

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 17. » 06 2016г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.01. - «Машиностроение»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ
ЧАСТИ ГУСЕНИЧНОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ ТРЕХФАЗНОЙ НАПЛАВКИ
Пояснительная записка

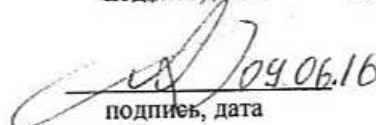
Руководитель


подпись, дата

ст. преподаватель
должность, ученая степень

А.А. Безруких
инициалы, фамилия

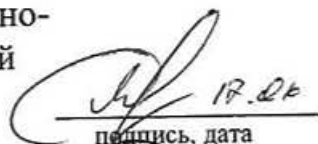
Выпускник


подпись, дата

Д.С. Алексеенко
инициалы, фамилия

Консультант:

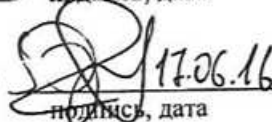
Организационно-
экономический
раздел


подпись, дата

к.т.н., доцент
должность, ученая степень

А.И. Демченко
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

ст. преподаватель
должность, ученая степень

С.Л. Бусыгин
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« ____ » _____ 2016г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В ФОРМЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студенту Алексеевко Д.С.
Группа ЗМТ 11-05Б Направление (специальность) 15.03.01 - «Машиностроение»
Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии восстановления деталей ходовой части гусеничной техники методом трехфазной наплавки»

Утверждена приказом по университету № 6177/с от 10.05.2016
Руководитель ВКР: А.А. Безруких, ПИ СФУ, Старший преподаватель
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Базовая технология .
Перечень рассматриваемых вопросов(разделов ВКР):

1. Литературно-патентный обзор
2. Конструкторский раздел
3. Научно-исследовательский раздел
4. Организационно-экономический раздел

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

1. Ходовая часть гусеничной техники(1 лист формата А1);
2. Башмак трака гусеницы (1 лист формата А2);
3. Литературно-патентный обзор (1 лист формата А1);
4. Способ наплавки трехфазной дугой косвенного действия (1 лист формата

А1);

5. Разработка установки для трехфазной наплавки (1 лист формата А1);
6. Наплавка трехфазной дугой косвенного действия (1 лист формата А1);
7. Сравнительный анализ способов наплавки (1 лист формата А1);
8. Смета затрат на проведение НИР (1 лист формата А1).

Консультанты по разделам

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	А.И. Демченко

БР – 15.03.01 – 181109096 ПЗ

Разраб.	Алексеевко Д.С.		09.06.16	Разработка технологии восстановления деталей ходовой части гусеничной техники методом трехфазной наплавки	Лист	Листов
Пров.	Безруких А.А.		25.06.16		2	92
Н. контр.	Бусыгин С.Л.		25.06.16		ПИ СФУ	
Утв.	Демченко А.И.		12.06		Каф. «Машиностроение»	

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения этапов ВКР

№ этапа	Срок	Текстовая часть	Графическая часть
1	с 09.05.2016	ЛПО -100%	лист № 1
	по 15.05.2016	НИЧП - 40 %	лист № 2
		КЧП – 60 %	
2	с 16.05.2016	НИЧП – 40 %	лист № 3
	по 31.05.2016	КЧП – 40 %	лист № 4
			лист № 5
3	с 01.06.2016	НИЧП – 20 %	лист № 6
	по 26.06.2016	ОЭЧ – 100 %	лист № 7
			лист № 8
Всего	на 25.05.2016	100% по разделам	100%

КЧП – конструкторская часть

НИЧП – научно-исследовательская часть

ОЭЧ – организационно-экономическая часть

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ А.А. Безруких

(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

_____ Д.С. Алексеенко

(подпись, дата)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка технологии восстановления деталей ходовой части гусеничной техники методом трехфазной наплавки» содержит 11 таблиц, 48 иллюстраций и 92 страницу печатного текста, количество использованных литературных источников 15, графическая часть проекта составляет 8 листов формата А1.

В работе разработана технология наплавки трехфазной дугой косвенного действия. В результате, применение разработанной технологии позволяет значительно повысить производительность процесса наплавки деталей ходовой части гусеничной техники, в частности грунтозацепов траков. Технология позволяет наносить 4-5 мм слой металла за один проход, что существенно снижает трудоемкость восстановления деталей. Простота оборудования позволяет применять технологию в полевых условиях.

По итогам работы приведены затраты на проведение исследований, необходимых для разработки технологии наплавки.

Содержание

Введение	7
1 ЛИТЕРАТУРНО - ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	9
1.1 Сущность наплавки	10
1.2 Наплавка твердых сплавов	13
1.3 Виды наплавки	14
1.4 Технология наплавки	16
1.5 Применение наплавки	17
1.6 Сварка и наплавка трехфазной дугой	20
1.7 Известные методы восстановления грунтозацепов гусеничной техники	25
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	29
2.1 Разработка оборудования для наплавки трехфазной дугой двумя и тремя электродами	30
2.1.1 Разработка специального трехфазного держателя	32
2.1.2 Подбор сечения проводов между источником и электрододержателем	42
2.1.3 Разработка схемы для определения электрических параметров трехфазной дуги в процессе наплавки	42
2.1.4 Расчет и изготовление делителей напряжения	45
2.1.5 Применение понижающих трансформаторов для измерения напряжения между фазами	49
2.2 Изготовление электродов с тремя и двумя стержнями	49
3 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	57
3.1 Преимущества и особенности способа наплавки трехфазной дугой покрытыми электродами	58
3.2 Разработка способа, обеспечивающего надежное зажигание трехфазной дуги	61

3.3 Методика проведения экспериментов и обработки полученных результатов	64
3.4 Наплавка образцов и определение технологических возможностей	65
3.5 Сравнительный анализ полученных результатов с традиционным способом ручной дуговой наплавки	73
3.6 Технологические рекомендации по восстановлению деталей методом трехфазной наплавки	78
4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	80
4.1 Разработка сетевого графика для исследовательской работы	82
4.2 Определение сметной стоимости научно-исследовательской работы	85
4.2.1 Затраты на материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	86
4.2.2 Специальное оборудование для научных и экспериментальных работ	86
4.2.3 Основная заработная плата исполнителей НИОКР	87
4.2.4 Дополнительная заработная плата исполнителей НИОКР	88
4.2.5 Отчисления на социальные нужды	88
4.2.6 Накладные расходы	88
Заключение	90
Список литературы	91

Введение

Большое количество деталей машин и механизмов выходит из строя в процессе эксплуатации вследствие истирания, ударных нагрузок, эрозии и т. д. Современная техника располагает различными методами восстановления и упрочнения деталей для повышения срока их службы.

Одним из методов восстановления и упрочнения деталей является наплавка. Наплавка - это нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением. Различают наплавку восстановительную и изготовительную.

Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам основному металлу.

Изготовительная наплавка служит для получения многослойных изделий. Такие изделия состоят из основного металла (основы) и наплавленного рабочего слоя. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, термостойкость, коррозионную стойкость и т.д.

Таким образом, наплавку производят не только при восстановлении изношенных, но и при изготовлении новых деталей машин и механизмов. Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах. Восстановлению подлежат корпусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес и т.д. наплавку можно производить почти всеми известными способами сварки плавлением. Каждый способ наплавки имеет свои достоинства и недостатки. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

- 1) минимальное проплавление основного металла;

2) минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;

3) занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

Однако не все способы наплавки могут обеспечить выполнение предъявляемых требований. Выбор способа наплавки определяется возможностью получения наплавленного слоя требуемого состава и механических свойств, а также характером и допустимой величиной износа. На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Несмотря на невысокие показатели приведенных характеристик ручная дуговая наплавка штучными электродами является наиболее универсальным способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм и может выполняться во всех пространственных положениях. Особенно этот способ применим при работе в полевых условиях при невозможности использования средств автоматизации. Поэтому при восстановлении деталей ходовой части гусеничной техники технология ручной дуговой наплавки является актуальной.

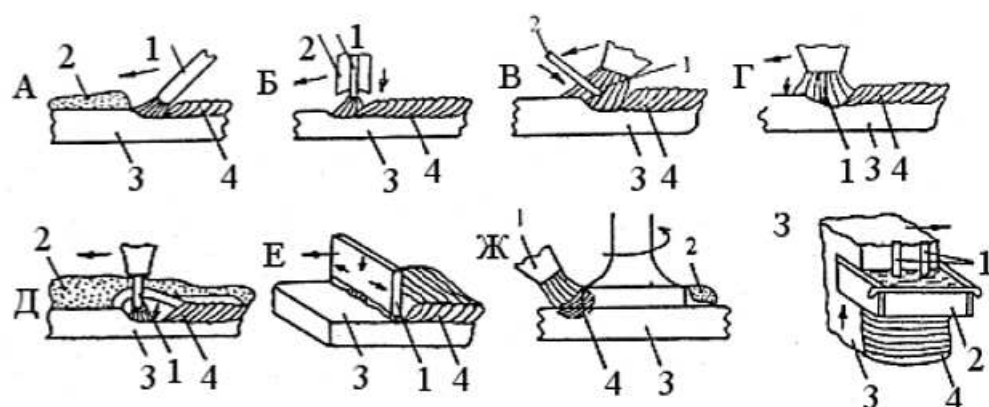
К недостаткам ручной дуговой наплавки можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла.

