек $t_{\text{ш}}$		
			Лёгкие сплавы	Стали, титановые сплавы	Лёгкие сплавы	Низколегированные стали	Коррозионностойкие, жаропрочные стали и сплавы
0,3	2,5+1	2,0+1	8,0	6	8	7	5
0,5	3,0+1	2,5+1	10,0	8	11	10	7
0,8	3,5+1	3,0+1	10	10	13	11	9
1,0	4,0+1	3,5+1	12	12	14	12	10
1,2	5,0+1	4,5+1	14	13	15	13	11
1,5	6,0+1	5,5+1	16	14	20	14	12
2,0	7,0+1,5	6,5+1,5	18	16	25	18	14
2,5	8,0+1,5	7,5+1,5	20	18	30	20	16

3,0	9,0+1,5	8,0+1,5	24	20	35	24	18
3,5	10+2	9,0+1,5	26	22	40	28	22
4,0	11+2	10,0+1,5	28	26	45	32	24
4,5	12+2	11,0+1,5	32	30	50	36	26
5,0	13+2	12,0+1,5	34	34	55	40	30
5,5	14+2	13,0+1,5	36	38	60	46	34
6,0	15+2	14,0+1,5	38	44	65	52	40

Величину проплавления $A=a/\delta$ 100% определяют (рисунок 2.16) для каждой из соединяемых деталей отдельно. Она должна находиться в интервале 30-80%. При сварке деталей разной толщины допускается проплавление тонкой детали не менее 20%. Уменьшение проплавления снижает надёжность соединений.



a – рабочее с подсечкой и без подсечки; b – связующие.

Рисунок 2.16 - Основные типы нахлесточных соединений

Глубину отпечатка определяют как $C=c/\delta$ 100% (рисунок 2.16,а), она не должна превышать 15-20%. При сварке деталей с соотношением толщины более 1:2 глубина вмятины может достигать 20-25%. Минимальный шаг t_n выбирают с учётом шунтирования тока.

Величина нахлестки b_n представляет собой ширину плоской части соединяемых деталей без радиусов изгиба её элементов (рисунок 2.16). Чем выше тепло- и электропроводность металла, тем больше должны быть шаг между точками и величина нахлестки. Например, при сварке алюминиевых сплавов нахлестка примерно на 20% больше, чем на сталях. При шовной сварке двухрядным швом или сопряжении трёх и более деталей нахлестка увеличивается на 25-35%.

Узлы, соединяемые точечной и шовной сваркой, по конструктивному признаку можно разделить на несколько групп: различные ёмкости типа тел вращения, слегка изогнутые или плоские панели, узлы сложной пространственной формы.

Для повышения жёсткости обшивку обечаек и конусов подкрепляют обычно силовым набором из поперечных шпангоутов и продольных стрингеров. Герметичные соединения получают шовной сваркой. При изготовлении ёмкостей внутренний набор должен быть тоньше обшивки. Иначе при разрушении точек система разгерметизируется. Плоские или изогнутые панели усиливаются обычно продольно – поперечным набором из профилей или гофрированных листов. Сложные пространственные конструкции коробочного типа часто имеют ограниченный доступ к месту сварки и требуют применения фигурных электродов.

В зависимости от доступности к месту сварки конструктивные элементы можно разделить на три типа: открытые, полуоткрытые и закрытые. Первые, как более технологичные в условиях контактной сварки, предпочтительнее, чем второе. Третий тип элементов резко усложняет процесс сварки.

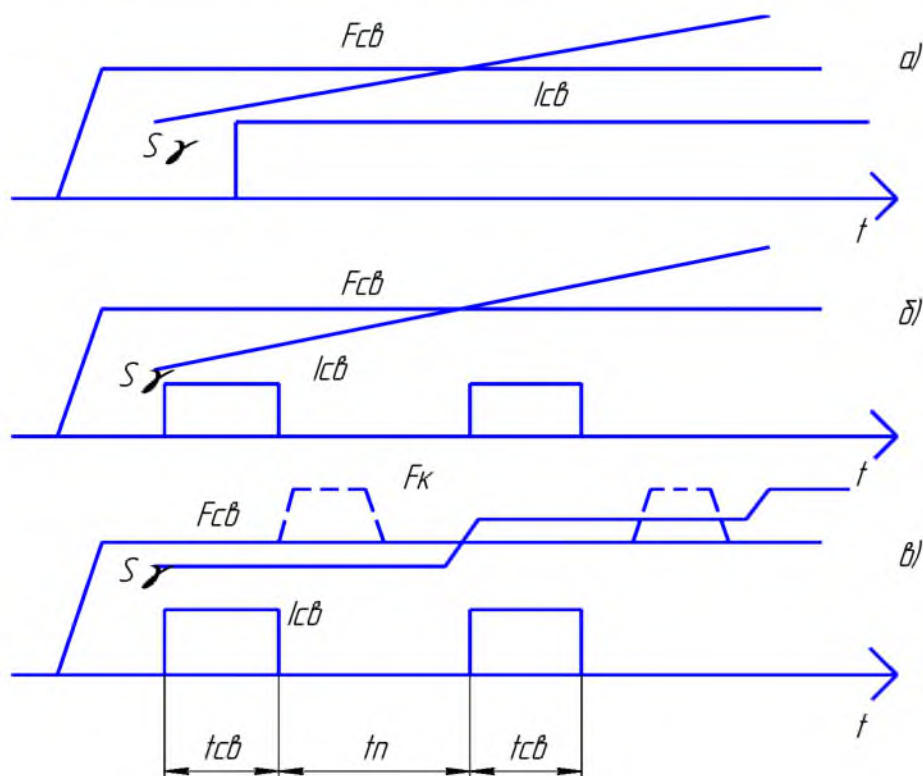
2.4.2 Особенности процесса шовной сварки

Шовная сварка имеет ряд особенностей: надёжную герметизацию и защиту от атмосферных газов, что практически исключает окисление или испарение легирующих элементов; высокое давление в зоне сварки на всех стадиях процесса и возможность его изменения за цикл, позволяющие подавлять газовую пористость, а также эффективно управлять значением и законом остаточных напряжений; интенсивное перемешивание металла, способствующее разрушению и замешиванию тонких поверхностных оксидов; трудность, но возможность легирования металла ядра; кратковременность нагрева и минимальную протяжённость зоны термического влияния; высокую концентрацию напряжений на периферийных участках точек; возможность предварительного и повторного нагрева внутри цикла сварки, регулирование скорости нагрева и охлаждения; полную автоматизацию цикла сварки.

Эти и некоторые другие особенности открывают широкие возможности программирования процессов нагрева и деформирования. Появляется возможность эффективно управлять качеством соединений и обеспечивать условия для предупреждения дефектов.

При шовной сварке герметичным швом для формирования каждой литой зоны обычно достаточно одного импульса тока при постоянном сварочном усилии. Сварку можно осуществлять при непрерывном и прерывистом включении тока. Непрерывное включение тока (циклограмма *a* на рисунке 2.17) позволяет резко повысить скорость сварки. Однако качество

соединений и стойкость роликов снижаются. Наибольшее распространение получила сварка с включением тока отдельными импульсами. Во время паузы между импульсами за время t_{II} ролики и детали успевают частично охладиться, поэтому стойкость роликов возрастает, уменьшается ширина зоны термического влияния, снижаются остаточные деформации.



a – с непрерывным включением $I_{св}$, непрерывным вращением (перемещением) роликов S_v , постоянным $F_{св}$; *б* – с прерывистым включением $I_{св}$, непрерывным вращением роликов S_v , постоянным $F_{св}$; *в* – с прерывистым включением $I_{св}$, прерывистым (шаговым) вращением роликов S_v , постоянным $F_{св}$ или с проковкой шва F_K

Рисунок 2.17 - Циклограмма шовной сварки

Сварку часто выполняют при непрерывном вращении роликов (циклограмма *б* на рисунок 2.17). Крупногабаритные детали большой толщины соединяют при шаговом вращении роликов (циклограмма *в* на рисунок 2.17). Остановка роликов в момент пропуска тока способствует интенсивному охлаждению деталей и рабочей поверхности роликов. Стабилизируются контакты, устраняется проскальзывание роликов, снижается температура в контакте электрод – деталь, уменьшается химическое взаимодействие металлов электрода и детали. Стойкость электродов возрастает. Кроме того, остановка роликов позволяет приложить F_K .

2.4.3 Форма и размеры рабочей поверхности роликов

Форма и величина рабочей (контактной) поверхности – параметры режима сварки, существенно влияющие на размеры и стабильность литого ядра, выбор остальных параметров режима. Форма рабочей поверхности должна соответствовать конфигурации наружной поверхности деталей. Для листовых плоских или слегка изогнутых деталей применяют либо плоскую (цилиндрическую) либо сферическую форму рабочей поверхности роликов. Её размеры (d_3 , R_3 , f_p , R_p) не зависят от материала детали и электрода, но определяются толщиной детали. Для рельефной сварки цилиндрических деталей (например, проволоки) форма рабочей поверхности вогнутая с радиусом закругления, как у детали; для конусных деталей – конусная и т.п.

В процессе длительной эксплуатации рабочая поверхность под действием высоких температур и сжимающих усилий деформируется (сминается). Исходные форма и размеры несколько искажаются, меняются температурно – деформационные условия сварки. Скорость смятия зависит от многих факторов и является определяющей в понятии стойкости электродов. Исходный d_3 увеличивается, углы перехода конусной поверхности в плоскую притупляются, т.е. плоская рабочая поверхность постоянно закругляется. Исходный R_3 также возрастает, и в пределе на сферической контактной поверхности может образоваться почти плоский участок. Однако из-за повышенного сопротивления деформации сферической рабочей поверхности такой участок образуется медленно, лишь в условиях продолжительной работы и, главным образом, на жаропрочных материалах (с большим $F_{св}$), при сварке на чрезмерно жёстких режимах. Появление почти плоской площадки диаметром d_3 расценивают обычно как предельное состояние износа и, как правило, не допускают. Кроме того, регулярной заправкой электродов исходную сферическую форму периодически восстанавливают.

Каждая из двух форм рабочей поверхности вносит свои особенности в формирование соединений, имеет преимущества и недостатки. Совокупность их в конечном итоге и определяет область применения той или иной формы.

Рабочая часть электродов со сферической формой поверхности более массивна, чем с плоской поверхностью и конусной заточкой. Поэтому характеристики у сферических электродов лучше. Площадь начального электрического контакта между сферической поверхностью электрода и плоской наружной поверхностью детали уменьшена. Рационально распределённое во времени и по ширине контакта $F_{св}$ надёжнее сжимает металл за пределами диаметра литого ядра. Поэтому склонность к выплескам и другим дефектам снижается особенно при воздействии различных неблагоприятных факторов.

Плоскую исходную форму рабочей поверхности с конусной заточкой применяют для металлов с повышенным сопротивлением деформации от

(стали, жаропрочные сплавы), не склонны к массопереносу (стали, никелевые, титановые сплавы); при среднем требовании к качеству (когда допускаются увеличенные вмятины, зазоры, отдельные выплески и т.п.); на машинах с вертикальным ходом электродов, большим полным сопротивлением вторичного контура Z_2 и крутым фронтом нарастания сварочного тока (стационарные машины переменного тока).

Сферическую исходную форму используют для металлов с пониженным σ_d (алюминиевые, магниевые, медные, некоторые титановые сплавы); для металлов, склонных к массопереносу (алюминиевые, магниевые сплавы); для металлов, склонных к горячим трещинам и раковинам и свариваемых с F_k (алюминиевые, магниевые сплавы, другие сплавы большой толщины); при высоких требованиях к качеству (минимальные вмятины и зазоры, недопущение выплесков и других дефектов); при односторонней сварке и соединений деталей разной толщины, из разнородных сплавов; на машинах с любым ходом электродов, в том числе на клещах; на машинах с малым Z_2 и плавным фронтом нарастания $I_{св}$ (низкочастотных, с выпрямлением тока во вторичном контуре).

3. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Технические данные

3.1.1 Основные технические параметры машины

Таблица 3.1 - Основные технические параметры машины МШ-2001М

Номинальное первичное напряжение, В	415
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная мощность, кВт*А	126
Номинальный первичный ток, А	305
Номинальный длительный вторичный ток, А	14900
Номинальный сварочный ток, А	20000
Пределы регулирования величины сварочного тока, в % от номинальной величины	100-30
Длительность импульсов сварочного тока, периоды	1-20
Длительность пауз, периоды	1-20
Диапазон рекомендуемых толщин свариваемой стали, мм	От 0,5-0,5 До 1,8-1,8
Наибольший полезный вылет, мм:	
Для листов.....	800
Для обечаек при продольной сварке при наименьшем внутреннем диаметре:	
150 мм.....	250
195 мм.....	530
300 мм.....	750
для обечаек при поперечной сварке при наименьшем внутреннем диаметре:	
230 мм.....	530
320 мм.....	750
Пределы регулирования хода верхнего сварочного ролика, мм	15-70
Пределы регулирования скорости сварки, м/мин	0,4-4,5
Усилие сжатия электродов, кгс	800
Расчётное давление сжатого воздуха, кгс/см ²	3,9
Омическое сопротивление вторичной цепи, Ом	40*10 ⁻⁶
Коэффициент мощности при номинальном вторичном напряжении при коротком замыкании (cos φ)	0,31
Расход свободного воздуха, м ³ /ч	1,5
Расход воды для охлаждения, л/ч	1100
Масса машины, кг, не более	1350

Примечание. Указанные скорости сварки соответствуют номинальным диаметрам сварочных роликов. Скорость 4,5 м/мин обеспечивается при сварке толщин 0,5+0,5 мм на жёстком режиме. При сварке на жёстком режиме толщин 1,4+1,4 можно достигнуть скорости 2 м/мин.

3.1.2 Коэффициенты трансформации в зависимости от подключения к зажимам трансформатора приведены в таблице 3.2.

3.1.3 Усилие на электродах в зависимости от давления воздуха в пневматическом цилиндре, приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.2 - Коэффициенты трансформации

	Коэффициенты трансформации				
	Варианты исполнения машины типа				
	МШ-2001М				
	380 В, 50 Гц	400 В, 50 Гц	415 В, 50 Гц	440 В, 60 Гц	380 В, 60 Гц
Подключение к зажимам трансформатора:					
А-1	81	86	90	96	70
А-2	76	81	84	90	65
А-3	69	73	77	82	60
В-1	66	70	73	78	57
В-2	61	65	67	72	52
В-3	54	57	60	84	47
Номинальный первичный ток, А	335	315	305	285	390
Номинальная мощность, кВт*А	127	126	126	125	148
Номинальный коэффициент трансформации	61	65	67	72	52

Примечание. Первичное напряжение подаваемое на зажимы сварочного трансформатора, меньше напряжения сети на 55 В. При 380 В сети на зажимах сварочного трансформатора будет 325 В и т.д.