Цель данной работы - разработка технологии наплавки деталей ходовой части гусеничной техники способом ручной дуговой наплавки трехфазной дугой, позволяющей увеличить производительность процесса наплавки и значительно уменьшить проплавление основного металла.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сущность наплавки

Наплавку металла при помощи дуговой сварки применяют для восстановления изношенных деталей. Для этого на поверхность изделия наносят металл, накладывая его слоями, обладающими необходимыми физико-механическими свойствами. Для этого применяют различные виды сварки, в том числе и ручную с плавящимся или неплавящимся электродом.



А – угольным электродом (1), расплавлением сыпучего наплавочного сплава (2);

Б – покрытым электродом (1) или легирующим покрытием (2);

В – неплавящимся вольфрамовым электродом (1) в инертных газах с задействованием присадочного прутка (2);

Г – плавящимся электродом (1) в защитном газе;

Д – сварка плавящейся проволокой (1) под флюсом (2);

Е – лентой плавящейся (1) в защитном газе (под флюсом);

Ж – струей плазмотрона (1) с наложенным или спеченным из порошков наплавочного мат-ла (2);

З – плавящимся электродом (1) с перемещаемым медным ползуном (2), наплавляемая деталь (3);
наплавленный слой (4)

Рисунок 1.1 - Основные способы наплавки плавлением

Основным достоинством ручной дуговой наплавки является простота и универсальность метода, возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. К недостаткам относят низкую

производительность, загазованность в месте производства работ, сложность получения необходимого качества наплавленной поверхности.

Наплавку плавящимся электродом ведут по той же технологии, что и обычную сварку. Перед наплавкой поверхность тщательно зачищают, следя особенно за тем, чтобы не осталось жировых пятен и коррозии. Электроды подбирают, исходя из условий эксплуатации наплавленной поверхности. Для этого применяют как обычные сварочные электроды, предназначенные для сварки легированных сталей, так и специальные наплавочные электроды, обладающие заданными свойствами. Для наплавки износостойких поверхностей применяют порошковые проволоки с заданным химическим составом. В качестве источников питания для сварочной дуги используют серийные выпрямители и сварочные трансформаторы.

Для наплавки на поверхность металла наносят сварочные валики, покрывая всю плоскость слоем наплавленного металла. Валики наносят поочередно, перекрывая предыдущий на $\frac{1}{3}$ его ширины. Для того чтобы увеличить ширину валиков, их можно накладывать поперечными колебаниями, так же как это делают для увеличения сварочного шва. Валики можно накладывать и с некоторыми промежутками один от другого, с последующей наплавкой валиков в промежутках. Промежуточные валики накладывают после снятия шлака с ранее наложенных валиков и тщательной их зачистки.

В отличие от соединительной сварки наплавка имеет некоторые особенности, связанные с тем, что химический состав наплавленного металла существенно отличается от химического состава основного металла. Выходом из сложившейся ситуации может служить тщательный подбор состава плавящихся электродов, которые способны создать требуемую структуру и химический состав наплавленного слоя. Если это сделать не удастся, то прибегают к другим методам наплавки: наплавке неплавящимся электродом с расплавлением слоя сыпучего наплаваемого сплава, нанесение легирующих примесей в виде порошков, паст или брикетов, наплавлением в

среде защитных газов и т.д. Для этого применяют методы наплавки на автоматическом и полуавтоматическом сварочном оборудовании.

При наплавке любым из указанных методов важно, чтобы основной металл проплавлялся минимально, чтобы были сведены к минимуму остаточные напряжения, деформации и припуски на последующую обработку. На рисунке 1.2 приведен пример наплавки цилиндрических поверхностей, на рисунке 1.3 пример наплавки шестерен.

ДУГОВАЯ НАПЛАВКА

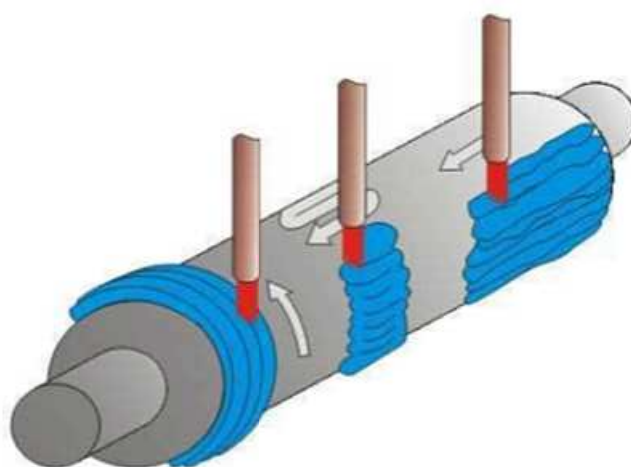


Рисунок 1.2 - Наплавка цилиндрической поверхности

ДУГОВАЯ НАПЛАВКА

ПОРЯДОК НАЛОЖЕНИЯ ВАЛИКОВ

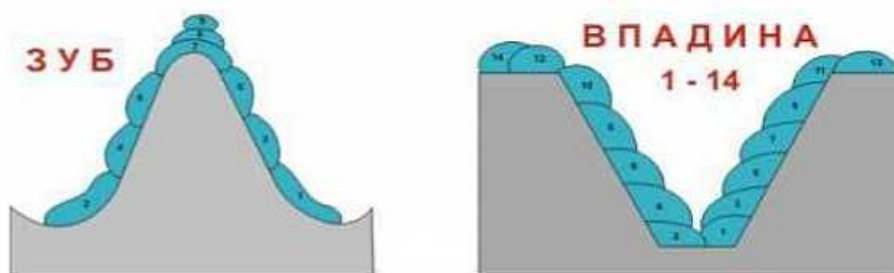


Рисунок 1.3 - Наплавка шестерен

1.2 Наплавка твердых сплавов

1.2.1 Материалы для наплавки

Наплавкой называют процесс наплавления на поверхности изделия слоя металла для изменения размеров или придания специальных свойств (твердости, антикоррозионности, износоустойчивости и т. д.). Наплавка может выполняться металлическими штучными электродами, стальной наплавочной проволокой (лентой) и твердыми сплавами /4/.

Твердыми сплавами называют сплавы карбидо- и боридообразующих металлов — хрома, марганца, титана, вольфрама и других с углеродом, бором, железом, кобальтом, никелем и пр. Они могут быть литыми и порошковыми.

К литым твердым сплавам относится прутковый сормайт, поставляемый в виде стержней диаметром 6—7 мм и длиной 400—450 мм, содержащий 25—31% хрома, 3—5% никеля, 2,5-3,3% углерода, 2,8—3,5% кремния, до 1,5% марганца, до 0,07% серы и 0,08% фосфора, остальное — железо, а также другие сплавы. Литые твердые сплавы применяют для наплавки штампов, измерительного инструмента, деталей станков и механизмов, работающих в условиях интенсивного износа. Наплавку ведут ацетилено-кислородным пламенем, угольным электродом, а также вольфрамовым электродом в среде аргона.

К порошкообразным твердым сплавам относятся сталинит и сормайт. Порошкообразный сталинит содержит 24—26% хрома, 6—8,5% марганца, 7—10% углерода, до 3% кремния, до 0,5% серы и фосфора, остальное — железо.

Металлические электроды для дуговой наплавки изготавливают по ГОСТ 10051—75, согласно которому электроды классифицируются в зависимости от химического состава и твердости наплавленного металла.

1.3 Виды наплавки

В настоящее время в промышленности используется большое количество различных видов наплавки /4/.

1.3.1 Ручная дуговая наплавка.

Наплавку выполняют металлическими плавящимися одиночными электродами, пучком электродов, лежащими пластинчатыми электродами, трубчатыми электродами, дугой прямого и косвенного действия и трехфазной дугой.

Наплавку электродами можно выполнять во всех пространственных положениях. Она выполняется путем последовательного наложения валиков, наплавляемых при расплавлении электрода, на поверхность изделия. Наплавляемая поверхность при этом должна быть чистой (зачищена до металлического блеска). Поверхность каждого наложенного валика и место для наложения следующего валика также тщательно зачищают от шлака, окалины и брызг. Для получения сплошного монолитного слоя наплавленного металла каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на $1/3$ — $1/2$ своей ширины.

Толщина однослойной наплавки составляет 3—6 мм. Если необходимо наплавить слой толщиной более 6 мм, перпендикулярно первому наплавляют второй слой валиков. При этом первый слой валиков должен быть тщательно очищен от брызг, окалины, шлаковых включений и других загрязнений.

1.3.2 Дуговая наплавка под флюсом

По способу выполнения может быть автоматической или полуавтоматической, а по количеству применяемых проволок — одноэлектродной и многоэлектродной. Применяемые для наплавки под флюсом наплавочные проволоки по конструкции разделяют на сплошные и порошковые, а по форме — на круглые и ленточные.

Дуговая наплавка в защитных газах вольфрамовым (неплавящимся) и проволочным металлическим (плавящимся) электродом. Для защиты дуги используют аргон, азот, водород и углекислый газ. Производительность труда при наплавке оценивают массой или площадью (размерами) наплавленного металла.

1.3.2 Вибродуговая наплавка

Эта наплавка является разновидностью электрической дуговой наплавки металлическим электродом и выполняется путем вибрации электрода. Амплитуда вибрации находится в пределах от 0,75 до 1,0 диаметра электродной проволоки.