Таблица 3.3 - Усилие на электродах

Показания манометра кгс/см	Усилие на электродах, кгс
	МШ-2001М
1,0	230
1,5	330
2,0	430
2,5	525
3,0	630
3,5	725
4,0	815

3.2 Описание машины

3.2.1 Машина состоит из корпуса 5, направляющего устройства 14, пневматического привода 15, верхнего электродного устройства 11, привода вращения с основанием 33, нижнего электродного устройства 8 для поперечной сварки или для продольной сварки, нижнего кронштейна 6 с токоподводом 7, верхнего токоподвода 9 с гибкими шинами 10, пневматического устройства, системы охлаждения, электрического устройства (чертеж представлен в графической части проекта).

3.2.2 Каждая машина снабжается комплектом запасных частей и комплектом эксплуатационной документации.

Комплект поставки указан в прилагаемом паспорте машины.

3.3 Устройство и работа машины

Свариваемое изделие зажимается между сварочными роликами нижнего 8 и верхнего электродных устройств.

Нижнее электродное устройство закреплено между нижним кронштейном 6 и токоподводом 7 и изолировано от корпуса машины.

Верхнее электродное устройство крепится к ползуну направляющего устройства 14, ползун соединён со штоком пневматического привода 15.

Пневматический привод служит для подъёма и опускания верхнего электродного устройства и создания на роликах сварочного усилия.

Подготовка сжатого воздуха и подача его к приводу осуществляются с помощью установленных на корпусе машины фильтра влагоотделителя 37, регулятора давления 19 с манометром 20, маслораспылителя 21, двух электропневматических клапанов 18 и двух дросселей 16.

Сварочные ролики приводятся во вращение с помощью карданной передачи 22, соединённой с выходным валом редуктора 23.

Сварочное соединение образуется при пропускании через ролики импульсов сварочного тока, чередующихся с паузами.

Ток к электродным устройствам подводится от сварочного трансформатора 34 через водоохлаждаемые токоподводы 7,9 и 12 и гибкие шины 10. для уменьшения вибрации при прохождении тока токоподвод 9 с гибкими шинами прикреплён при помощи шпилек 13 к корпусу.

Управление сварочным током производится с помощью прерывателя сварочного тока, встроенного в машину в виде отдельных функциональных блоков. В нижней части корпуса расположен контактор КТ-07 - 36, в верхней – блок регулирования 30 и блок поджигания 29. все ручки управления находятся на лицевой панели блока регулирования.

С помощью воздушного автомата 35 производится подача к машине напряжения питающей сети и защита элементов электрической схемы машины от короткого замыкания.

В опорных лапах корпуса 1 и 39 имеются отверстия для фундаментальных болтов и болт 38 для заземления машины.

Спереди перед машиной установлено корыто 3 для сбора охлаждающей воды и отвода её в канализацию.

Сливная колодка 56 с краниками обеспечивает возможность наблюдений за сливом отработанной воды и регулировки расхода воды в каждой ветви охлаждения.

3.4 Устройство и работа составных частей машины

3.4.1 Направляющее устройство закреплено на верхнем кронштейне корпуса винтами 4. чугунный корпус 7, внутри которого в призматических

направляющих 2 и 6 перемещается чугунный ползун 3, крепится к двум полозам 1 и 5 винтами 9.

Положение призматических направляющих регулируется болтами 10 и винтами 12 с гайками 13.

Верхняя электродная часть закрепляется в ползуне с помощью крышки 14 и винтов 15.

Смазка рабочих поверхностей *K* и *M* ползуна осуществляется через две пресс-маслёнки 8. С лицевой стороны направляющее устройство закрыто кожухом 11.

3.4.2 Пневматический привод состоит из цилиндра 43 с тремя крышками 47, 49, 55, верхнего поршня 52, нижнего поршня 54, уплотнительных манжет 41, 53 и амортизаторов 44.

При сварке нижняя камера 42 цилиндра соединена с атмосферой: сжатый воздух, поступающий в верхнюю камеру 51, воздействуя на нижний поршень сверху, перемещает его вниз вместе с ползуном и верхним электродным устройством, создавая усилие между сварочными роликами.

Подъём электродного устройства осуществляется сжатым воздухом сетевого давления, поступающим в нижнюю камеру, вследствие чего поршень 54 поднимается до упора в верхний поршень.

Положение верхнего поршня в цилиндре устанавливается винтом 46. вращением крышки 49 производится подъём или опускание верхнего поршня, т.е. производится регулировка хода сварочного ролика при его подъёме.

Винт 45, входящий в паз верхнего поршня, предотвращает поворот последнего, обеспечивая необходимый предел регулировки.

3.4.3 Нижнее электродное устройство для поперечной сварки состоит из электродного вала 1, на котором вращается втулка 4, скреплённая со сварочным роликом 5. Шайбы 3, 6 служат для фиксации осевого положения втулки. Зазор *C* (не более 0,1 мм) достигается шлифовкой шайбы 3.

Поверхность трения электродного вала и втулки является токопередающим скользящим контактом и смазывается графито-касторовой смазкой через нарезную маслёнку 2.

Вода для охлаждения вала подаётся и отводится через ниппели 7.

3.4.4 Охлаждение активных частей машины осуществляется проточной водой, поступающей из водопроводной сети в распределитель 2 с шестью отводами (рисунок 12). Вентиль 1 является магистральным. Краники 8(1) – 8(4) служат для регулирования количества воды, необходимой для охлаждения: верхнего и нижнего токоподводов, соединённых последовательно с соответствующими электродными валами, - краники 8(2) и 8(3); сварочного трансформатора 6 – краник 8(4), блока игнитронов 4 – краник 8(1). Краники 9(1) и 9(2) служат для регулирования количества воды при наружном охлаждении соответственно верхнего и нижнего роликов.

Сливные шланги выведены к сливной колодке 36, установленной над корытом 3.

При эксплуатации машины, в зависимости от габаритов свариваемых изделий, рекомендуется изготовить по месту и установить на бортах корыта щитки во избежание разбрызгивания воды, охлаждающей сварочные ролики.

При сварке крупногабаритных изделий можно снять корыто и вместо него сделать в полу водосборник с решёткой и отводом воды в канализацию.

Во избежание замерзания воды в машине при снижении температуры в помещении ниже 0°C необходимо продуть сжатым воздухом все ветви охлаждения. Для продувки бачков игнитронов следует снять шланг с выходного ниппеля и через этот шланг подать воздух.

3.4.5 Электрооборудование машины обеспечивает подвод электрической энергии к сварочному трансформатору и осуществляет управление работой машины.

Сварочный трансформатор – однофазный, обмотки его залиты эпоксидным компаундом и ремонту не подлежат.

С первичной стороны трансформатор имеет пять зажимов для подключения питающих проводов.

Элементы принципиальной электрической схемы соединены между собой по схемам соединений.

3.4.6 К пускорегулирующей электроаппаратуре машины относятся:

- автоматический выключатель В1, предназначенный для подачи и снятия напряжения сети и для защиты электрической цепи от коротких замыканий;

- конечные выключатели В4, В5 – для снятия напряжения сети с машины при открытых дверях;

- контакт реле тепловой защиты Р10, установленный на игнитроне Л2 и служащий для автоматического выключения сварочного тока при перегреве игнитронов;

- педальная кнопка Кн1 – для включения работы машины;

- переключатель В6 «Скорость сварки» - для выбора скорости сварки в зависимости от толщины материала;

- аппаратура, установленная на пульте управления 17;

- кнопка Кн2 «Аварийно стоп» - для аварийного отключения напряжения сети;

- выключатель В2 «Цепи управления, включено-выключено» - для подачи напряжения сети на цепи управления машины;

- выключатель В3 «Ток включен - выключен» - для проверки работы машины без сварочного тока;

- лампа Л1 «Переменный ток» - для сигнализации напряжения сети на машине;

- кнопка Кн3 «Точечная сварка» - для включения работы машины в точечном режиме.

Для получения точечной сварки тумблер, установленный на блоке регулирования, ставится в положение «Точечная сварка». Нажатием на педальную кнопку Кн1 опускаются сварочные ролики и через заданную реле

Р4 выдержку времени начинают вращаться. После этого на пульте управления машины нажимается кнопка Кн3 «Точечная сварка». Блок регулирования выдаёт один сварочный импульс. Для последующих импульсов надо снова нажимать кнопку Кн3.

Надписи (на принципиальной схеме соответствующие кнопкам и выключателям), установленные на пульте управления, изображены условными обозначениями.

3.4.7 Сварка осуществляется сварочным трансформатором ТрС, который включается игнитронами Л2 и Л3 при подаче команды с блоков регулирования и поджигания Бл1 и Бл2.

Нажатием на педальную кнопку Кн1 подаётся питание на реле Р2, Р3, Р4 и электромагнитные пневматические клапаны Эм1, Эм2 и двигатель привода М. При этом выпускается сжатый воздух из нижней камеры пневматического цилиндра, что вызывает опускание верхнего сварочного ролика и зажатие свариваемого изделия. При неправильном зажатии изделия необходимо за время, задаваемое реле Р4, заметить это, опустить педальную кнопку, после чего исправить положение изделия.

Опускание верхнего электрода после исправления положения изделия производится вторичным нажатием кнопки Кн1.

По истечении выдержки времени реле Р4 включает реле Р5, которое включает реле Р6, электромагнитную муфту Эм3 и даёт сигнал на запуск блока регулирования через реле Р9, т.е. начинают вращаться сварочные ролики и через определённый промежуток времени, задаваемый конденсатором С, включается сварочный ток (см. техническое описание блока регулирования и блока поджигания).

Для получения равномерного разгона привода ПМСМ-6 введено сопротивление R1, которое шунтируется по истечении выдержки времени реле Р6.

После включения сварочного тока и начала вращения сварочных роликов педальную кнопку Кн1 можно опустить. При этом отключается реле Р2 и включается реле Р7.

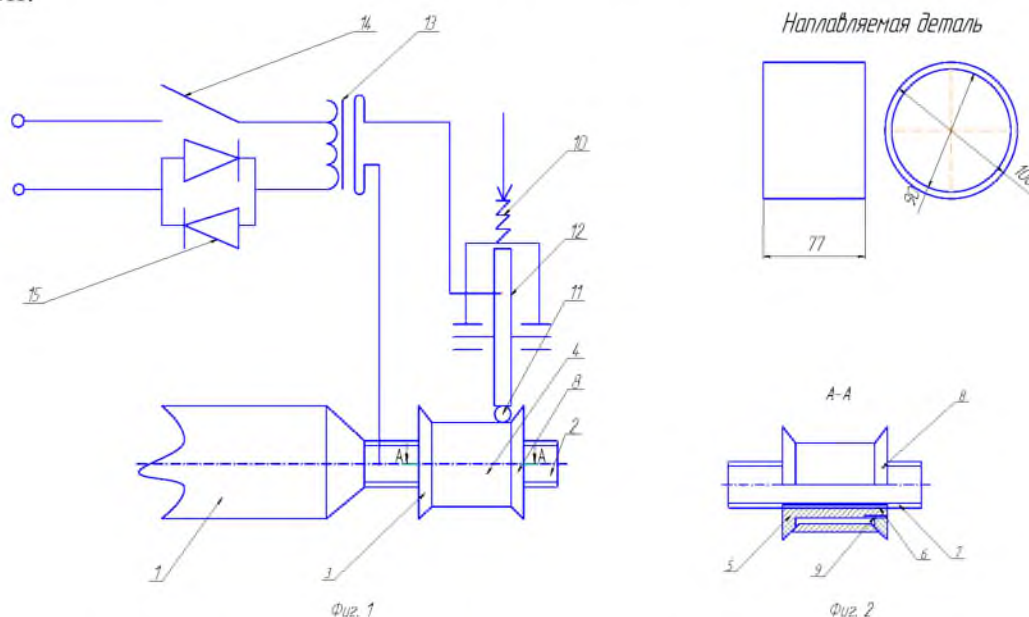
Для окончания сварки необходимо снова нажать педальную кнопку Кн1. При этом включается реле Р8, которое отключает реле Р3 и Р4. Последние отключают электромагнитные пневматические клапаны Эм1 и Эм2, реле Р5, привод вращения и сварочный ток. После выключения клапанов верхний сварочный ролик поднимается.

При опускании pedalной кнопки Кн1 схема приходит в исходное состояние.

Для ликвидации асинхронного включения сварочного тока, при включении сварки от В3, когда педаль уже нажата, запуск блока регулирования производится размыкающими контактами Р9, через выдержку времени, достаточную для подготовки анодных цепей игнитронов.

3.5 Технологическая оснастка

Установка для электроконтактной наплавки (рисунок 3.1) содержит: наплавляющий электрод, механизм сжатия присадочной проволоки к поверхности наплавляемой детали и механизм крепления наплавляемой детали, который установлен на хоботе основания, выполнен сборным и состоит из цилиндрического ролика с внутренней резьбой, взаимодействующей с резьбой, выполненной на хоботе основания и прижимной гайки. На внешней поверхности одного из концов цилиндрического ролика выполнена резьба для взаимодействия с прижимной гайкой.



1-основание; 2-хобот; 3-механизм крепления; 4-наплавляемая деталь; 5-цилиндрический ролик; 6-внутренняя резьба; 7-резьба, выполненная на внешней поверхности хобота; 8-прижимная гайка; 9-наружная резьба цилиндрического ролика; 10-механизм сжатия присадочной проволоки; 11-присадочная проволока; 12-наплавляющий электрод; 13-трансформатор; 14-прерыватель тока; 15-контактор

Рисунок 3.1 - Установка для электроконтактной наплавки

Также установка содержит швеллера (рисунок 3.2 а,б,в), сваренные друг с другом, с номерами профилей 16 и 8 которые крепятся на нижнем кронштейне. Между швеллерами и нижним кронштейном установлены диэлектрические пластины. На конце одного из них установлена Бабина с проволокой. Проволока подаётся в зону наплавки через направляющее устройство тем самым она ограничена в поперечном перемещении и может подаваться точно между наплавляющим роликом и деталью.

При наплавке из-за низкого трения между проволокой и роликом, последний, иногда, может вращаться не перемещая проволоку. Для увеличения трения между роликом и проволокой используется устройство

насечки на наплавляющий ролик расположенные относительно наплавляющего ролика с противоположной стороны швеллеров (рисунок 3.3). В зависимости от истирания канавок на ролике, устройство насечки можно отрегулировать с помощью регулировочного винта так, чтобы нарезаемая глубина канавок на ролике снова могла способствовать перемещению проволоки.

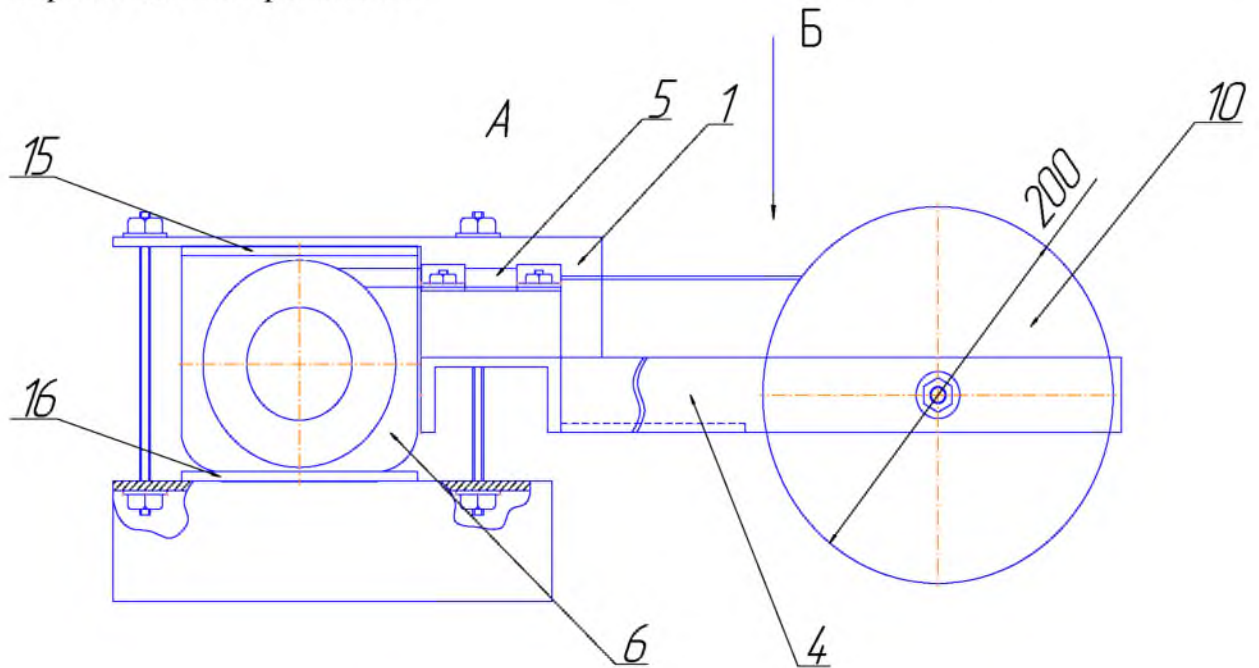


Рисунок 3.2а - Технологическая оснастка

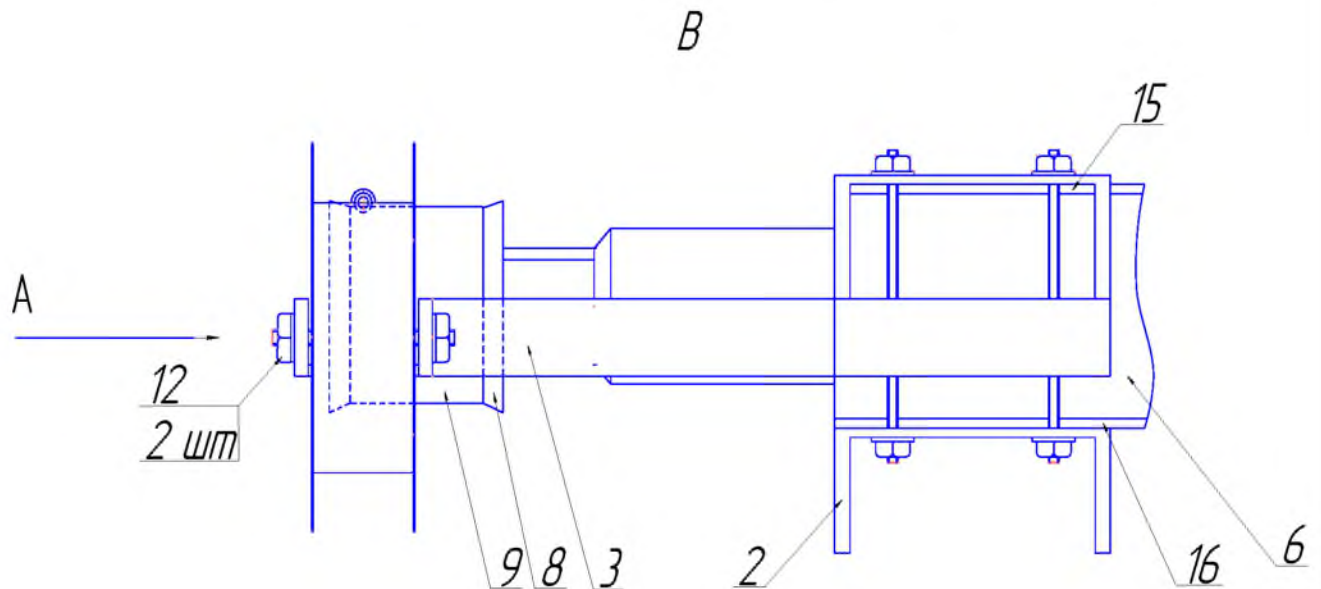
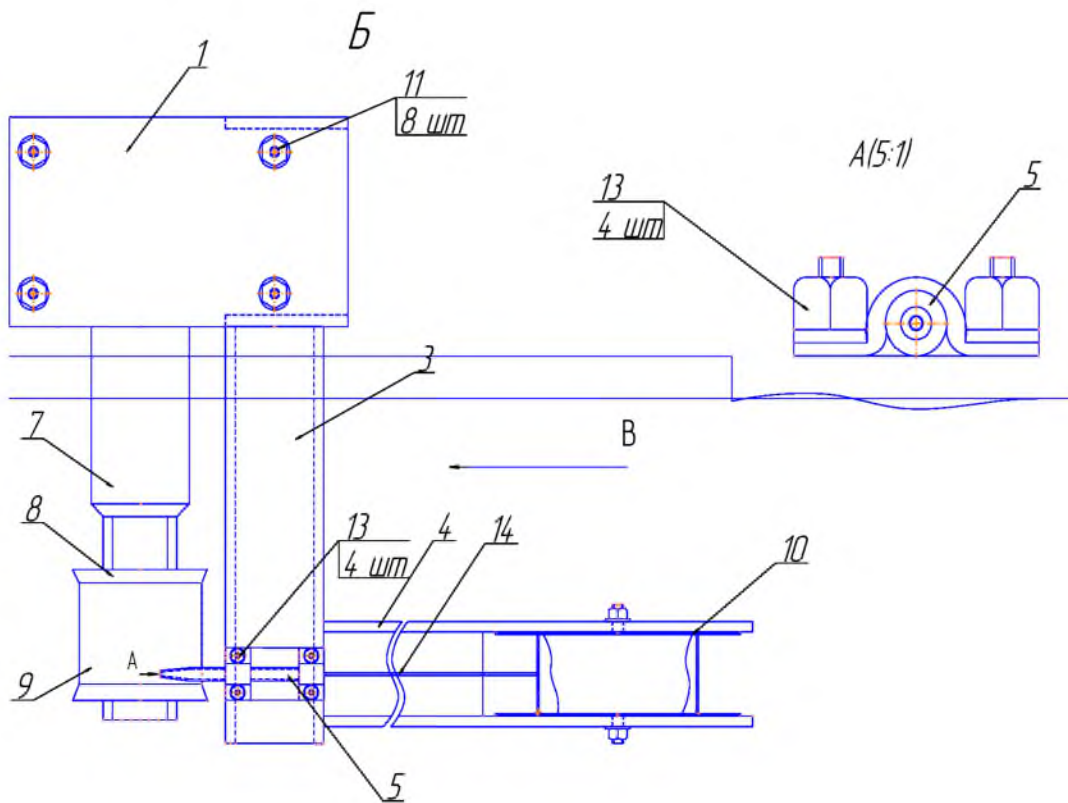
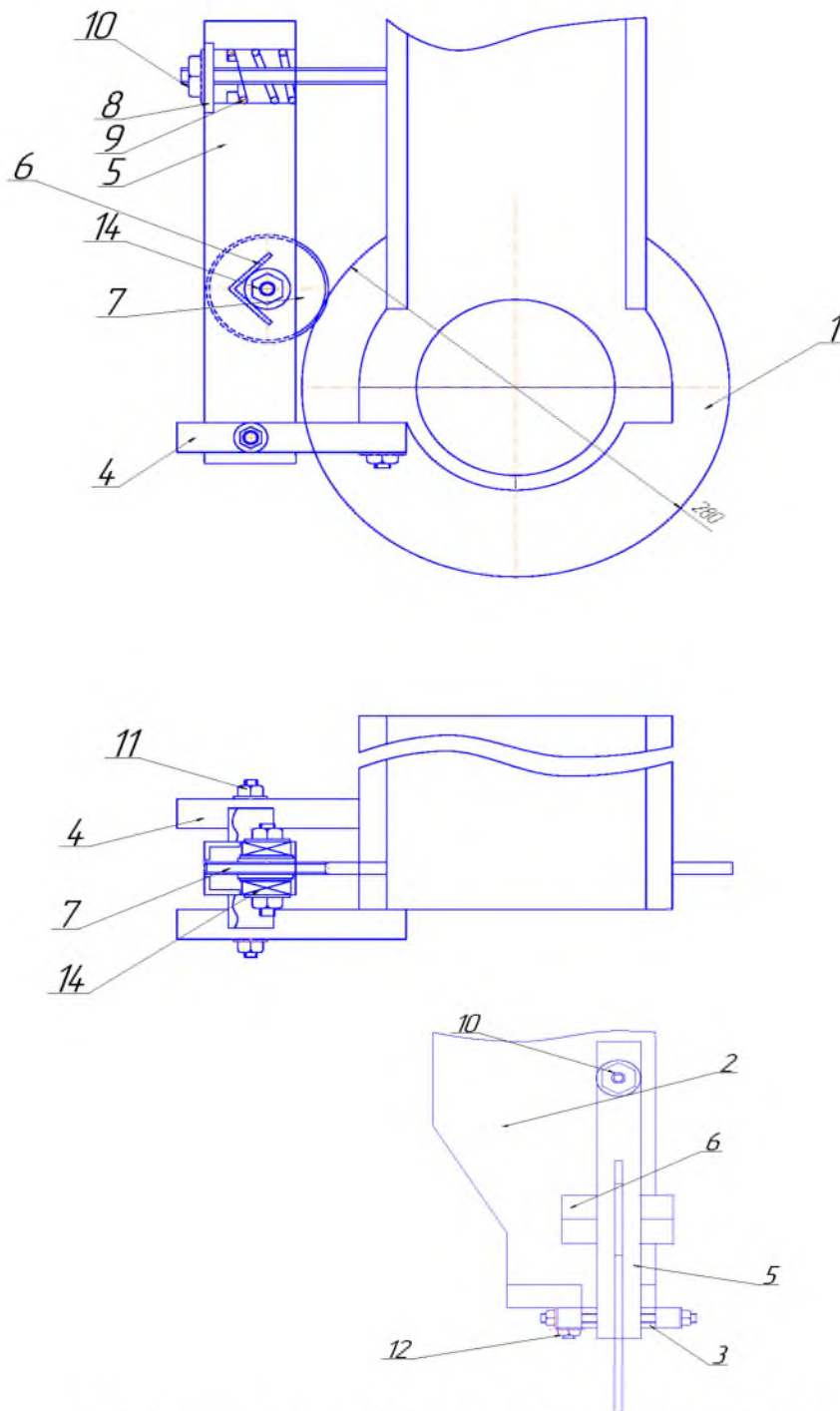


Рисунок 3.2б - Технологическая оснастка



1-Швеллер №16; 2- Швеллер №16; 3-Швеллер №8; 4-Швеллер №8; 5-Подающее устройство; 6-Нижний кронштейн; 7-Нижний хобот; 8-Нижний сварочный ролик; 9- Деталь; 10-Баббина; 11-Гайка; 12-Гайка; 13-Гайка; 14-Проволока; 15-Диэлектрическая пластина; 16-Диэлектрическая пластина.

Рисунок 3.2в - Технологическая оснастка



1-Сварочный ролик; 2-Корпус; 3-Ось; 4-Стержень; 5-Корпус; 6-Уголок; 7-Шарошка; 8-Втулка; 9-Пружина; 10-Регулировочная гайка; 11-Гайка; 12-Гайка; 13-Ось; 14-Подшипник

Рисунок 3.3 - Устройство насечки

3.6 Расчет параметров формирования соединения при электроконтактной наплавке проволоки

Проволока при наплавке испытывает трехмерную пластическую деформацию. В момент осадки часть присадочного металла, находящегося в

пластическом состоянии, выдавливается из-под наплавляющего ролика в сторону, обратную направлению затягивания проволоки в зону сварки. Это приводит к тому, что длина наплавленного валика оказывается существенно больше (на 20-50% в зависимости от технологических параметров режима наплавки) длины проволоки, затраченной на формирование этого валика. Относительное движение горячего присадочного металла по направляемой поверхности в сочетании со значительным давлением инструмента приводит к разрушению, дроблению и выносу плотных оксидных пленок, препятствующих формированию качественного сварного соединения. Таким образом, о качестве (прочности) сварного соединения можно судить по относительной осевой деформации присадочной проволоки при ее наплавке на исследуемом режиме.

В результате каждого термомеханического цикла на поверхность вала наваривается порция металла, которую принято называть единичной площадкой металлопокрытия и представлять в форме прямоугольного параллелепипеда длиной $L_{ед}$, шириной s и высотой δ , причем:

$$L_{ед} = v_0 t_{ц}, \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{\pi \cdot d^2}{4s(1+\varepsilon_y)}, \quad (3.2)$$

где v_0 – окружная скорость вращения вала;

$t_{ц}$ – длительность цикла наплавки;

s – шаг наплавки по винтовой линии.