1.3.3 Электрошлаковая наплавка

Отличительной особенностью этого способа наплавки является высокая производительность, при которой могут быть достигнуты не только десятки, но и сотни килограммов наплавленного металла в час. Наплавка производится с принудительным формированием металла за один проход. Electroды применяются практически любого сечения: прутки, пластины и т. п. Глубину проплавления основного металла можно регулировать в широких пределах.

1.3.4 Наплавка открытой дугой

Для этой цели применяют порошковую проволоку с внутренней защитой, которая позволяет расширить область применения механизированной износостойкой наплавки. При наплавке этой проволокой применение флюса или защитного газа не требуется, поэтому способ отличается простотой и маневренностью и создается возможность восстановления деталей сложной формы, глубоких внутренних поверхностей, деталей малых диаметров и пр. В настоящее время имеются различные конструкции аппаратуры, а также разработана технология упрочения деталей широкой номенклатуры. Расход проволоки составляет 1,15—1,35 кг на 1 кг наплавленного металла. Производительность при

полуавтоматической наплавке повышается в 2—3 раза по сравнению с наплавкой штучными электродами.

1.3.5 Плазменная наплавка

При плазменной наплавке источником тепла является высокотемпературная сжатая дуга, получаемая в специальных горелках. Большое применение получили плазменные горелки с дугой прямого действия, горящей между неплавящимся вольфрамовым электродом и наплавляемым изделием. Иногда применяют горелки комбинированного типа, в которых от одного электрода одновременно горят две дуги — прямого и косвенного действия.

Присадочным материалом при этом способе наплавки служит проволока, лента, порошок и пр. Практический интерес представляет прежде всего наплавка с присадкой мелкозернистого порошка. В этом случае применяется плазменная горелка комбинированного типа. Порошок при помощи транспортирующего газа подается из питателя в горелку и там вдувается в дугу. За время пребывания в дуге большая часть порошка успевает расплавиться, так что на наплавляемую поверхность попадают уже капельки жидкого присадочного материала.

1.4 Технология наплавки

Перед началом наплавки устанавливают высоту наплавочного слоя. Перед наплавкой, как и перед сваркой, поверхность, подлежащая наплавке, должна быть очищена от грязи, ржавчины, окалины, масла и влаги. При наложении первого слоя наплавки стремятся каждый предыдущий валик перекрывать на 25—30% его ширины, сохраняя при этом постоянство его высоты.

При необходимости увеличить высоту наплавочного валика, производят наплавку следующего валика, очистив перед наплавкой

наплавленный слой от неметаллических включений и шлака, образованных при наложении предыдущего слоя /4/.

В зависимости от марки металла наплавка может производиться без подогрева изделия и с предварительным подогревом. Основными требованиями, предъявляемыми к качеству наплавки, являются: надежное сплавление основного металла с наплавленным; отсутствие дефектов в наплавленном металле; идентичность свойств наплавленного металла.

Надежное сплавление наплавки с основным металлом обеспечивается подбором силы тока, что для наплавочных установок с постоянной скоростью подачи электрода соответствует подбору скорости подачи проволоки или ленты.

1.5 Применение наплавки

1.5.1 Строительные машины

Наплавку применяют с целью повышения износостойкости различных деталей строительных машин, в частности при ремонте бульдозеров и одноковшовых экскаваторов для восстановления изношенных деталей.

Рабочие органы и другие детали этих машин работают в условиях интенсивного износа при контактировании с грунтом или скальными породами. К числу деталей, подвергаемых восстановлению наплавкой, относятся режущие кромки бульдозерных отвалов, зубья ковш экскаватора и детали ходовой части (катки, траки, ленивцы, звездочки, башмаки и др.).

Интенсивность изнашивания деталей зависит от условий работы строительных машин. При работе в контакте с песком повышение твердости материала сопровождается линейным снижением относительного износа.

Катки, траки, ленивцы и другие детали гусеничной ходовой части подвергают обычно автоматической наплавке под слоем флюса или в среде углекислого газа, обеспечивающий высокопроизводительное нанесение ровного слоя износостойкого сплава на рабочие поверхности деталей. Зубья

и ведущие звездочки подвергают ручной или полуавтоматической наплавке /4/.

1.5.2 Землечерпальные суда

В зависимости от назначения машины этого класса подразделяют на землесосные снаряды, драговые землесосы, храповые дноуглубительные снаряды, многоковшовые землечерпалки, одночерпаковые драги и др. наиболее широкое применение имеют землесосные снаряды, служащие для выемки с морского дна песка и породы с помощью насоса на большое расстояние от места его выемки. Наплавке подвергаются следующие основные детали землесосных снарядов: корпуса насосов, рабочие колеса, ножи врубных головок, изготавливаемых из сталей различных типов.

Врубная головка содержит каркас с закрепленными на нем зубьями, которые при работе землесосного снаряда врубаются в породу. Для выемки глины и другого мягкого и вязкого грунта используют врубные головки лопастного типа, подвергающиеся абразивному износу. Для наплавки таких врубных головок используют обычные наплавочные материалы, предназначенные для повышения стойкости к абразивному изнашиванию. Для выемки мягких грунтов используют рабочие органы со вставными фиксируемыми пластинами, а для выемки скального грунта – рабочие органы, наплавленные материалами особо высокой твердости, к числу которых относятся мартенситные наплавочные материалы и карбид вольфрама. Для предотвращения охрупчивания и отрыва от подложки при наплавке этими материалами применяют способы сетчатого и полосчатого наложения валиков /4/.

1.5.3 Металлургическое оборудование

Наплавке подвергают прокатные валки, конусы запасных аппаратов доменных печей, направляющие и другие элементы металлургического оборудования. При эксплуатации валки подвергаются изнашиванию трением, усугубляемому термическим растрескиванием и влиянием водяного пара, что приводит к возникновению неоднородного износа. При таком изнашивании

не исключено образование поверхностного слоя повышенной твердости, который перед наплавкой следует удалить до снабжения основного металла со стабильной структурой. Для предотвращения образования трещин и других дефектов в наплавленном металле, исключения большого разброса твердости по восстанавливаемой поверхности вала необходимо применение предварительного и сопутствующего подогрева и последующей термообработки.

Типичным примером высокопроизводительной наплавки ленточным электродом является её применение для износостойкой наплавки слоев большей толщины при ремонте прокатных валков /4/.

1.5.4 Железнодорожный подвижной состав

Восстановительной наплавке подвергают разнообразные по форме и размерам детали железнодорожного подвижного состава, что затрудняет механизацию наплавочных работ. Кроме того, неодинаковый износ поверхности детали позволяет осуществлять лишь ручные или полуавтоматические способы наплавки. Для наплавки деталей железнодорожного подвижного состава, изнашивающихся в результате трения металлических поверхностей, используется наплавочный материал твердостью HV 250 – 350. При попытке заменить ручную наплавку покрытыми электродами более производительными способами обычно обращаются к сварке в среде углекислого газа.

Процесс наплавки включает следующие операции: зачистка наплавляемой поверхности наждачным кругом; установка наплавляемой поверхности детали в горизонтальное положение (с помощью специального сварочного приспособления; измерение величины износа детали и сопоставление размеров с требуемыми; предварительный подогрев до 150°C.

При наплавке следует иметь в виду, что использование чрезмерной силы тока может стать причиной возникновения сварочных дефектов /4/.

1.6 Сварка и наплавка трехфазной дугой

Сварка трехфазной дугой была впервые предложена академиком В. Ф. Миткевичем в 1905 году, а осуществлена доцентом Г. П. Михайловым. Этот способ является весьма производительным и экономичным. Сущность его состоит в том, что две фазы трехфазного источника тока подводятся к двум электродам, а третья к основному металлу, причем возбуждается не одна дуга, как при однофазной сварке, а три: две - между каждым электродом и основным металлом, и третья - между самими электродами. Образующаяся мощная дуга повышает производительность сварки в 2—раза при уменьшенном расходе электроэнергии /1/.

Сварка трехфазной дугой может быть ручной или автоматической.

Путем изменения взаимного расположения электродов и регулирования силы тока по фазам достигается перераспределение тепла, и можно получить либо глубокий провар детали, либо увеличить производительность за счет большого количества наплавляемого металла. Эти технологические преимущества трехфазной дуги также весьма существенны.

Переменный ток к потребителям передается по трем проводам, или, как говорят, по трем фазам. Однако на практике большинство потребителей переменного тока, как, например, обычные сварочные трансформаторы, большинство электродвигателей и т. п. питаются только от двух фаз. Третья же фаза остается неиспользованной или все три фазы используются неодинаково /14/

Неравномерность нагрузки фаз отрицательно отражается на работе источников тока и на коэффициенте полезного действия. При сварке трехфазной дугой подключение к сети производится одновременно к трем фазам: к двум подключается два электрода, а к третьей фазе — свариваемое изделие. При таком подключении электродов, в отличие от обычного способа

дуговой сварки, горят три дуги: две между электродами и изделием и третья дуга между электродами /14/.

Третья дуга повышает скорость расплавления электродов, благодаря чему на 100 — 120% повышается производительность сварки, на 10—15% повышается коэффициент наплавки и вследствие более равномерной нагрузки фаз с 0,3 до 0,75 повышается \cos . В зависимости от взаимного расположения электродов и детали может быть несколько схем сварки трехфазной дугой.

1-я схема. Сварка двумя электродами, находящимися в двух электрододержателях. Изменяя угол между электродами и расположение их относительно свариваемого изделия, можно получить различную глубину проплавления и ширину валика. К недостатку этой схемы следует отнести наличие двух электрододержателей, усложняющих процесс сварки.

2-я схема. Сварка двумя параллельными электродами, находящимися в одном специальной конструкции электрододержателе. Электроды между собой изолированы толстым слоем покрытия. Сварка по этой схеме более проста и удобна.

3-я схема. Сварка независимой дугой тремя параллельно расположенными электродами. Каждый электрод подключен к одной фазе. Изделие в сварочную цепь не включено. По этой схеме так же, как и при второй, требуется изготовление электрододержателя специальной конструкции.

Зажигание трехфазной дуги производится касанием поверхности свариваемого изделия концом одного из электродов. При сварке трехфазной дугой применяются электроды ОММ-5, МЭЗ-04, УОНИ-13/45 и другие, которыми свариваются стыковые, тавровые, нахлесточные и угловые соединения.

Для повышения производительности трехфазной дуговой сварки можно применять также спаренные электроды с дополнительной вставкой по

одному из вариантов. Такого типа электроды облегчают также гашение дуги между электродами при отрыве электрода от изделия.

К недостаткам сварки трехфазной дугой следует отнести трудность выполнения сварных швов, расположенных на вертикальной плоскости или находящихся в потолочном положении, быструю утомляемость сварщика вследствие большого веса и размеров электрододержателя, особенно в случае применения электродов большого диаметра, необходимость изготовления специальных, нестандартных спаренных электродов, потребность в специальных трехфазных трансформаторах и необходимых устройствах, предназначенных для быстрого тушения дуги между электродами.

Вследствие указанных недостатков ручная сварка трехфазной дугой получила ограниченное применение главным образом на заводах при ликвидации дефектов стального литья и выполнения угловых и стыковых швов большого сечения в тяжелых металлоконструкциях.

1.6.1 Режимы наплавки трехфазной дугой.

Сила тока на каждом из двух электродов для равномерного плавления их устанавливается одинаковой. Глубина провара и правильное формирование сварного шва зависят от положения электродов по отношению к наплавляемой детали, а также от скорости перемещения электродов по направлению наплавки. Положение электродов определяется углом их наклона, длиной дуги и поперечным или продольным расположением спаренных электродов относительно наплавляемого валика. Угол наклона электродов (рисунок 1.7) изменяется от 60 до 75°. Угол наклона принимается таким, при котором обеспечивается перемещение жидкого металла и шлака из-под основания сварочной дуги в сторону наплавляемого валика. При чрезмерно большом угле наклона жидкий шлак и металл затекают на нерасплавленный металл детали вперед дуги, вследствие чего глубина провара уменьшается и возможен даже непровар.

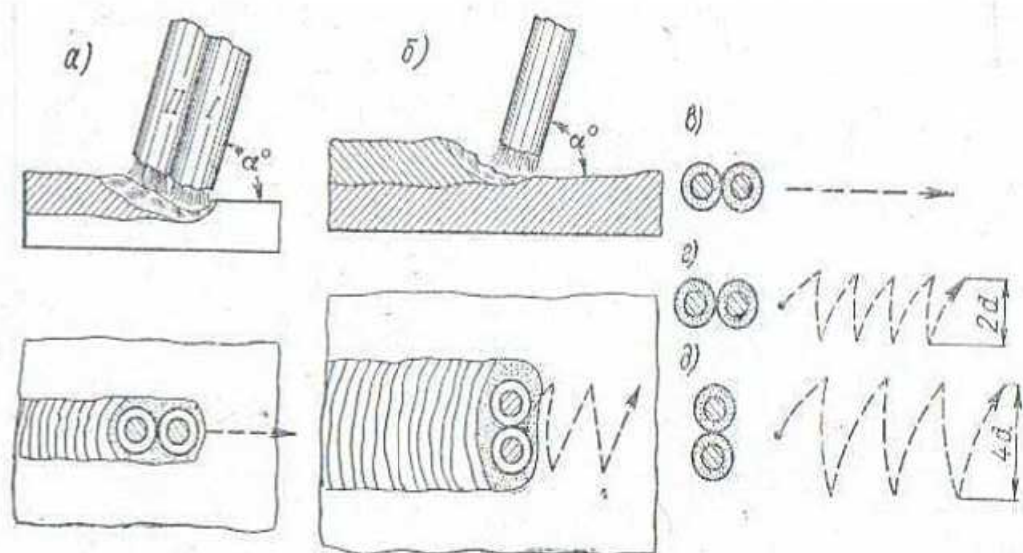


Рисунок 1.4 - Расположение и перемещение спаренных электродов при наплавке.

При малом угле наклона жидкий металл и шлак сильно выдуваются дугой, чем нарушается правильное формирование валика наплавленного металла; поверхность и кромки валика становятся неровными; значительно увеличивается разбрызгивание жидкого металла и шлака.

По отношению к наплавленному валику, спаренные электроды располагаются вдоль (рисунок 1.4, а) или поперек (рисунок 1.4, б) валика. Продольное расположение электродов применяют в том случае, когда наплавку производят в узком и мало доступном для электродов месте, а также когда нужно получить узкий, но более высокий слой наплавленного металла. Поперечное расположение электродов более рационально: кромки валика хорошо проплавляются; валик наплавленного металла получают более широкими, но менее высокими, чем при продольном расположении электродов.

Спаренные электроды перемещают прямолинейно (рисунок 1.4, в) или с поперечным колебанием (рисунок 1.4, г, д), последнее применяют для получения более широкого валика наплавленного металла. Ширина поперечного перемещения у продольно расположенных электродов составляет не более двух диаметров электрода, а у поперечно расположенных

– не более четырех. Скорость наплавки ручной трехфазной дугой в среднем находится в пределах 10-20 м/ч. В отдельных случаях бывают значительные отклонения в ту или другую сторону. Она зависит от толщины стенки наплавляемой детали, диаметра электрода, плотности сварочного тока, площади поперечного сечения наплавляемого валика. Скорость наплавки трехфазной дугой оказывает влияние на глубину провара в большей степени, чем это имеет место при ручной наплавке однофазной дугой. Незначительное уменьшение скорости наплавки часто приводит к прожогам металла, что особенно опасно при небольшой его толщине.

Для получения одного слоя наплавленного металла толщиной до 3-4 мм спаренные электроды диаметром 5 мм располагают поперек наплавляемого валика и во время наплавки им придают поперечное колебательное перемещение. В этом случае ширина каждого валика доходит до 30 мм и более. Слой наплавленного металла толщиной свыше 4 мм получается при продольном расположении спаренных электродов. Во время наплавки им также придают небольшое поперечное колебательное перемещение, при этом получают валики шириной до 20 мм.

Ширина и высота валиков зависят не только от диаметра электрода, но и от величины амплитуды поперечного колебательного перемещения электродов и от скорости наплавки. Изменяя эти параметры в зависимости от характера наплавочных работ, получают валики разной ширины и высоты. Наплавка ведется только в нижнем положении. Наплавляемые валики располагаются друг за другом и перекрывают друг друга на $\frac{1}{4}$ своей ширины. Такое небольшое взаимное перекрытие валиков вполне достаточно для получения ровного слоя наплавленного металла.

1.7 Известные методы восстановления грунтозацепов гусеничной техники.

Наиболее распространенным способом восстановления деталей ходовой части сельскохозяйственных машин является электродуговая наплавка под слоем флюса. Данный метод обеспечивает высокую производительность процесса и качество наплавки. Так как детали ходовой части имеют износ от 3-4 мм и выше, их наплавку производят, как правило, в несколько слоев, что существенно увеличивает трудоемкость процесса и, соответственно, производительность.

Грунтозацепы зачастую имеют сложную форму, поэтому для их восстановления применение этого способа редко является целесообразным.

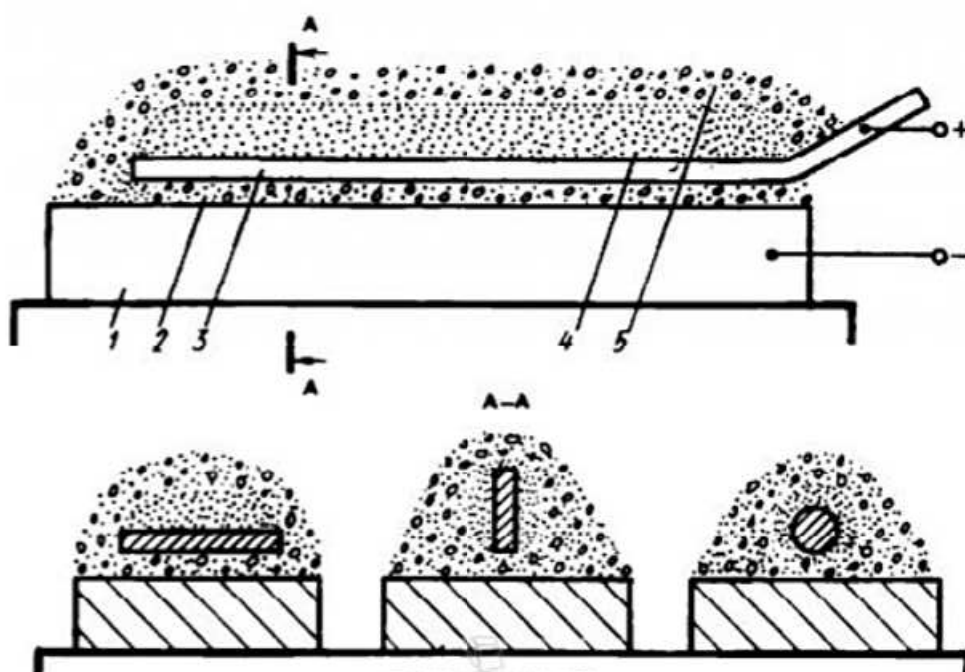
RU (11) 2133177 (13) C1 "СПОСОБ НАПЛАВКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЛЕЖАЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ"

"Изобретение относится к области восстановления рабочих поверхностей деталей, работающих в условиях абразивного износа, методом наплавки плавящимся лежащим электродом под флюсом и может быть использовано при восстановлении беговых дорожек звеньев и грунтозацепов башмаков гусеничных тракторов типа D9N и экскаваторов типа EX-400. Наносят слой флюса на наплавляемую поверхность, который является изолирующим материалом. Затем на него укладывают электрод. Участок поверхности в зоне расположения конца электрода очищают от флюса. На этот участок и электрод наносят слой металлической присадки. Затем последовательно насыпают упрочнитель и слой сварочного флюса. Возбуждают дугу и выполняют наплавку."