По выражению определяли без ее непосредственного измерения среднюю толщину наносимого металлопокрытия. Так как при наплавке на поверхности вала формируется тонкое и ровное покрытие с незначительной «чешуйчатостью», то отклонения значений толщины сварного валика от среднего значения пренебрежимо малы.

После осадки проволоки присадочный металл образует с цилиндрическими поверхностями вала и инструмента контактные площадки. В результате можно получить следующие геометрические соотношения:

$$t_1 + t_2 + \delta = d, \quad (3.3)$$

$$\cos \alpha_{1,2} = \frac{(R_{1,2} - t_{1,2})}{R_{1,2}}, \quad (3.4)$$

$$L_{1,2} = R_{1,2} \alpha_{1,2}^{max}, \quad (3.5)$$

Рассмотрим равновесие сил, действующих на присадочный металл от вала и ролика, приняв при этом несколько допущений:

1. Вращение вала и ролика, осевое перемещение присадочной проволоки не учитывается.

2. Действующие в контактах силы трения и сцепления покрытия с основой не учитываются.

3. Давление по контактным площадкам со стороны вала и со стороны ролика является постоянным и равным сопротивлению присадочного материала пластической деформации при его одноосном напряженном состоянии $p = \sigma_T$, т.е. учитывается только гидростатическая составляющая нормальных напряжений.

Площадь элемента на контактной поверхности:

$$dA = R d\alpha 2x = 2 \frac{b}{L} \sqrt{L^2 - R^2 \alpha^2} R d\alpha, \quad (3.6)$$

На элемент, являющийся боковой гранью элементарной призмы, действует малое усилие, равное dP . Горизонтальная составляющая этого усилия:

$$dP_z = \sigma_T 2 \frac{bR^2}{L} \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 - \alpha^2} \cos \alpha d\alpha \quad (3.7)$$

Просуммировав по контактным площадкам элементарные силы dP_z , действующие на присадочный металл как со стороны вала, так и со стороны ролика, получим:

$$\frac{R_1^2}{L_1} \int_0^{\frac{L_1}{R_1}} \sqrt{\left(\frac{L_1}{R_1}\right)^2 - \alpha^2} \cos \alpha d\alpha = \frac{R_2^2}{L_2} \int_0^{\frac{L_2}{R_2}} \sqrt{\left(\frac{L_2}{R_2}\right)^2 - \alpha^2} \cos \alpha d\alpha, \quad (3.8)$$

Для определения длин контактных дуг L_1 и L_2 необходимо решить систему уравнений (3.3-3.8).

Длина L_1 дуги контактной площадки с валом получена в предположении, что деталь не вращается. Фактически длина сварной площадки будет больше, чем L_1 и равна:

$$L_{св} = L_1 + \vartheta_0 t_{и}, \quad (3.9)$$

где $t_{и}$ – длительность импульса тока.

Присадочный металл испытывает также напряжения растяжения, которые можно определить следующим способом. Выделим произвольное поперечное сечение сварной площадки. Положение данного сечения определяются углами, которые связаны соотношением:

$$R_1 \sin \alpha_1 = R_2 \sin \alpha_2 \quad (3.10)$$

На присадочный металл, расположенный выше данного сечения, со стороны вала и со стороны ролика действует растягивающая сила N_y . Ее можно определить, просуммировав осевые составляющие элементарных сил dP , действующих на присадочный металл от вала и инструмента по тем частям контактных площадок, что расположены выше данного сечения. Получим:

$$N_y = 2\sigma_T \frac{b_1 R_1^2}{L_1} \int_0^{\frac{L_1}{R_1}} \sqrt{\left(\frac{L_1}{R_1}\right)^2 - \alpha_1^2} \sin \alpha_1 d\alpha_1 + 2\sigma_T \frac{b_2 R_2^2}{L_2} \int_0^{\frac{L_2}{R_2}} \sqrt{\left(\frac{L_2}{R_2}\right)^2 - \alpha_2^2} \sin \alpha_2 d\alpha_2, \quad (3.11)$$

Площадь произвольного сечения сварной площадки:

$$A_\alpha = f2x = \frac{2fb \sqrt{L_1^2 - \alpha^2 R_1^2}}{L_1}, \quad (3.12)$$

$$f = R_1(1 - \cos \alpha_1) + R_2(1 - \cos \alpha_2) + \delta, \quad (3.13)$$

Если считать, что нормальные напряжения равномерно распределены по поперечному сечению формируемой сварной площадки, то:

$$\sigma_y = \frac{N_y}{A_\alpha}, \quad (3.14)$$

Данная методика расчета позволяет определять основные параметры пластической деформации проволоки и формирования сварного соединения в зависимости от технологических режимов наплавки, материалов и диаметров детали и проволоки.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

Введение

Машиностроение является одним из травмоопасных производств, следовательно, улучшение условий охраны труда имеет огромное социальное и экологическое значение.

В свою очередь производительность труда повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека, экономии общественного труда путем повышения качества продукции, улучшения использования основных производственных фондов, уменьшения числа аварий.

На основе повышения технического уровня производства сокращается применение ручного и тяжелого труда, повышается уровень оснащенности предприятий средствами производственной санитарии, техники безопасности и пожарной безопасности.

Главной задачей является создание безопасного оборудования, технологий и средств транспортировки, т.к. профессиональные заболевания и травматизм сокращается. Здоровье людей часто компенсируется надбавками к заработной плате.

4.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасных условий труда

Объектом разработки является установка для электроконтактной наплавки.

Она включает в себя:

- приспособление для накатки и подающий механизм с проволокой;
- машину контактной шовной сварки.

4.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого участка

Минимальная площадь на каждого рабочего – не менее $4,5 \text{ м}^2$, а объем – 15 м^3 .

Расстояние между оборудованием 1,5 - 2 м, в зависимости от его расположения.

Высота до потолка $H=5 \text{ м}$;

Площадь участка $S=200 \text{ м}^2$;

Объем участка $V=1000 \text{ м}^3$;

Длина участка $B=20 \text{ м}$;

Ширина участка $A=10 \text{ м}$.

Эти данные соответствуют санитарным нормам СП 2.2.1.1312-03

Проектируемый участок может находиться на территории завода, и будет относиться к IV классу вредности.

Ширина санитарной зоны - 50 м.

Здание, в котором находится участок, сверху защищено покрытием, на котором помещена теплоизоляция для поддержания в здании требуемой температуры, а поверх ее - гидроизоляционный слой. Снизу вокруг нагруженных стен делается оснастка с уклоном - 0,03, служащая для отвода дождевых и талых вод от фундамента и цоколя. В стенах здания предусмотрены регулируемые приточные и вытяжные отверстия. Для индивидуальной защиты от вредных паров и пыли у рабочего персонала имеются респираторы.

4.3 Производственная санитария

4.3.1 Микроклимат производственных помещений

На участках производятся работы относящиеся к физическим работам средней тяжести (категории IIa) – работы средней тяжести охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет от 150 до 200 ккал/час (172 – 232 Дж/с), это работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей.

Таблица 4.1 – Микроклимат производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность		Скорость воздуха	
		В раб. зоне		Оптим.	Допуск.	Оптим.	Допуск.
		Оптим.	Допуск.				
Холодный	IIa ккал/ч	18-20	17-23	60-40	75	0,2	0,3
Теплый	IIa ккал/ч	21-23	18-27	60-40	65	0,3	0,2-0,4

Для поддержания необходимой температуры предусмотрена водяная система отопления. Так же в период холодного времени года используются избытки тепла вместе с отоплением. Для установления оптимального микроклимата в здании участка предусмотрена вентиляция.

4.3.2 Освещение

Нормальное освещение создает хорошие условия для работы. На участке используется как искусственное, так и естественное освещение. Естественное освещение обеспечивается через аэрацию. Такой вид естественного освещения относится к верхнему. Значение коэффициента естественного освещения устанавливается в соответствии со СНиП 23-05-95.

Учитывая, что выполняемая на участке работа относится к работам средней точности (разряд зрительной работы IV), принимаем коэффициент естественного освещения КЕО=4.

Размер различаемого объекта от 0,5 до 1 мм.

Принимаем освещенность $E_n=300$ лк.

Согласно СНиП 23-05-95 при выполнении работ I-IV разряда следует применять комбинированную систему освещения.

Рационально спроектированное освещение помещений позволяет повысить качество работы и безопасность труда.

Расчёт общего искусственного освещения.

1. Высота подвеса, м.

$$H_c = H - h_c - h_p, \quad (4.1)$$

где H - высота помещения, $H = 5$ м;

h_c - расстояние от потолка до нижнего края светильника, $h_c = 0,2(H - h_p)$;

h_p - высота рабочей поверхности от пола, $h_p = 0,8$.

$$H_c = 5 - 0,2(5 - 0,8) - 0,8 = 4,96 \text{ м}$$

2. Расстояние между светильниками, м

$$L = H_c(1,4 - 2,0), \quad (4.2)$$

$$L = 4,96 \times 1,5 = 7,44 \text{ м}$$

3. Необходимое минимальное количество светильников

$$N = S/L^2, \quad (4.3)$$

где S - площадь освещенного помещения, $S = 200 \text{ м}^2$.

$$N = 200/7,44^2 = 4 \text{ шт}$$

Светильники располагаем в один ряд.

4. Необходимый световой поток одной лампы, лм

$$F_{л} = E_n \times S \times K_3 \times Z / \eta \times N, \quad (4.4)$$

где S - площадь освещенного помещения - 200 м^2 ;

E_n - нормированное значение освещенности - 300 лк;

Z - коэффициент, учитывающий неравномерность освещения $1,15$;

K_3 - коэффициент, запаса учитывающий эмиссию ламп в процессе эксплуатации, $K_3 = 1,7$;

η – коэффициент использования светового потока – 0,62.

$$F = 300 \times 200 \times 1,7 \times 1,15 / 0,62 \times 4 = 18519 \text{ лм}$$

Индекс помещения:

$$I = S / (H_c(A+B)), \quad (4.5)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м.

$$I = 200 / 2,96(20+10) = 2,25$$

Принимаем к установке светильник «Астра», с лампой НГ – 1000, со световым потоком 18600 лм.

Проверим процент отклонения от необходимого светового потока:

$$[(18600-18519) \times 100] / 18600 = 0,44 \% \text{ что допустимо.}$$

5. Затраты электроэнергии на освещение:

$$W = W_{\text{л}} \times N, \quad (4.6)$$

где $W_{\text{л}}$ – тип лампы;

N – количество светильников.

$$W = 1000 \times 10 = 10 \text{ кВт}$$

Таблица 4.2 – Результаты расчетов

Наименование помещения	Характер зрительной работы и ее разряд	Размер различения, мм	Нормируемое значение КЕО, %		Нормируемая освещенность при искусственном освещении, лк		Тип светильника, марка, мощность, световой поток
			Комб. осв.	Бок. осв.	Комб. осв.	В т.ч. общее	
1	2	3	4	5	6	7	8
Участок для наплавки	Средняя точность IV	От 0,5 до 1,0	750	200	750	200	Астра НГ-1000, 18600 лм

4.3.3 Хозяйственно-питьевое водоснабжение

Общий расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, исходя из норм потребления на 1 человека в смену для цехов: горячих - 45 л, холодных – 25 л. Из них на питьевые нужды - до 5 л и 3 л.

На одну душевую сетку расход воды составляет 500 л/ч, на один кран умывальника расход воды - 180 л/ч.

На рассматриваемом участке работу выполняют 4 рабочих.

Общий расход воды для этого участка приведен в (таблице 4.3).

Таблица 4.3 - Расход воды для проектируемого участка

Цех, участок, отделение	Количество работающих	Потребность в воде, л		
		Для питья	для хоз. целей	всего
Участок	4	12	180	192

4.3.4 Выделение вредных веществ

На данном участке производится 2 вида работ: контактная шовная наплавка, которая не выделяет вредных примесей и механизированная в СО₂ сварка, которая выделяет вредные примеси при сварке. С целью защиты воздуха от наличия вредных примесей применяется местная вытяжка – вентиляция. Устройство этой вентиляции делается в виде местного отсоса.

Количество воздуха, которое нужно удалить с помощью местного отсоса рассчитывается по формуле:

$$L = 3600 \cdot F_o \cdot V_{возд}, \quad (4.7)$$

где F_o - площадь отверстий и неплотностей укрытия – 0,75 м²;

$V_{возд}$ - скорость воздуха в этиках, м/с.

$$V_{возд} = \left(\frac{2,0}{2,5} \right) \cdot V_{вит}, \quad (4.8)$$

где $V_{вит}$ - скорость витания частиц, м/с.

$$V_{вит} = 4,65 \sqrt{d_4 \frac{\rho_4 - \rho_B}{\rho_B}}, \quad (4.9)$$

где d_4 - диаметр частиц твердой фазы - 0,008 мм;

ρ_4 - плотность частиц – 4,5×10⁻³ кг/м³;

ρ_B - плотность воздуха – 1,3 кг/м³.

$$V_{вит} = 4,65 \sqrt{8 \cdot 10^{-6} \frac{(4,5 \cdot 10^{-3}) - 1,3}{1,3}} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$V_{возд} = 2,25 \cdot 0,77 = 1,73 \text{ м/с};$$

$$L = 3600 \cdot 0,75 \cdot 1,73 = 4671 \text{ м}^3.$$

По расходу воздуха $L = 4671 \text{ м}^3$ и напару $H = 100,0 \text{ Па}$ выбираем вентилятор Ц 4-70 №6 с частотой вращения вала двигателя $n = 7,958 \text{ об/с}$.

Определим мощность двигателя, необходимую для рассчитанного расхода воздуха:

$$N_{\text{дв}} = (L \cdot N) / (3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{вент}} \cdot \eta_n), \quad (4.10)$$

где L - количество забираемого воздуха, м^3 ;

N - сопротивление воздуха, кПа ;

$\eta_{\text{вент}}$ - коэффициент полученного действия вентилятора, ($\eta_{\text{вент}} = 0,7$);

η_n - коэффициент полученного действия передачи, принимаемый при размещении вентилятора на одном валу с двигателем, ($\eta_n = 1$).

$$N_{\text{дв}} = (4371 \cdot 100) / (3600 \cdot 102 \cdot 0,7 \cdot 1) = 1,85 \text{ кВт}.$$

По полученной мощности $1,85 \text{ кВт}$ выбираем двигатель 90L2/1425, номинальная мощность $2,2 \text{ кВт}$.