Разработаны технология и оборудование для восстановления грунтозацепов башмака гусеницы и беговой дорожки звеньев гусениц на примере тракторов Т.100М и Т.130 электродуговой наплавкой неподвижным

плавящимся электродом (НПЭ) под флюсом с применением дополнительного присадочного материала (ДПМ). Данная технология по сравнению с существующими способами восстановления этих деталей (автоматическая наплавка порошковой лентой под флюсом и приварка полосы или прутка) обладает значительно меньшей стоимостью и трудоемкостью, а также не требует специального дорогостоящего оборудования. Разработанная технология и установка позволяют наплавлять грунтозацепы башмака правой и левой гусениц трактора Т.130 с производительностью до 20 шт. в час.

Схема наплавки неподвижным электродом показана на рисунке 1.4.



1 - свариваемое изделие; 2 - изолирующий слой флюса; 3 - пластинчатый электрод;
4 - дополнительный порошкообразный присадочный металл; 5 - сварочный флюс

Рисунок 1.5 - Наплавка неподвижным электродом.

Основные преимущества данного способа – возможность производить наплавку деталей с использованием обычных источников питания сварочной дуги и несложных приспособлений, возможность автоматизации наплавки коротких швов и поверхностей сложной конфигурации, проведение процесса

в труднодоступных местах, обеспечение высокой производительности при наплавке поверхностей с большими износами за один проход.

К недостаткам следует отнести большой объем подготовительных работ по съему изделий и установке их перед процессом наплавки в приспособление с точным определением положения неподвижного электрода относительно конфигурации грунтозацепа.

SU 1756092 A1 "СПОСОБ РЕМОНТА ГРУНТОЗАЦЕПА ТРАКА ГУСЕНИЦЫ"

"Использование: осуществление технологических процессов ремонта деталей машин, в частности грунтозацепов траков гусениц. Сущность изобретения: удаляют изношенную часть гребня 2 грунтозацепа трака 3 до образования плоской площадки 4. В поверхности площадки неизношенной части гребня выполняют продольный паз 5 в форме ласточкина хвоста. Изготавливают накладку, выполненную с головкой 6 по форме и размерам неизношенной части гребня, а с внутренней стороны по форме и размерам паза 5 гребня 2. После установки накладки в паз производят сварку накладки с неизношенной частью гребня. Схема способа показана на рисунке 1.5.

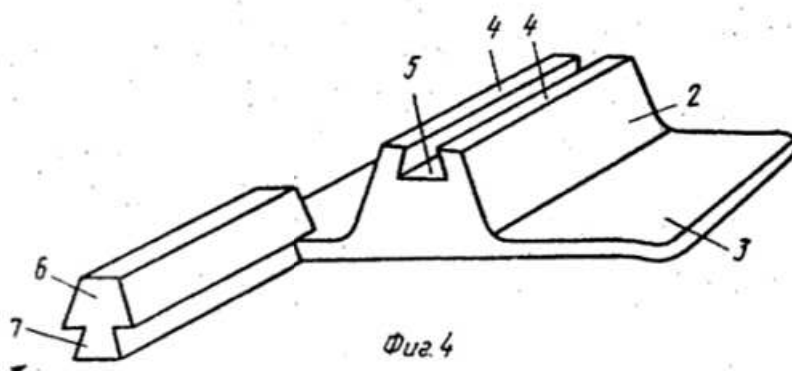


Рисунок 1.6 - Способ ремонта грунтозацепа трака гусеницы.

К явному недостатку представленного способа можно отнести необходимость в применении сложного оборудования, связанного с обработкой грунтозацепа, изготовлением специальной заготовки и обязательным снятием грунтозацепов с гусеницы. Данный способ затруднительно применять в полевых условиях.

Выводы по разделу:

Существует множество различных способов наплавки, которые можно применить для восстановления деталей ходовой части гусеничной техники и в частности грунтозацепов траков. Однако, ввиду того что грунтозацепы имеют разные конфигурации профиля, большинство способов являются нецелесообразными. Также, автоматизированные способы наплавки в данном случае требуют большого объема подготовки к процессу наплавки и съема изделий с гусеницы, что приводит к большим трудозатратам.

В результате для случая восстановления грунтозацепов ручная дуговая наплавка является наиболее подходящим способом. Основным недостатком этого способа считается низкая производительность и большое проплавление основного металла. Для устранения этих недостатков принято решение разработать технологию ручной дуговой наплавки трехфазной дугой косвенного действия.

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Разработка оборудования для наплавки трехфазной дугой двумя и тремя электродами.

Специального оборудования для наплавки трехфазным способом промышленностью не выпускается, по этой причине необходимо разработать установку для исследования процесса.

Электрическая схема установки для проведения исследований показана на рисунке 2.1. За основу взят сварочный выпрямитель ВД-306. Выпрямитель имеет трехфазный трансформатор с подвижными обмотками, таким образом обеспечивается крутопадающая характеристика, необходимая для процесса наплавки и требуемый диапазон регулирования силы тока.

Технические характеристики выпрямителя ВД-306

Напряжение питающей трехфазной сети, В	380
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60-315
Номинальный сварочный ток, А	300
ПВ- 100%	65
Номинальная мощность, кВа	13
Масса, кг	140

Подключение осуществляется непосредственно к выводам вторичных обмоток сварочного трансформатора.

При подключении обмоток трансформатора способом "звезда - звезда" либо "треугольник - треугольник" между выводами вторичных обмоток напряжение составляет 50 - 55 В. Этого уровня напряжения недостаточно для осуществления надежного зажигания трехфазной дуги. Для устранения этого недостатка переключили первичную обмотку вариантом "треугольник", а вторичную вариантом "звезда". В результате такого подключения

напряжение между вторичными выводами составило 72 В. Такой уровень напряжения обеспечивает надежное зажигание дуги и является допустимым с точки зрения техники безопасности.

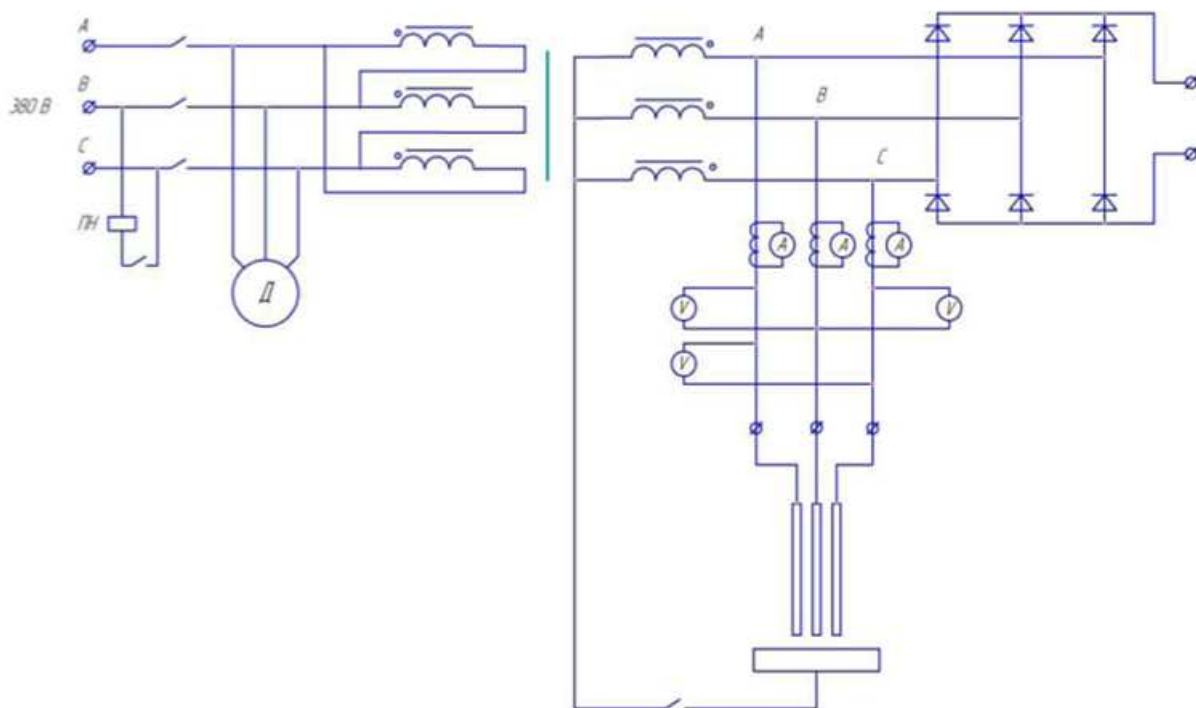


Рисунок 2.1 - Электрическая схема установки для трехфазных процессов наплавки с учетом изменений.