Таблица 4.4 – Токсикологическая характеристика веществ

Наименование веществ, гр вещества на 1 кг материалов	Агрегатное состояние	Характер воздействия на организм человека	ПДК, мг/м^3	Класс опасности по ГОСТ 12.1.005
1	2	3	4	5
Mn 0,14-0,8 Cr 0,02-1,0 SiO ₂ 1,9 CO 2-14 NO ₂ 0,8	Аэрозоль	Отравления, ожоги, изменения цветового зрения, бронхит	4	4

4.3.5 Шум, инфразвук, ультразвук

Объектом, создающим шум в цехе является: машина контактной шовной наплавки.

Шумовые характеристики оборудования: уровень звуковой мощности машины контактной рельефной сварки – 80 дБ .

Допустимый уровень шума равен 99 дБ ГОСТ 12.1003. Уровень шума создаваемый единицей оборудования не превышает допустимую норму, расчет не требуется.

4.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса

4.4.1 Опасность поражения электрическим током

Сборочно-сварочный участок включает в себя различное электрооборудование и электроустановки вследствие этого возникает опасность поражения электрическим током. Поэтому в помещении необходимо поддерживать определенный микроклимат, т.к. сырость, жара, едкая пыль разрушающе действуют на изоляцию.

Участок сборки и сварки относится к помещениям III класса, то есть к помещениям с особо опасным поражением электрическим током. Питающая сеть сварочного оборудования - 300 В, поэтому токоведущие провода надежно изолируются и размещены в закрытых пазах пола. Поверхность оборудования окрашена токонепроводящей краской, токопроводящие части оборудования ограждены. Имеются устройства защитной блокировки и линейной защиты, надписи и таблички в местах поражения током.

Все конструктивные элементы оборудования работающие под напряжением, закрыты защитными кожухами.

На участке используется метод защитного заземления.

Исходные данные к расчету защиты от поражения электрическим током:

- напряжение электроустановок 380 В;
- грунт-глина;
- размеры участка цеха 20x10 м;
- глубина заложения стержней от поверхности земли $H=0,5$ м.

Необходимо произвести расчет заземляющего устройства для электроустановок.

1. Принимаем в качестве заземлителей стержни длиной $l_c=3$ м из стальных труб диаметром $d=50$ мм. Соединение заземлителей производим на сварке стальной полосой шириной $b=40$ мм.

2. Удельное сопротивление грунта с учетом сезонных колебаний влажности для вертикальных стержней определяем по формуле, Ом.м:

$$\rho_{o.c} = \psi * \rho_o, \quad (4.11)$$

где ρ_o – удельное сопротивление грунта - 40, Ом*м;

ψ – коэффициент сезонности, $\psi = 1,5$.

$$\rho_{o.c} = 1,5 * 40 = 60 \text{ Ом*м}$$

3. Сопротивление растеканию тока с одиночного стержня, Ом:

$$R_c = (\rho_{o.c}/2\pi \cdot l_c)(\ln(2 \cdot l_c/d) + 0,5 \ln(4t+l_c)/(4t-l_c)), \quad (4.12)$$

где l_c – длина стержня - 3м;

d – диаметр стержня из трубы – 0,05 м;

t – расстояние, от поверхности земли до середины стержня - 2 м.

$$R_c = (40/2 \cdot 3,14 \cdot 3) \cdot (\ln(2 \cdot 3/0,05) + 0,5 \ln(4 \cdot 2 + 3)/(4 \cdot 2 - 3)) = 24,4 \text{ Ом}$$

4. Предварительное количество заземлителей, шт

$$n_{пр} \eta_c = R_c/R_3, \quad (4.13)$$

где R_3 – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства в соответствии с ПУЭ - 4, Ом;

η_c – коэффициент использования вертикальных стержней.

$$n_{пр} = 24,4/4 = 6 \text{ шт}$$

5. Исходя из условий заложения заземляющего устройства (размеры площадки, размещение стержней по контуру) находим длину соединительной полосы, м:

$$l_n = 2 \cdot 36 + 2 \cdot 17,5 = 136 \quad (4.14)$$

$$\lambda = 136/6 = 22,3 \quad (4.15)$$

$$\lambda/l_c = 22,3/3 = 7,4 \quad (4.16)$$

где λ - расстояние между стержнями, м.

6. Определим удельное сопротивление грунта для соединительной полосы, Ом*м:

$$\rho_{c.n} = \psi \cdot \rho_o, \quad (4.17)$$

$$\rho_{c.n} = 40 \cdot 3 = 120 \text{ Ом*м}$$

7. Сопротивление растеканию тока с соединительной полосы, Ом:

$$R_n = [\rho_{o.n} \cdot (2\pi \cdot l_n)] \cdot \ln[(2l_n^2)/(b \cdot H)], \quad (4.18)$$

где b - ширина полосы, м;

H - глубина заложения полосы от поверхности земли, м;

$l_{\text{п}}$ – длина полосы, м.

$$R_n = [120(2 \cdot 3,14 \cdot 136)] \cdot \ln[(2 \cdot 136^2)/(0,04 \cdot 3)] = 2 \text{ Ом}$$

8. Определим коэффициент использования вертикальных стержней и коэффициент использования соединительной полосы, /10, табл. 3,6; 3,7/

Принимаем: $\eta_c = 0,07$, $n_{\text{пр}} = 0,85$

9. Результирующее сопротивление заземляющего устройства, Ом:

$$R_{\text{зy}} = (R_c \cdot R_n)/(R_c \cdot \eta_{\text{п}}) + (R_{\text{п}} \cdot n_{\text{пр}} \cdot \eta_c), \quad (4.19)$$

$$R_{\text{зy}} = (24,4 \cdot 2)/(24,4 \cdot 0,85) + (2 \cdot 6 \cdot 0,07) = 1,65 \text{ Ом}$$

$1,65 \leq 4$ условие соблюдается.

Уточним количество стержнем, шт

$$n = (n_{\text{пр}} \cdot \eta_c) / \eta_c, \quad (4.20)$$

$$n = 6 / 0,85 = 7$$

Стержни размещаем по периметру цеха.

4.4.2 Опасность травмирования движущимися частями машин и механизмов

Подвижные части контактной машины являются опасными объектами. В связи с этим принимаем следующие меры:

1. Для выведения рук рабочего из опасной зоны возможность включения контактной машины обеспечивается на безопасном расстоянии.

2. Ограждение рабочего места от подвижных частей и механизмов, заземление корпуса контактной машины.

3. Также в систему включается предохранительное оборудование (клапаны) во избежание прорыва пневмошлангов и выхода из строя пневмоцилиндра.

4.4.3 Опасность термического ожога

К опасным вредностям можно отнести:

1. Прикосновение к горячим частям изделия и электродов.

2. Выплеск брызг расплавленного металла.

Во избежание ожогов необходимо обеспечить работающих средствами индивидуальной защиты - защитными очками и спецодеждой (рукавицы, шапочка, куртка с брюками или фартук и спецобувь)

4.4.4 Вибрация

Машины и оборудование, используемое в технологических процессах, являются источником вибрации, которые в свою очередь по грунту передаются фундаментам рядом расположенных зданий, вызывая колебания различных конструкций. К источникам вибрации в жилой застройке можно отнести компрессоры, насосы и т.д.

Вибрация в жилой застройке зависит от частоты вынужденных колебаний, характера вибрации, времени суток, длительности воздействия вибрации.

Защита от вибрации в жилой застройке может предусматриваться следующим образом:

- при проектировании жилой застройки рассчитывается уровень вибрации от источника в предполагаемом месте строительства на допустимом расстоянии, где вибрация не превышает установленные нормы;

- при сформировавшейся жилой застройке обеспечить нормируемую вибрацию расстоянием возможности не предоставляется, поэтому защита от вибрации обеспечивается путем виброизоляции источника вибрации.

В качестве виброизоляторов используют стальные пружины, рессоры, пневматические системы. Виброизоляторы размещают в четырех точках по углам прямоугольника. В необходимых случаях устанавливают дополнительные виброизоляторы симметрично относительно центра тяжести оборудования.

Виброизолирующие основания под оборудование должны обеспечивать эффективность акустической виброизоляции.

Параметры вибрации определяем опытным путем в соответствии с ГОСТ 12.1.012 ССБТ «Вибрация. Общие требования к проведению измерений». В нашем случае снижение уровня вибрации не требуется так как она не превышает предельно-допустимой нормы $80\text{дБ} \leq 99\text{ дБ}$.

4.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций

4.5.1 Предупреждение аварий технологического оборудования

При работе на контактной машине следить за правильной работой охлаждения машины, во избежание перегрева электродов и вторичной обмотки трансформатора.

Следить за емкостями смазывающими подвижные части машины, во избежание заклиниваний и перекосов.

4.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности

По пожаробезопасности участок относится к категории «Г».

Источники зажигания:

- брызги расплавленного металла;
- замыкание электропроводки.

Горючие вещества не применяются.

В качестве средств пожаротушения используются огнетушители типа ОУ2А, ОУ5 и т.п. или порошковые огнетушители с составом ПСБ-3, также на участке имеется лом, багор, ведро, комплект для резки электрических проводов, асбестовое полотно, лопата, лопата совковая, рукав пожарный, защитный экран 1,4×2 м, стойка для экранов, бак с песком.

В целях избегания возгорания, следует исключить попадание брызг расплавленного металла на горючие материалы. Все электрические цепи питаются через предохранительные щиты.

4.5.3 Обеспечение устойчивости объекта

На стадии проектирования генерального плана предприятия в соответствии со строительными нормами и правилами разрыва между производственными зданиями и сооружениями, в зависимости от их огнестойкости, составляют 9-18 м. Склады горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей проектируют в подземных или полузаглубленных сооружениях на расстоянии 100 м от производственных объектов. Взрывоопасные объекты располагают с подветренной стороны по отношению к помещениям категории Г и Д. На территории предприятия предусматривают убежища для персонала от средств массового поражения.

Наружные сети противопожарного водоснабжения закольцовывают и прокладывают не ближе 5 м от стен здания (за пределами зоны возможного обрушения конструкций здания) и не далее 2 м от дорог (проездов). В этой зоне запрещается парковка автомобилей.

Тупиковые линии водоснабжения допускаются длиной не более 50 м. Диаметр трубопроводов для таких линий принимают не менее 100 мм. Пожарные гидранты на водопроводной сети располагают на расстоянии не более 100 м друг от друга.

4.6 Экологичность проекта

4.6.1 Контактная шовная сварка выделяет незначительное количество вредных веществ, поэтому специальных средств очистки не требуется.

Сварка в среде CO₂ используется только для приварки приспособлений.

В сварочном производстве выделения вредных веществ определяют по расходу сварочных материалов:

$$G = q \cdot D, \tag{4.21}$$

где q - удельное выделение вредных веществ – 15 г/ч;

D - расход сварочных материалов – 0,82 кг/ч.

Таблица 4.5 - Удельное выделение загрязняющих веществ при сварке (в г/кг расходуемых сварочных материалов).

Вид сварки	Сварочный аэрозоль, всего	В том числе				
		Окислы марганца Mn	Окислы хрома Cr	Соединения кремния SiO ₂	Окись углерода CO	Окись азота NO ₂
В среде CO ₂	4,4-15,0	0,14-0,8	0,02-1,0	До 1,9	2-14	0,8

Всего 15 г/кг

$$G = 15 * 0,82 = 12,3 \text{ г/ч}$$

В виду малого расхода сварочных материалов небольшого значения выделения вредных примесей, очистка воздуха от мелких частиц не требуется.

Отходами являются: куски проволоки.

Массу отходов определяем по формуле:

$$G_{отх} = G \left(\frac{1}{K_{исп}} - 1 \right) П, \quad (4.22)$$

где G - масса проволоки – 26 гр;

K_{исп} - коэффициент использования материала – 0,91;

П - программа выпуска изделий – 5000 шт.

$$G_{отх} = 26 \left(\frac{1}{0,91} - 1 \right) 5000 = 1285 \text{ кг/год.}$$

Полученные отходы получают в виде шлака, который безвреден для окружающей среды. Все отходы от электродов, проволоки, шлаки собирают в метало - приемник и передают на переплавку.

Таблица 4.6 – Результаты расчетов

Операции по технологическому процессу	Вид отходов	Количество, т/сутки
Приварка приспособлений	Куски проволоки Шлак	0,0046

4.6.2 Для очистки воздуха и крупных частиц пыли используем комплекс передвижной механический самоочищающийся, он предназначен для очистки воздуха загрязненного различного рода сухой пылью, сварочным

аэрозолем и прочими сухими загрязнителями воздуха и в металлургии. Кассета фильтра очищается автоматически, без остановки процесса фильтрации.

Таблица 4.7 – Параметры самоочищающейся установки

Параметры	Значение
Максимальный расход воздуха, м ³ /ч	1200
Активная фильтрующая поверхность, м ²	15
Потребляемая мощность, кВт	1,1
Давление сжатого воздуха, атм	5
Уровень шума, дБ	60
Степень очистки, %	92
Габаритные размеры, мм	1300*650*610
Масса, кг	250

Определим содержание пыли и аэрозоля в кассете комплекса по формуле:

$$C = \frac{G \left(1 - \frac{E}{100} \right)}{L}, \quad (4.23)$$

где G - количество пыли и аэрозоля, поступающего в пылеулавливающее устройство, мг/ч;

E – степень очистки воздуха в пылеулавливающем устройстве, %;

L – производительность вентиляционной системы по воздуху, м³/ч.

$$C = \frac{12,3 \left(1 - \frac{92}{100} \right)}{1200} = 0,08 \text{ мг/м}^3$$

Так как содержание аэрозоля и пыли после очистки не превышает ПДВ $0,08 \leq 2$ применять вторую ступень очистки для улавливания мелкодисперсной пыли не требуется.

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Введение

Эффективность новых изделий закладывается на начальных этапах процесса создания и освоения новой технологии (СОИТ), с первых шагов формирования концептуальных основ новой техники. Технико-экономический анализ должен быть органическим элементом процессов разработки и проектирования новой техники, направленным на повышение экономической эффективности инженерных решений, принимаемых в процессе СОИТ.

5.1 Последовательность проведения технико-экономического анализа

Необходимость тех или иных расчётов при проведении технико-экономического анализа определяется характером работы и особенностями объекта проектирования. Возможна такая последовательность:

1. Выбор номенклатуры основных параметров и показателей, подлежащих технико-экономическому анализу; построение модели взаимосвязи этих параметров и показателей.

2. Выявление возможных альтернативных вариантов конструкции; морфологический анализ вариантов.

3. Выбор оптимального решения (в том числе: выбор базовой модели и критерия оптимальности; расчёт комплексного показателя технического уровня (КПТУ) и затрат на производство и эксплуатацию как функций её технических и конструктивных параметров).

4. Расчёт цены с учётом КПТУ; сравнение её с ценой, определяемой на основе затрат; выводы.

5. Общие выводы.

5.2 Выбор номенклатуры основных показателей и параметров

Общие требования:

- повышение производительности (повышение чувствительности и избирательности входных устройств, трактов и разрешающей способности индикаторных устройств, увеличение объёма памяти ЭВМ и скорости вычислений и т.д.);

- повышение экономичности изделия за счёт увеличения надёжности, снижения потребляемой мощности, уменьшения массогабаритных характеристик, микроминиатюризации;

- развитие основных принципов построения (функциональность и унификация) и интеграция;

- разработка конструкций с использованием принципов автоматического управления;

- повышение технологичности, направленной на удешевление производства новой техники и улучшение эксплуатационно-ремонтных характеристик;

- повышение уровня помехозащищенности и помехоустойчивости.

Степень реализации этих требований определяет качество и технический уровень изделия. Качество изделия – это совокупность свойств, обусловленных его пригодностью удовлетворять определённые потребности в соответствии с назначением. Свойство – объективная особенность изделия, проявляющаяся при его создании или эксплуатации. Количественные характеристики свойства, определяющего качество, называются показателями качества.

На практике (в различных отраслях машиностроения) рассматривают обычно следующие группы частных показателей качества: технико-экономические (назначения); конструктивно-технологические; стандартизации и унификации; технической эстетики; эргономики и техники безопасности; патентно-правовой защиты.

Технико-экономические показатели характеризуют степень соответствия изделий их функциональному назначению и условиям эксплуатации. Состав этих показателей чрезвычайно разнообразен. Имеются показатели универсальные, т.е. свойственные многим видам техники (масса, долговечность, надёжность, ремонтпригодность и др.), а также специфические, определяемые особенностями назначения данного вида техники (мощность, скорость, быстрдействие, точность измерений и т.д.). В основном именно эта группа показателей определяет размеры того или иного эффекта (в том числе экономического) при эксплуатации новой техники.

Конструктивно-технологические показатели (форма и габаритные размеры деталей, варианты компоновки, материалоёмкость и т.д.) характеризуют степень использования прогрессивных технологических процессов, материалов и оборудования. Эта группа показателей определяет, главным образом, затраты на производство изделий.

Показатели стандартизации и унификации определяют уровень использования типовых технических решений и технологических процессов, сокращённой номенклатуры комплектующих изделий. Повышение уровня стандартизации и унификации снижает затраты на разработку (заимствование, типизация и т.п.), производство (повышение серийности, использование готовой оснастки и приспособлений и т.д.), эксплуатацию (улучшение обеспечения запасными частями и снижение затрат на ремонт). Высокий уровень стандартизации и унификации обеспечивает рост экономического эффекта от использования результатов НИОКР.

Показатели эргономики и техники безопасности определяют уровень комфорта эксплуатации, обслуживания и ремонта техники, соответствие её параметров требованиям техники безопасности и промышленной санитарии. Эти показатели (шумы, вибрация, загазованность и т.д.) существенным

образом влияют на уровень производительности труда работников, обслуживающих технику.

Показатели технической эстетики определяют соответствие формы изделия его функциям, оригинальность и композицию технического и художественного решений. Разработка, соответствующая требованиям художественного конструирования, конкурентоспособна, следовательно, экономична.

Все рассматриваемые показатели качества взаимосвязаны. Например, повышение мощности ведёт к увеличению массы источника электропитания и приборов охлаждения, т.е. к росту массогабаритных характеристик, а, следовательно, и себестоимости. Снижение массы изделия, как правило, сопряжено с усложнением (ростом трудоёмкости) его изготовления. От уровня надёжности изделия, обусловленного конкретным вариантом конструкции, зависит величина затрат на текущие ремонты; изменение потребляемой мощности влечёт за собой изменение затрат на электроэнергию в сфере эксплуатации; автоматизация управления ведёт к уменьшению расходов на заработную плату операторов и т.п. Выявление таких зависимостей – одна из задач параметрического технико-экономического анализа.

Соответственно объекту проектирования студент формирует систему основных параметров и показателей; все взаимосвязи рассматриваемых параметров должны быть представлены в виде схемы, показывающей, на какой стадии и каким образом можно влиять на уровень производственных и эксплуатационных затрат.

5.3 Выбор оптимального варианта конструкторского решения

Эффективность конструкторских решений определяется прежде всего техническим уровнем создаваемой техники.

Технический уровень изделия – это относительная характеристика качества, получаемая в результате сопоставления значений показателей качества оцениваемого изделия и базового.

В качестве базовых при этом используют: показатели качества, соответствующие действующим стандартам, показатели качества перспективных образцов, а также отечественной и зарубежной техники, принятой в качестве базовой модели (БМ).

Относительные единичные показатели качества рассчитывают по формулам:

$$q_i = \frac{P_{ni}}{P_{\delta i}} \quad \text{или} \quad q_i = \frac{P_{\delta i}}{P_{ni}}, \quad (5.1)$$

где P_{ni} , $P_{\delta i}$ - абсолютные значения i -го показателя качества соответственно новой и БМ.

Для расчёта выбирают формулу, при использовании которой увеличение относительного показателя соответствует улучшению качества изделия. Например, сравнивая изделия по массе, следует использовать формулу:

$$q_i = \frac{P_{\delta i}}{P_{ni}} \quad (5.2)$$

если масса базовой модели составляет, например, 12 кг, а масса проектируемой – 4 кг, то относительное значение этого параметра составит:

$$q = \frac{12}{4} = 3$$

при сопоставимости других параметров в этом случае можно говорить о более высоком техническом уровне проектируемой модели). Сравнивая изделия по производительности, чувствительности и др., следует использовать формулу:

$$q_i = \frac{P_{ni}}{P_{\delta i}} \quad (5.3)$$

(например, если число часов наработки на отказ для проектируемой модели составляет 2500 час., а для БМ – 200 ч., то:

$$q = \frac{2500}{2000} = 1,25$$

$$\text{или } q_1 = \frac{72}{67} = 1,07 \quad \text{- номинальный коэффициент трансформации;}$$

$$q_2 = \frac{335}{305} = 1,09 \quad \text{- номинальный первичный ток;}$$

$$q_3 = \frac{148}{126} = 1,17 \quad \text{- номинальная мощность;}$$

$$q_4 = \frac{1500}{1350} = 1,11 \quad \text{- масса машины.}$$

Технический уровень проектируемой модели можно оценить с учётом всей совокупности параметров изделия, рассчитав комплексный показатель технического уровня (КПТУ):

$$КПТУ = \sum_{i=1}^n \alpha_i q_i, \quad (5.4)$$

где α_i – коэффициент весомости (значимость) i -го параметра модели;
 n – количество показателей качества модели.

КПТУ не может служить критерием оптимальности конструкторского решения, так как критерием должен быть обязательно показатель эффективности соизмеряющий полученные результаты (технический уровень модели) с затратами на достижение этого результата:

$$U = \frac{Z_{пр}}{КПТУ} \rightarrow \min, \quad (5.5)$$

где U – интегральный показатель качества изделия, характеризующий уровень затрат на достижение определённого технического уровня модели;
 $Z_{пр}$ – приведённые затраты на изготовление и эксплуатацию модели.

Наиболее экономичным (оптимальным) будет признан вариант, характеризующийся минимальным значением U .

На ранних стадиях проектирования, когда очень сложно или невозможно рассчитать $Z_{пр}$, критерием эффективности может служить и сам КПТУ, но при этом в число показателей качества q_i необходимо включить не только технические, но и известные на момент разработки экономические показатели (прогнозируемая себестоимость модели, затраты на разработку и др.). Из рассматриваемых вариантов наиболее экономичным будет тот, которому соответствует максимальный КПТУ.

5.3.1 Расчёт КПТУ

Оценка технического уровня изделия начинается с отбора базовой модели.

Для оценки изделия, находящегося в стадии исследования или разработки, БМ формируется с учётом тенденции и прогнозов развития направлений техники, требований технического задания в целях обеспечения опережения или соответствия оцениваемого изделия мировому уровню.

На стадии изготовления изделия за базовую принимается аналогичная по функциональному назначению лучшая из отечественных или зарубежных видов продукция.

В случае отсутствия аналогов или отдельных показателей качества, их значения определяются ТЗ и результатами проводимых исследований.

КПТУ базовой модели принимается равным 1.

При расчёте КПТУ важно определить коэффициенты весомости v_i , отражающие значимость, степень влияния i -го параметра на величину полезного эффекта. Наиболее распространён метод определения v_i на основе экспертных оценок.

На первом этапе этой процедуры необходимо составить систему сравнения показателей качества изделия по критерию влияния их на величину полезного эффекта (достижение высокого технического уровня изделия). например, эксперт (студент) считает, что по этому критерию параметры изделия оцениваются следующим образом:

$$x_1 < x_2 ; x_1 = x_3 ; x_1 < x_4 ; x_2 > x_3 ; x_2 < x_4 ; x_3 < x_4 ; \quad (5.6)$$

Здесь $x_1 ; x_2 ; x_3 ; x_4$ - соответственно масса изделия, чувствительность, эргономика и надёжность. В выражении « $x_2 > x_1$ » знак «>» указывает на то, что, по мнению эксперта, чувствительность данного изделия является более важным, с точки зрения конечного эффекта, показателем, чем масса. Знак «<» в выражении, например « $x_3 < x_4$ », говорит о меньшей значимости эргономики по сравнению с надёжностью. Знак «=» указывает на равнозначность, по мнению эксперта, сравниваемых параметров.

Сравнив попарно все параметры, подлежащие анализу, строят квадратную матрицу смежности (таблица 5.1), где знаки «>», «=» и «<» заменяют коэффициентами предпочтительности a_i (соответственно: 1,5; 1,0; 0,5).

Последовательно находят абсолютные значимости v_i параметров, затем нормированием – относительные v_i (вычисляются в долях единицы). При расчёте v_i каждая строка в матрице умножается на вектор-столбец $\sum_i a_i$. Например, для соотношений, представленных в табл. 5.1

Нормированные значения коэффициентов весомостей v_i получают делением v_i на $\sum v_i$:

$$v_1 = \frac{11,0}{59,5} = 0,185 ; \quad v_3 = \frac{16,25}{59,50} = 0,273 ; \quad (5.7)$$

$$v_2 = \frac{11,0}{59,5} = 0,185 ; \quad v_4 = \frac{21,25}{59,50} = 0,357$$

Результаты расчёта относительных показателей качества q_i проектируемого изделия и коэффициентов весомостей v_i сводят в таблице 5.2.

Если новое изделие более совершенно по сравнению с базовым, рассчитанный подобным образом КПТУ её будет больше единицы. Если величина КПТУ меньше единицы, необходим анализ технических показателей ТЗ.

Таблица 5.1 - Матрица смежности параметров установки

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	$\sum_i a_i$	ϵ_i	ϵ_i
X ₁	1,0	0,5	1,0	0,5	3,0	11,0	0,185
X ₂	1,5	1,0	1,5	0,5	4,5	16,25	0,273
X ₃	1,0	0,5	1,0	0,5	3,0	11,0	0,185
X ₄	1,5	1,5	1,5	1,0	5,5	21,25	0,357
Σ						59,5	1,0

$$B_1=1,0*3,0+0,5*4,5+1,0*3,0+0,5*5,5=11,0;$$

$$B_2=1,5*3,0+1,0*4,5+1,5*3,0+0,5*5,5=16,25;$$

$$B_3=1,0*3,0+0,5*4,5+1,0*3,0+0,5*5,5=11,0;$$

$$B_4=1,5*3,0+1,5*4,5+1,5*3,0+1,0*5,5=21,25.$$

Таблица 5.2 - Данные расчёта КПТУ проектируемой установки.

Номенклатура основных параметров	Единица измерений	Значения параметров		ϵ		ϵ
		Базовой модели	Нового изделия			
Номинальный коэффициент трансформации		67	72	1,07	0,185	0,197
Номинальный первичный ток	А	305	335	1,09	0,273	0,297
Номинальная мощность	кВ·А	126	148	1,17	0,185	0,216
Масса машины	кг	1500	1350	1,11	0,357	0,396
КПТУ					1,0	1,106

5.3.2 Расчёт затрат на производство и эксплуатацию изделия.

Приведение затраты $Z_{пр}$ на производство и эксплуатацию изделия рассчитывают по формуле:

$$Z_{пр}=I+E_n K, \quad (5.8)$$

где I – эксплуатационные издержки или затраты на эксплуатацию изделия, руб/год;

E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности;

K – капитальные вложения в технику, руб.

Главный элемент капитальных вложений потребителя – цена изделия

$Ц_n$:

$$K = Ц_n + \kappa_M + \kappa_{тр}, \quad (5.9)$$

где κ_M и $\kappa_{тр}$ – коэффициенты, учитывающие затраты соответственно на монтаж и транспортировку техники; κ_M обычно составляет 8-15% от $Ц_n$;

$\kappa_{тр}$ – 3-5% от $Ц_n$.

Основным элементом при разработке оптовой цены изделия является её себестоимость C_n :

$$Ц_n = C_n + П, \quad (5.10)$$

где $П$ – нормативная прибыль на одно изделие, руб;

$$П = \frac{H(C_n - C_m)}{100};$$

H – норма рентабельности (норматив образования прибыли), %.

Нормативы рентабельности на продукцию приборостроения следующие, %: приборная продукция – 50; вычислительная техника – 50; товары широкого потребления – 70.

C_m – сумма прямых материальных затрат в себестоимости изделия (сырьё, материалы, комплектующие изделия), руб.

Себестоимость изделия – это затраты, связанные с его изготовлением (включая разработку) и реализацией. На ранних этапах проектирования, когда известны лишь те параметры и показатели изделия, которые представлены в техническом задании, C_n можно определить лишь прогнозированием.