Для определения режимов наплавки в схему включены измерительные приборы. Три амперметра, подключенные к каждой фазе через измерительные трансформаторы фиксируют токи в каждой фазе. Напряжения фиксируются с помощью трех вольтметров.

Для проведения экспериментов по наплавке покрытыми электродами был изготовлен специальный трехфазный электродержатель, конструкция которого представлена в следующем пункте раздела.

2.1.1 Разработка специального трехфазного держателя.

При ручной дуговой наплавке трехфазной дугой возникает проблема: отсутствие электрододержателей, обеспечивающих одновременное закрепление нескольких электродов.

В литературе [4] автор приводит несколько конструкций электрододержателей, которые применялись для сварки и наплавки трехфазной дугой. Рассмотрим их подробнее.

Электрододержатель является основным инструментом, которым манипулируют сварщики, и конструктивное совершенство его во многом определяет жизнеспособность всякого нового способа сварки. Для сварки двумя отдельными электродами могут быть использованы обычные электрододержатели, применяющиеся для сварки однофазной дугой.

Конструирование электрододержателей для сварки двойными электродами представляет значительные затруднения из-за большого количества разнообразных требований, предъявляемых к ним. Электрододержатель должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) удобство в работе (ограниченность веса и свобода манипуляции электродом);
- 2) быстрота и удобство смены электродов;
- 3) надежность электрододержателя в отношении продолжительности его службы;
- 4) надежность контакта;
- 5) устранение возможности замыкания между фазами, приложенными к разным губкам электрододержателя;
- 6) простота изготовления;
- 7) простота ремонта;
- 8) возможность перехода со сварки трехфазной дугой к сварке однофазной дугой. Последнее требование предъявляется не во всех случаях.

Ниже приведены конструкции некоторых наиболее известных электрододержателей.

На рисунке 2.2 показан держатель, предназначенный для сварки раздельными электродами, обеспечивающий регулирование расстояния между электродами. Этот держатель имеет очень большой вес, и неудобен при манипулировании им и не допускает быстрой смены электродов.

Держателю, изображенному схематично на рисунке 2.3, свойственны большие затруднения в смене электродов.

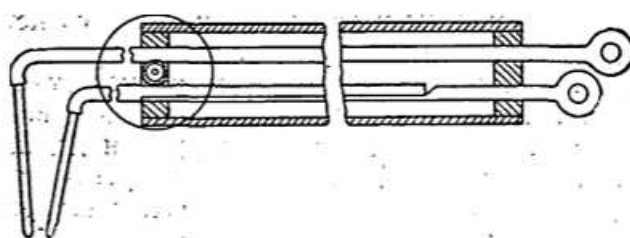


Рисунок 2.2 - Схема примитивного держателя для сварки раздельными электродами.

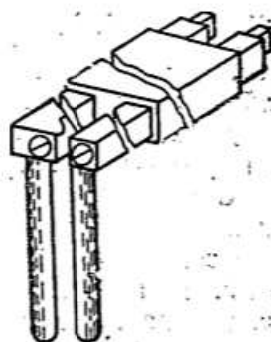


Рисунок 2.3 - Схема примитивного держателя для параллельных электродов.

На Уралмашзаводе также разработаны держатели и других типов: с короткими ветвями (рисунок 2.4) и с симметричными ветвями. Неудобным в этих держателях является крепление к изоляционной планке обеих ветвей. Этот недостаток устранен в оригинальной конструкции держателя, предложенной Альзитцером и Абросимовым (рисунок 2.5).

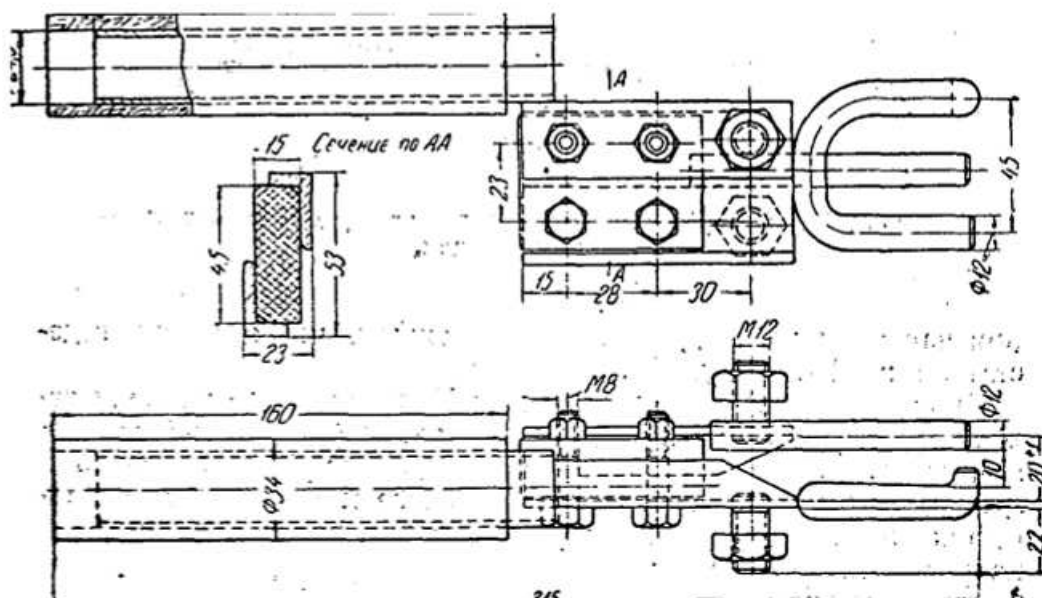


Рисунок 2.4 - Держатель УЗТМ с короткими ветвями

В этих конструкциях электрододержателей электроды закреплялись только в одном каком-то определенном положении. При необходимости изменения расположения электродов относительно линии шва сварщику приходилось менять свое положение относительно детали. При сложной конфигурации деталей и в труднодоступных местах часто невозможно было расположить электроды относительно линии шва в надлежащем положении.

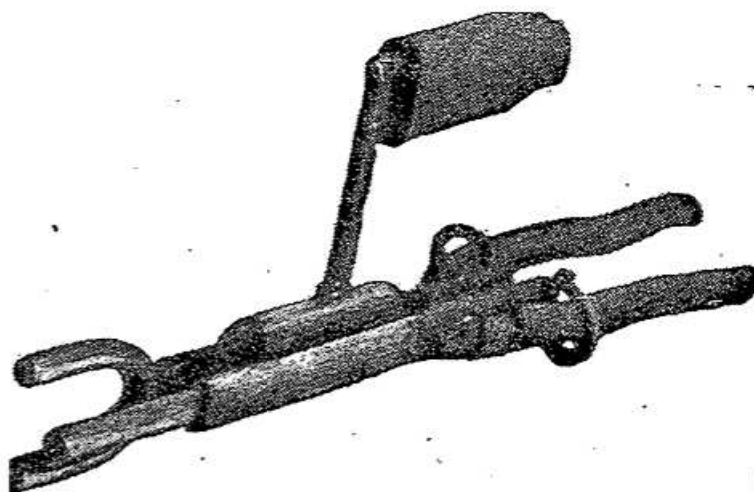


Рисунок 2.5 - Держатель системы Альзипцера и Абросимов

Удачным был держатель, предложенный В. А. Столбовым (рисунок 2.6,

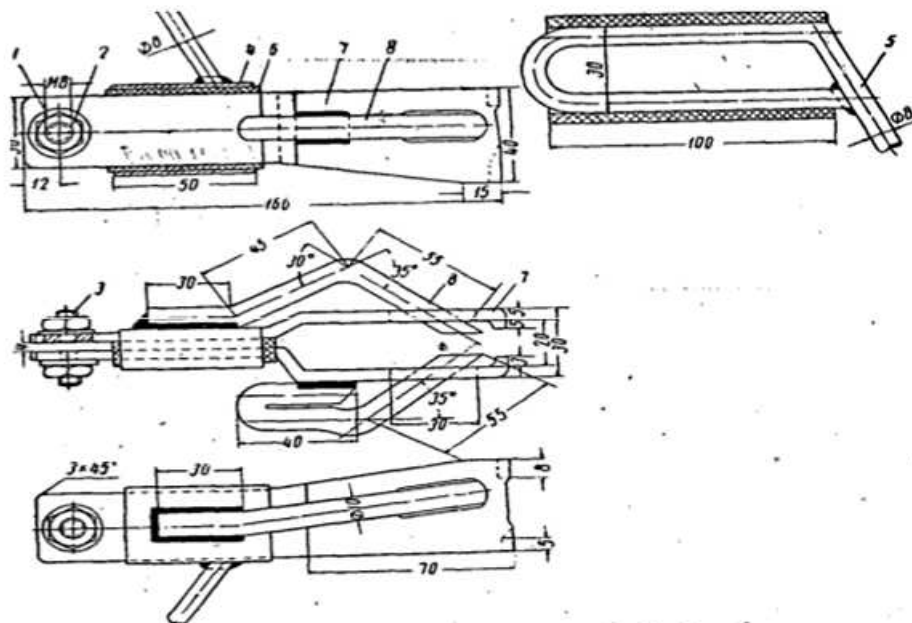
2.7). В этом держателе электроды прижимались одной стороной к плоскости. Во время сварки это обеспечивало по мере нагревания концов электродов увеличение площади контакта их позволило удлинить с контактными пластинами держателя. Это позволило увеличить срок службы держателя. К недостаткам описанной конструкции следует отнести сравнительную сложность конфигурации деталей держателя и требование длинных (до 50 мм) зачищенных для контакта концов электродов. Выпускаемые же нашей промышленностью электроды, изготовляемые методом опрессовки, имеют контактные концы длиной только 20 — 30 мм. Закрепление электродов с короткими контактными концами приводит к необходимости отбивать часть покрытия для увеличения их длины. При этом, как правило, очистка контактных концов бывает некачественной, что уменьшает контакт между электродами и держателем и приводит к выходу последнего из строя [2, 3, 4].