Расчёты себестоимости при разработке технического задания и эскизном проектировании проводят чаще всего одним из следующих методов: по удельным показателям; удельным весовым затратам; балльным методом, корреляционным зависимостям.

При расчёте себестоимости по удельным показателям исходят из положения, что затраты на производство изделия изменяются пропорционально изменению его определяющих параметров (например, веса, мощности, быстродействия и т.д.). На базе статистических данных об изделиях-аналогах устанавливают зависимости между их себестоимостью C_a и значением определяющего параметра P_a , а затем укрупнено определяют удельную себестоимость выбранного параметра:

$$C_{уд} = \frac{C_a}{P_a}, \quad (5.11)$$

Тогда себестоимость разрабатываемого изделия определяется как произведение удельной себестоимости параметра на величину определяющего параметра P_n нового изделия: $C_n = C_{уд} \cdot P_n$.

При использовании метода удельных весовых затрат прямым способом рассчитывают те затраты, которые достаточно точно можно рассчитать на этапе ОКР (например, на основные материалы и комплектующие изделия – C_m), затем определяют удельный вес таких же затрат ($\kappa_{уд}$, %) в себестоимости изделия-аналога.

Полагая, что и в себестоимости нового изделия эти затраты C_m будут иметь тот же удельный вес, определяют себестоимость нового изделия:

$$C_n = \frac{C_m \cdot 100}{\kappa_{уд}} \quad (5.12)$$

Балльный метод расчёта себестоимости заключается в том, что основные технические и эксплуатационные характеристики изделия-аналога и нового изделия оценивают экспертным путём, условными баллами. Каждый параметр оценивают в 1-5 баллов в зависимости от его прогрессивности, качества, уровня выполнения соответствующих функций (например, надёжность изделия-аналога оценивается в 2 балла, а более надёжного нового изделия – в 24 балла и т.д.). Экспертным же путём устанавливают значимость, приоритетность каждого параметра в группе параметров изделия. Степень значимости параметра определяется в долях единицы, общая сумма значимостей параметров изделия составляет единицу. Баллы, установленные по каждому параметру (с учётом их значимости), суммируют. Делением себестоимости аналога-аналога C_a на сумму баллов, соответствующую его техническим характеристикам, определяют ценностный множитель κ_s :

$$\kappa_s = \frac{C_a}{\sum_{i=1}^n a_i x_{ia}}, \quad (5.13)$$

где a_i – степень значимости i -го параметра нового изделия в баллах.

Этот метод более точен, чем два предыдущих, но также может применяться лишь при укрупнённых, ориентировочных расчётах.

Метод расчёта себестоимости на основе корреляционных зависимостей предполагает наличие функциональной связи между технико-эксплуатационными или конструктивно-технологическими параметрами a_n и себестоимостью изделия C_n :

$$C_n = \rho(a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (5.14)$$

При достаточном числе аналогов и обширной статистической базе этот метод даёт хорошие результаты. Таким же образом можно устанавливать зависимости и между другими видами затрат (например, эксплуатационными расходами) и техническими характеристиками изделия.

На стадии технического проектирования себестоимость изделия находят агрегатным методом укрупнённых нормативов.

При использовании агрегатного метода C_n рассчитывают по формуле:

$$C_n = \sum_{i=1}^n C_3 + \sum_{i=1}^m C_{op} + \kappa_n + Z_{об}, \quad (5.15)$$

где C_3, C_{op} – себестоимости соответственно заимствованного и оригинального блоков, узлов, агрегатов, руб;

n, m – количество соответственно заимствованных и оригинальных блоков, узлов, агрегатов;

$Z_{об}$ – затраты на сборку, монтаж, регулировку, руб.

$$Z_{об} = 0,15 \left(\sum_{i=1}^n C_{op} \cdot \kappa_n + \sum_{i=1}^n C_3 \right), \quad (5.16)$$

где κ_n – коэффициент новизны элементной базы, учитывающий увеличение затрат на производство нового блока в зависимости от новизны элементной базы, заложенной в проектируемый блок;

C_3 - определяется по фактическим данным или методом укрупнённых нормативов;

$C_{пр}$ – приведёнными выше методами прогнозирования себестоимости.

Метод укрупнённых нормативов применяется при определении себестоимости изделия, когда известны данные о составе материальных затрат (материалов и комплектующих изделий), предназначенных для использования в новом изделии.

Затраты на основные материалы можно рассчитать по формуле:

$$C_{м.о} = \sum_{i=1}^n (H_{моi} \cdot \Pi_{моi} \cdot \kappa_{мпз} - g_{oi} \cdot \chi_{oi}), \quad (5.17)$$

где $H_{моi}$ – потребность в i -м материале, кг/шт;

$\Pi_{моi}, \chi_{oi}$ – соответственно оптовая цена материала и цена реализуемых отходов, руб/кг;

$\kappa_{мпз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы; $\kappa_{мпз}$ принимают равным 1,03-1,05; g_{oi} – количество реализуемых отходов i -го материала, кг.

В укрупнённых расчётах допускается принимать стоимость возвратных отходов ($g_{oi} \cdot \chi_{oi}$) в размере 10-20% от стоимости основных материалов.

Цены на материалы принимают на основе прейскурантов оптовых цен.

Затраты на вспомогательные материалы $C_{м.в}$ при укрупнённых расчётах принимают в размере 10-15% от стоимости основных материалов. Общая величина затрат на материалы $C_{м.} = C_{м.о} + C_{м.в}$.

Затраты на комплектующие изделия определяют по их потребному количеству и оптовым ценам на них:

$$C_{к.н} = \sum_{i=1}^n H_{к.иi} \cdot \Pi_{к.иi} \cdot K_{пр.з}, \quad (5.18)$$

где $H_{к.иi}$ – потребность в i -м виде комплектующих изделий, шт (комплекты);

$\Pi_{к.иi}$ – оптовая цена i -го вида комплектующих изделий, руб.;

$\Pi_{к.иi}$ определяется по соответствующему прейскуранту.

На основе данных о стоимости материалов и комплектующих изделий $C_{м}$ и $C_{к.н}$ можно укрупнено определить себестоимость проектируемого изделия:

$$C_{н} = \{ [C_{м} + C_{к.н} + C_{озп} (1 + \frac{K_{озн} + K_{к} + K_{пр} + K_{о}}{100})] * (1 + \frac{K_{осв}}{100}) \} \cdot (1 + \frac{K_{вн}}{100}), \quad (5.19)$$

где $C_{озп}$ – основная заработная плата производственных рабочих руб;

$K_{о}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (10-12% от $C_{озп}$) и отчисления на социальное страхование (14% от суммы основной и дополнительной заработной платы);

$K_{озн}$ – коэффициент, учитывающий возмещение износа спецоснастки и инструмента;

$K_{к}$ – коэффициент, учитывающий косвенные расходы (на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы);

$K_{пр}$ – коэффициент прочих расходов;

$K_{осв}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в централизованный фонд освоения новой техники; размер отчислений установлен равным 4-7% от производственной себестоимости;

$K_{вн}$ – коэффициент, учитывающий внепроизводственные расходы, в % к производственной себестоимости. $K_{вн}$ в среднем по отрасли можно принять равным 10.

Основная заработная плата рабочих, занятых изготовлением изделия может быть определена методом удельных весов:

$$C_{озп} = (C_{м} + C_{к.н}) \cdot \frac{K_{уд.озп}}{K_{уд.м}}, \quad (5.20)$$

где $K_{уд.озн}$ – удельный вес основной заработной платы производственных рабочих в себестоимости аналога;

$K_{уд.м}$ – удельный вес материальных затрат в полной себестоимости аналога.

В случаях, когда данные для аналога отсутствуют или аналога нет, можно пользоваться средними значениями $K_{уд.озн}$, $K_{уд.м}$.

$C_{озп}$ можно также рассчитать по формуле:

$$C_{озп} = \sum_{i=1}^n t_i C_{нч} \quad (5.21)$$

$$C_{озп} = 1 * (820/25/8) = 4,1 \text{ р/ч}$$

где t_i – трудоёмкость i -го вида работ, норма-час;

n – количество видов работ при изготовлении прибора (слесарные, монтажные и др.);

$C_{нч}$ – средняя стоимость одного нормо-часа, включая выплаты из премиальных фондов, руб. Усреднённые значения $C_{нч}$ (с учётом часовых тарифных ставок, средних для соответствующих работ разрядов и доплат-премиальных, по районному коэффициенту и др.).

Трудоёмкость работ можно установить по сборникам отраслевых нормативов, заводским данным, по аналогии с освоенными конструкциями. При отсутствии таких данных можно, зная трудоёмкость только одного вида работ, например монтажных, рассчитать полную трудоёмкость прибора T :

$$T = \frac{t_i}{K_{уд.t_i}} \cdot 100 \quad (5.22)$$

где t_i – трудоёмкость данной работы, н.-ч;

$K_{уд.i}$ – удельный вес i -ой работы в общей трудоёмкости аналогичного прибора, %.

Далее, по этой же формуле определяют трудоёмкость t_i других работ по изготовлению изделия:

$$t_i = \frac{T \cdot K_{уд.i}}{100} \quad (5.23)$$

для более точного расчёта себестоимости установки требуется прежде всего определить величину материалоёмкости по рабочим чертежам и трудоёмкости по нормам времени, зафиксированным в технологических картах. Это возможно на стадии рабочего проектирования и изготовления опытного образца.

5.4 Расчёт оптовой цены изделия с учётом КПТУ

Одним из основных направлений совершенствования ценообразования на новую технику является более полный учёт в цене технического уровня и качества изделия.

В соответствии с отраслевой методикой ценообразования оптовая цена изделия определяется по формуле:

$$C_n = C_0 [1 + (КПТУ - 1) \cdot 0,7] \cdot 0,9 \quad (5.24)$$

где C_n и C_0 – цены соответственно новой и базового изделия;

0,7 – коэффициент учёта полезного эффекта в цене нового изделия;

0,9 – коэффициент удешевления, корректирующий преysкурantную цену базового изделия и характеризующий моральное старение базового изделия за период проектирования и освоения новой техники.

Рассчитанную таким образом оптовую цену изделия необходимо сравнить с ценой, определённой ранее, на базе затрат на производство. Превышение затратной цены над ценой, рассчитанной с учётом КПТУ, свидетельствует о том, что имеются резервы снижения затрат на производство нового изделия.

Если изделие не имеет аналогов, его цена определяется на основе экономически обоснованных норм и нормативов.

Таблица 5.3 - Техничко-экономические показатели

№	Номенклатура параметров и показателей изделия	Численное значение параметров и показателей	
		Новое изделие	Изделие-аналог
1	Технические и конструктивные характеристики изделия		
	Номинальный коэффициент трансформации	72	67
	Номинальный первичный ток, А	335	305
	Номинальная мощность, кВА	148	126
	Масса машины, кг	1350	1500
2	КПТУ	1,11	1,0
3	Показатели эффективности, стоимость установки	197320	250000
	Затраты на материалы и комплектующие (C_n)	14000	
	Затраты на заработную плату ($C_{озн}$)	16002	
	Приведённые затраты ($Z_{пр}$)	14820	
	Интегральный показатель качества изделия (U)	177765	

Наиболее экономичным (оптимальным) будет признан вариант, характеризующийся минимальным значением U .

5.5 Техничко-экономическая характеристика электроконтактной наплавки

5.5.1 Общие положения

Техничко-экономическая характеристика любого способа наплавки металла включает оценку долговечности наплавленного изделия, показатели стоимости наплавки и параметры, характеризующие технологичность применения рассматриваемого способа к конкретной номенклатуре изделий.

Долговечность наплавленных изделий определяется особенностями структуры и свойств наплавленного и основного металла, в частности прочностью их соединения, твердостью и износостойкостью, усталостной прочностью. Численные значения этих показателей для электроконтактной наплавки определены по стандартным методикам с учетом некоторых особенностей исследования свойств тонких слоев металла, изложенных ниже.

Экономические показатели различных способов наплавки в работах оцениваются по себестоимости единицы веса наплавленного металла. В последние годы разработаны новые способы нанесения тонких слоев металла в связи с жесткими требованиями к покрытиям не только в ремонтном производстве, но и в машиностроении. Поэтому необходима экономическая оценка способов наплавки тонких слоев металла, учитывающая их особенности.

Большинство исследователей для технико-экономических расчетов рассматривают три группы деталей в зависимости от величины износа: детали с износом до 0,1 мм, до 0,6 мм и свыше 0,6 мм.

Выбор способа наплавки часто зависит от минимально возможной при данном способе толщины наплавленного слоя.

Так, наплавкой под легирующим флюсом не удастся получить слой покрытия толщиной менее 3,0 мм, наплавкой вибрирующим электродом в жидкости и наплавкой в защитных газах – менее 2,0 мм. Электроконтактной наплавкой можно получить покрытие толщиной 0,5 мм.

Все рассматриваемые способы наплавки характеризуются различной чистотой (δ_p) поверхности наплавленного металла – разностью между максимальной δ_{p1} и минимальной δ_{p2} толщиной наплавленного слоя (рисунок 5.1).

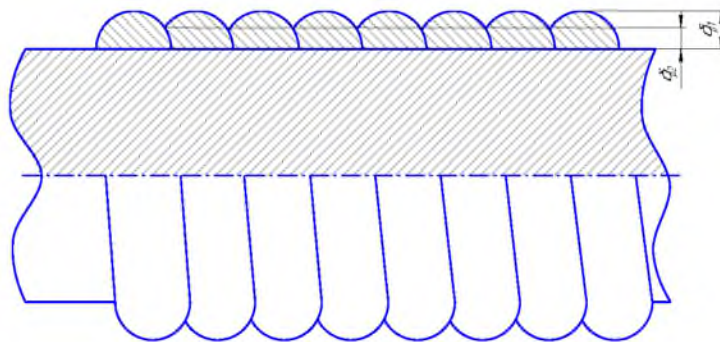


Рисунок 5.1 - Макрорельеф наплавленной поверхности

Для автоматической наплавки под слоем флюса $\delta_p = 1-1,5$ мм, для наплавки вибрирующим электродом $\delta_{p.в} = 1,5-2,0$ мм, для электроконтактной наплавки $\delta_p = 0,2-0,3$ мм, для электроимпульсного покрытия $\delta_p \leq 0,2$ мм. Таким образом, каждый способ наплавки характеризуется различной величиной припуска на обработку.