С точки зрения перечисленных требований удачным оказался держатель, предложенный Н. С. Русиновым (рисунок 2.8). Этот держатель изготавливается из углового железа 30 х 30 35х35 мм. Горизонтальные полки уголков срезаются наполовину или для облегчения держателя. В оставшейся части горизонтальных полок засверливаются углубления на глубину до 1,5 — 2 мм, чтобы опирать концы электродных стержней при зарядке электродов в держатель. В каждом уголке засверливается до пяти углублений на расстоянии 15 мм одно от другого. Наличие нескольких опорных углублений позволяет срезать подгоревшие рабочие концы уголков дугой, увеличивая тем самым срок службы держателя. Петля на прижимных стержнях обеспечивает хорошие пружинящие свойства их, которые сохраняются в течение всего срока службы держателя.

Описанный держатель имеет самый меньший вес (683 г) по сравнению со всеми ранее предлагаемыми конструкциями держателей.

К недостаткам рассматриваемого держателя следует отнести несколько большую величину огарка, остающегося в верхней ветви держателя, однако по сравнению со всеми его преимуществами этот недостаток не является

существенным. Производственная проверка описанной конструкции держателя дала удовлетворительные результаты.



- 1 - шайба; 2 — гайка; 2 — шпилька М8Х18; 4 — пластина; 50Х110 мм;
 5 — рукоятка держателя; 6 — асбестовый шнур; 7 — контактная пластина;
 8 — прижимной стержень.

Рисунок 2.6 - Держатель конструкции В. А. Столбова



Рисунок 2.7 - Общий вид держателя конструкции Н. А. Столбова

Все описанные электрододержатели предназначены для наплавки двумя электродами, поэтому для способа трехфазной наплавки тремя электродами от 2 до 4 мм был изготовлен специальный электрододержатель (рисунок 2.8).

Электрододержатель для ручной дуговой сварки содержит узел фиксации трех электродов, рукоятку, П-образный рычаг, закрепленный на оси, центральный и два боковых Г-образных токоподвода.

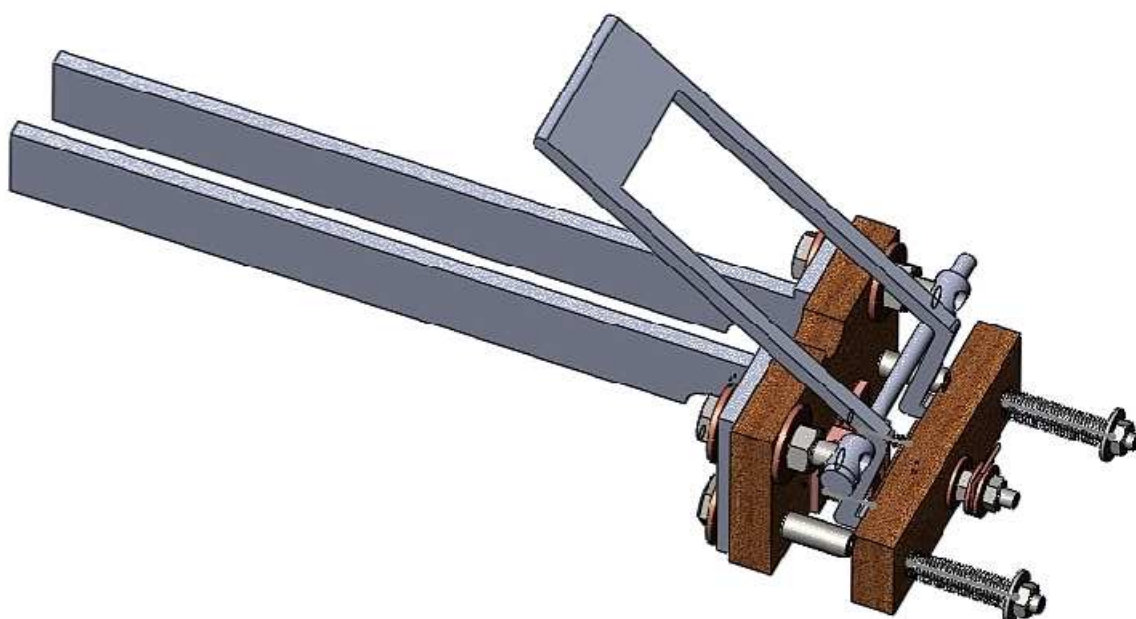
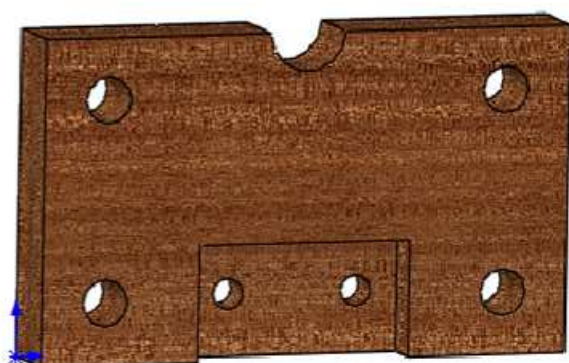


Рисунок 2.8 - Общий вид электрододержателя

Узел фиксации трех электродов включает в себя опорную и прижимную планки (рисунок 2.9), которые стянуты между собой посредством двух специальных направляющих болтов переменного диаметра (рисунок 2.10), снабженных в свою очередь прижимными пружинами (рисунок 2.11).



а)



б)

Рисунок 2.9 – Узел фиксации трех электродов: а - неподвижная планка; б - подвижная планка



Рисунок 2.10 – Специальный направляющий болт переменного диаметра

Для надежной фиксации трех электродов в держателе предусмотрен П-образный рычаг (рисунок 2.12), при нажатии на который опорная и прижимная планки расходятся, давая возможность сварщику установить электроды.



Рисунок 2.11 – Прижимная пружина

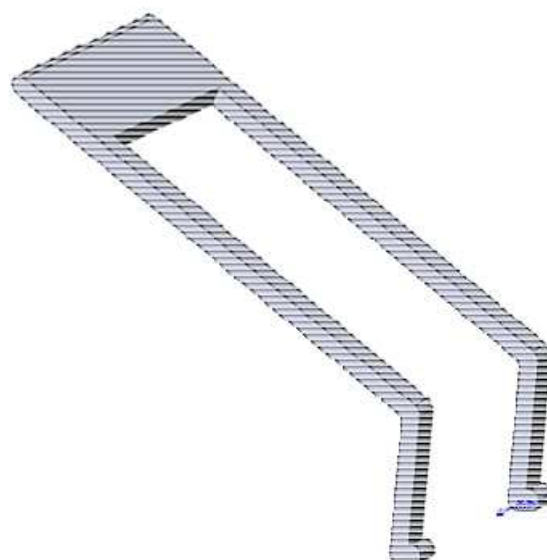


Рисунок 2.12 – П-образный рычаг

Между двумя направляющими специальными болтами переменного диаметра на внутренней стороне опорной планки закреплены два боковых Г-образных токоподвода, а на внутренней стороне прижимной планки закреплен центральный токоподвод (рисунок 2.13). Для предотвращения короткого замыкания и смещения электродов во время закрепления в электрододержателе, между Г-образными токоподводами установлен изолятор, а напротив центрального – изолирующая пластина. Обе детали выполнены из фторопласта (рисунок 2.14).