Рассмотрим конкретный пример ремонта детали с износом $h_1=0,1$ мм на сторону. Оценим экономическую эффективность ремонта этой детали двумя способами – наплавкой под флюсом и электроконтактной наплавкой. Площадь наплавленной поверхности примем равной единице.

Для упрощения примем равными стоимость 1 кг проволоки Св-08 с соответствующим количеством флюса АНК-18 (для наплавки под флюсом) и 1 кг проволоки 30ХГСА (для электроконтактной наплавки). Коэффициенты относительной износостойкости в обоих случаях примерно равны.

Себестоимость 1 кг металла, наплавленного под слоем легирующего флюса, 49,8 руб. Себестоимость 1 кг металла, наплавленного электроконтактным способом в тех же условиях (коэффициент использования установки, часовая ставка рабочего и накладные расходы для обоих случаев) 4,1 руб.

Зададимся припуском на обработку детали. Будем считать, что для получения требуемой точности восстанавливаемой поверхности припуск на механическую обработку (h_2) равен 0,1 мм на сторону.

Таким образом, не изношенную поверхность необходимо нарастить слой металла толщиной $h = h_1 + h_2 = 0,2$ мм. Масса 1 см² наплавленной площади в этом случае составит: $G_{треб} = 0,02 * 1 * 7,8 = 0,156$ г.

Поскольку минимальная толщина металла, наплаваемого под слоем флюса, равна 3 мм (по вершинам валиков), а $\delta_p \approx 1$ мм, то для ремонта этим способом поверхности рассматриваемой детали приходится наплавливать значительно большее количество металла, а именно: $G_{фл} = 0,2 * 1 * 7,8 + 0,1 * 1 * 0,7 * 7,8 = 2,1$ г.

В случае электроконтактной наплавки: $G_{ЭК} = 0,02 * 1 * 1,78 + 0,03 * 1 * 0,7 * 7,8 = 0,319$ г.

Из приведённых расчётов видно, что экономическая целесообразность рассматриваемых способов определяется не только себестоимостью единицы массы наплавленного металла, а в значительной мере степенью его полезного использования, которую можно выразить коэффициентом ($K_{и}$), представляющим собой отношение массы металла, наплавленного конкретным способом, к массе обработанного наплавленного слоя, необходимого для компенсации износа.

В рассмотренном примере коэффициент использования наплавленного металла при ремонте наплавкой под слоем флюса:

$$K_{и_{фл}} = 2,1 / 0,156 = 13,1. \quad (5.25)$$

При ремонте этой же детали электроконтактной наплавкой.

$$K_{и_{эк}} = 0,319 / 0,156 = 2,0. \quad (5.26)$$

По значению коэффициентов использования, определённых для различных способов наплавки, можно судить об их экономической эффективности даже при некоторой разности в себестоимости единицы массы наплавленного металла.

В рассмотренном случае себестоимость 1 кг металла, наплавленного под слоем флюса, на 15% ниже, чем при электроконтактной наплавке. Однако с учётом значений $K_{и_{фл}}$ и $K_{и_{эк}}$ себестоимость восстановления этой детали электроконтактной наплавкой в 5,7 раза ниже, чем при наплавке под слоем флюса.

Под технологичностью способов наплавки понимают возможность их применения для большей или меньшей номенклатуры изделий, возможность и степень сложности механизации и автоматизации процесса наплавки, необходимость и степень сложности технологической оснастки. Технологичность способов наплавки не имеет численного выражения.

5.5.2 Экономические показатели процесса

Методика сравнительной экономической оценки электроконтактной наплавки предусматривает расчётное определение себестоимости (в руб.) единицы площади наплавленного слоя металла требуемой толщины по формуле:

$$C_{н,см^2} = 10^{-4} * C_{э,м} * h * K_{и} + 0,7 \delta_p \gamma + G_{ф} * C_{ф} + 3_n t_n + 3_c t_{об} + H, \quad (5.27)$$

где $C_{э,м}$ – себестоимость 1 кг электродной проволоки, руб;

h – толщина наплаваемого слоя металла в чистоте, мм;

γ – удельный вес электродного металла, г/см³;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь электродного (присадочного) металла, равный при наплавке под слоем флюса 1,08, вибродуговой наплавке 1,1, электроконтактной наплавке 1,02, электроимпульсном покрытии 1,02; δ_p – разность между максимальной и минимальной толщиной слоя наплавленного металла, равная при наплавке под слоем флюса 1,0 мм, вибродуговой наплавке 1,5 мм, электроконтактной наплавке 0,3 мм, электроимпульсном покрытии 0,2 мм;

$G_{\text{ф}}$ – расход флюса для наплавки единицы площади металлопокрытия, в кг, или расход защитного газа, в л;

$C_{\text{ф}}$ – стоимость одного килограмма флюса или литра защитного газа, руб/кг;

$Z_{\text{н}}$ и $Z_{\text{с}}$ – заработная плата наплавщика и станочника, руб/ч;

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{об}}$ – время наплавки и обработки единицы площади металлопокрытия, ч;

H – накладные расходы.

$$C_{\text{э.м}} = 10^{-4} * 50 * 2 * 7,8 * 1,08 + 0,7 * 1 * 7,8 + 0,01 * 200 + 4,1 * 0,01 + 4,1 * 0,01 = 7,626$$

$$C_{\text{э.м}} = 10^{-4} * 50 * 2 * 7,8 * 1,02 + 0,7 * 0,3 * 7,8 + 4,1 * 0,01 + 4,1 * 0,01 = 1,799$$

Расчёт себестоимости единицы площади наплавленного слоя металла целесообразно проводить применительно к условиям конкретного ремонтного предприятия для внедрённых на этом предприятии способов восстановления. В этом случае можно учесть особенности восстанавливаемых деталей (требуемая толщина металлопокрытия), возможности применяющегося на предприятии оборудования для наплавки, а также квалификацию рабочих.

Себестоимость восстановления конкретной детали с износом h определяется по формуле:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{н.см}}^2 * F, \tag{5.28}$$

$$C_{\text{в}} = 7,626 * 1 = 7,626$$

$$C_{\text{в}} = 1,799 * 1 = 1,799$$

где F – площадь изношенной поверхности, см².

5.5.3 Техничко-экономические показатели

Для оценки технико-экономической эффективности различных способов наплавки при ремонте деталей, а также для определения целесообразности ремонта детали по сравнению с изготовлением принято выражение:

$$C_v \leq C_n K, \quad (5.29)$$

где C_v – стоимость ремонта детали;

C_n – стоимость детали изготовленной в условиях конкретного предприятия;

K – коэффициент относительной долговечности.

Из (5.29) следует, что при условии целесообразности ремонта конкретной детали несколькими способами, более эффективным является способ, обеспечивающий наименьшую себестоимость ремонта при равной износостойкости либо наибольшую износостойкость при равной себестоимости.

Для сравнения технико-экономической эффективности нескольких способов наплавки при ремонте одной и той же детали выражение (5.29) удобно переписать в виде:

$$C_v / (C_n K) \leq 1. \quad (5.30)$$

Более эффективным является способ, для которого отношение $C_v / (C_n K)$ имеет меньшее численное значение.

Таким образом, это отношение является показателем технико-экономической эффективности. Обозначив его $\Pi_{т.э.}$, запишем

$$\Pi_{т.э.} = C_v / (C_n K). \quad (5.31)$$

Выражение (5.31) позволяет определить целесообразность ремонта детали по сравнению с изготовлением, а из нескольких возможных способов наплавки выбрать наиболее эффективный.

Так при $\Pi_{т.э.} = 1$ технико-экономическая целесообразность ремонта равнозначна изготовлению новой детали. При $\Pi_{т.э.} \geq 1$ ремонт детали нецелесообразен, а при $\Pi_{т.э.} \leq 1$, наиболее эффективен способ, обеспечивающий минимальное значение $\Pi_{т.э.}$.

Технико-экономическая эффективность любого технологического процесса должна рассматриваться в связи с условиями его применения.

Эффективность электроконтактной наплавки – способа образования тонких слоёв металла – может сравниться только с эффективностью других способов наплавки тонких слоёв металла, не превышающих 1,0 мм на сторону.

В таблице 5.4 приведены основные технико-экономические показатели электроконтактной наплавки в сравнении с наиболее эффективным электродуговым способом – наплавкой под флюсом.

Электроконтактная наплавка весьма эффективна по сравнению с наплавкой под флюсом для наращивания тонких слоёв металла. По мере

роста толщины слоя металла разница в экономических показателях этих двух способов уменьшается.

Таблица 5.4 - Сравнительная экономическая характеристика способов наплавки

Способ наплавки	H_n , мм	G_m , г	G_n , г	C, руб
Электроконтактная	0,05	0,04	0,27	1,44
	0,1	0,078	0,32	1,71
	0,2	0,156	0,39	2,1
	0,4	0,31	0,55	2,7
	0,6	0,47	0,70	3,75
	0,8	0,62	0,86	4,62
	1,0	0,78	0,94	5,1
Под слоем флюса	0,04	0,04	2,1	9
	0,078	0,078	2,1	9
	0,156	0,156	2,1	9
	0,47	0,47	2,1	9
	0,78	0,78	2,1	9

Примечание. 1. h_n – толщина наплавленного обработанного слоя металла; G_m – масса 1 см² обработанного слоя металла требуемой толщины; G_n – масса 1 см² наплавленного обработанного слоя металла требуемой толщины; C – стоимость 1 см² обработанного слоя металла требуемой толщины.

2. Минимальная толщина наплавленного слоя металла по вершинам гребешков и средняя высота гребешков: при электроконтактной наплавке 0,5 и 0,2 мм, при электродуговой наплавке под слоем флюса 3,0 и 1,0 мм.

Так при необходимости образования обработанного слоя металла толщиной 0,1 мм себестоимость электроконтактной наплавки единицы площади в 6 раз ниже, чем при наплавке под слоем флюса. Это объясняется большими потерями наплавленного под слоем флюса металла при механической обработке, так как минимально возможный слой металла, образованный этим способом не может быть меньше 3 мм. Кроме того, гребешки наплавленной поверхности в этом случае значительно выше, чем при электроконтактной наплавке, что также увеличивает потери наплавленного металла. При получении обработанного слоя металла толщиной 1 мм разница в стоимости снижается до 200%.

Коэффициенты относительной износостойкости металла, наплавленного под слоем флюса и электроконтактным способом, при соответствующем выборе марки флюса и присадочной проволоки практически равны. Поэтому разница в значениях обобщенного показателя технико-экономической эффективности $\Pi_{т.э}$ определяется только разностью стоимостного показателя.

При технико-экономической оценке электроконтактной наплавки по изложенной методике не учтены такие преимущества способа, как возможность наплавки чёрных и цветных металлов на детали из различных сталей и чугунов, благоприятные санитарно-производственные условия работы оператора, отсутствие термической деформации наплавливаемых изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана установка для электроконтактной наплавки тел вращения.

При этом спроектировано вспомогательное оборудование, типовая машина контактной сварки переналажена в машину контактной наплавки. Рассчитаны необходимые режимы наплавки, а также усилия, действующие в процессе наплавки на проволоку и деталь. Проанализированы технико-экономические показатели. Определены мероприятия по технике безопасности.

В результате проведенной работы разработана экспериментальная установка и наплавлен экспериментальный образец. Внедрение таких установок, позволит восстанавливать практически любые цилиндрические детали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Орлов Б.Д., Чакалев А.А. «Технология и оборудование контактной сварки» Учебник для машиностроительных вузов 2-е издание. М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
2. Аксельрод Ф. А., Миркин А. М. «Оборудование для контактной сварки: справочник». М.: Машиностроение, 1979. 70 с.
3. Гельман А. С. «Технология и оборудование контактной сварки». М.: Машиностроение, 1960. 368 с.
4. Глебов Л.В., Пескарёв М.А., Файгенбаум Д.С. «Расчёт и конструирование машин контактной сварки». Л.: Энергоиздат, 1981. 423 с.
5. Гуляев А.И. «Технология точечной и рельефной сварки сталей». М.: Машиностроение, 1978. 244 с.
6. «Контроль качества сварки» Под редакцией В.Н. Волченко. М.: Машиностроение, 1975 328 с.
7. Кучук – Яценко С.Н., Лебедев В.К. «Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением». Киев: Наукова думка, 1976. 328 с.
8. Львов Н.С., Гладков Э.А. «Автоматика и автоматизация сварочных процессов». М.: Машиностроение, 1982. 301 с.
9. Моравский В.Э., Ворона Д.С. «Технология и оборудование для точечной контактной микросварки». Киев: Наукова думка, 1985. 215 с.
10. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. «Расчёт, проектирование и изготовление сварных конструкций». М.: Высшая школа, 1971, 760 с.
11. Патон Б.Е., Лебедев В.К. «Электрооборудование для контактной сварки». М.: Машиностроение, 1969. 440 с.
12. «Теоретические основы сварки» Под редакцией В.В. Фролова. М.: Высшая школа, 1970. 592 с.
13. Чулошников П.Л. «Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов», М.: Машиностроение, 1974. 232 с.
14. Клименко Ю.В. «Электроконтактная наплавка» М., «Металлургия», 1978. 128с.
15. Анурьев В. И. «Справочник конструктора-машиностроителя» том 1
16. ОСТ 24.948.02-99 Флюсы сварочные плавные - подробные характеристики и описания.
17. ГОСТ 2246-70 Проволока сварочная.
18. ГОСТ 12.0.004-90 Организация обучения безопасности труда.
19. (ГОСТ 9411-81) Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
20. ГОСТ 12.1.005-88, Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
21. ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.4.002-74. Воздействие вибраций и удара на человека.

23. Русак О.Н., Кондрасенко В.Я. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: Учеб. пособие /Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. 431 с.

24. Кондрасенко В.Я. Дипломное проектирование. Безопасность и экологичность проекта. Методич. указания - Красноярск, СФУ ПИ, 2007.-51с.

25. Жуков, А.И. Безопасность и экологичность проекта. Методические указания по дипломному проектированию для студентов МТФ /А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, В.В. Колот.-КрПИ: Красноярск. 1992г.-80 с.

26. Жуков А.И. Охрана окружающей среды. Примеры и расчеты: Учебное пособие/ А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, Л.Н. Горбунова. –КрПИ: Красноярск, 1997 г.-65с.

27. Мицукова В.Н. Организация производства и менеджмент: методические указания по курсовой работе / сост. В.Н. Мицукова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. – 30 с.