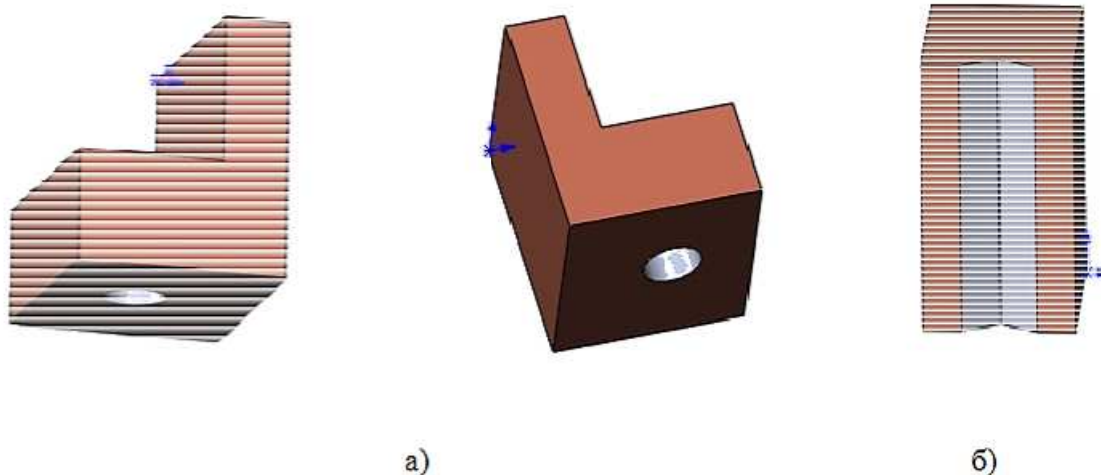
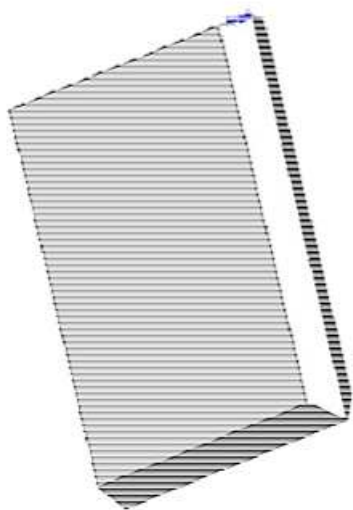
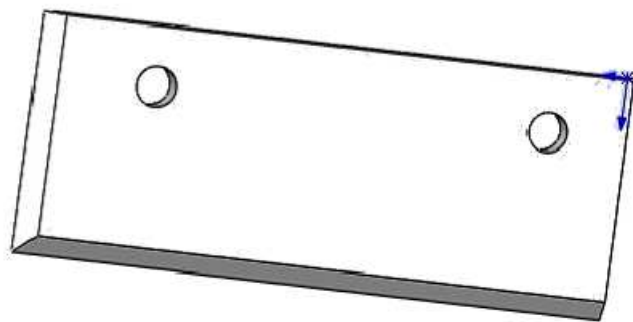


Рисунок 2.13 – Токоподводы: а – Г-образные; б - центральный



а)



б)

Рисунок 2.14 – Изолирующие детали: а – изолятор; б - пластина

К неподвижной планке при помощи двух направляющих специальных болтов переменного диаметра крепится рукоятка, состоящая из двух симметричных частей (рисунок 2.15).

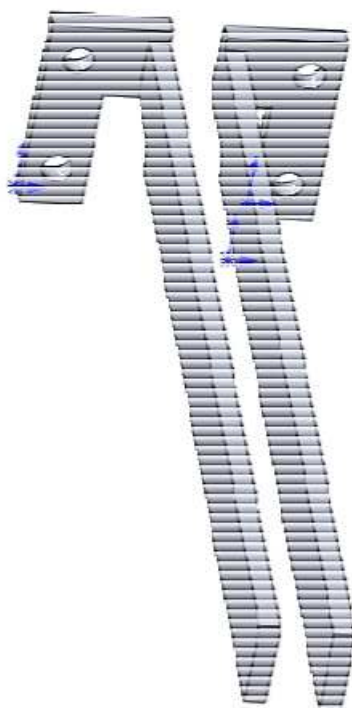


Рисунок 2.15 – Рукоятка электродержателя.

Данный электрододержатель был разработан взамен предыдущему (рисунок 2,16), ввиду сложности его изготовления.

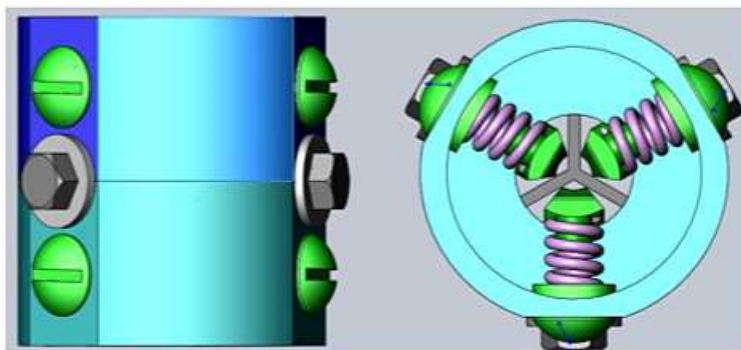


Рисунок 2.16 - Головка трехфазного электрододержателя

После проектирования был произведен расчет массы электрододержателя. Масса электрододержателя рассчитывалась в программе Solid Works (рисунок 2,17), где были указаны материалы всех элементов конструкции. По результатам расчетов масса электрододержателя составила 450 грамм.

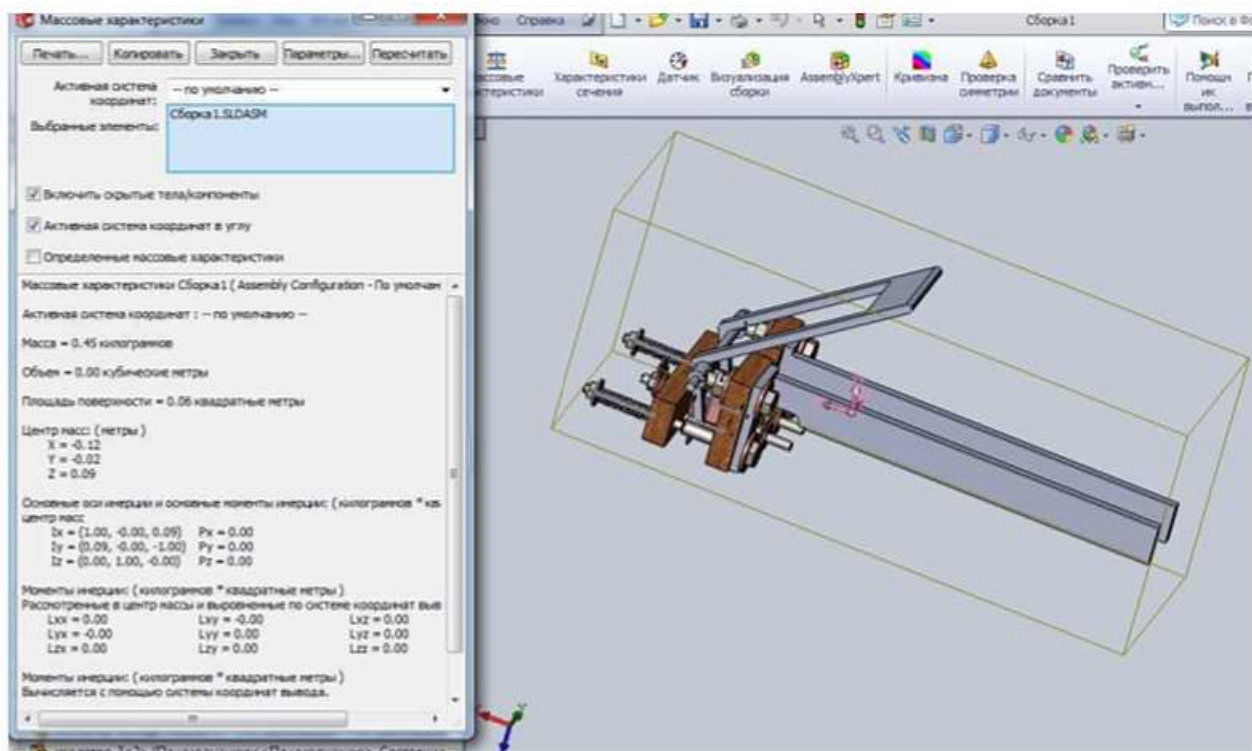


Рисунок 2.17 - Расчет массы электрододержателя в программе Solid Works

2.1.2 Подбор сечения проводов между источником и электрододержателем.

Для подвода тока от источника питания к электрододержателю, используют сварочные кабели. Сварочные кабели должны быть гибкими, чтобы можно было быстро менять их положение, в разных положениях сварщика, поэтому они изготавливаются из тонких медных проволок, их изоляция из гибкой и прочной, влагостойкой и маслостойкой резины [2,3].

Сечение жилы сварочного кабеля должно соответствовать максимальному сварочному току, получаемому от применяемых источников.

В таблице 2.1 приведены основные данные современных сварочных кабелей, где в обозначении марки кабеля КГ и КОГ — кабель гибкий и кабель особо гибкий, 1 — одна жила в кабеле, цифры после знака умножения — сечение жилы кабеля.

Таблица 2.1. Данные сварочных кабелей

Марка кабеля	Сечение жилы, мм ²	Допустимый сварочный ток, А
КГх16 КОГ1х16	16	90
КГ1х25 КОГ1х25	25	125
КГ1х35 КОПх35	35	175
КГ1х50 КОГ1х50	50	25
КГ1х70 КОГ1х70	70	350
КГ1х95 КОГ1х95	95	485
КГ1х120 КОПх120	120	600

Так как ток в при проведении экспериментов не превышает 90 А, выбираем кабель сечением 16 мм²

2.1.3 Разработка схемы для определения электрических параметров трехфазной дуги в процессе наплавки.

При разработке технологии наплавки необходимо определения режимов, на которых гарантируется качественный процесс нанесения слоя металла. Для определения режимов в разработанную установку включается

блок АЦП. Для его подключения была разработана специальная схема, показанная на рисунке 2.18.

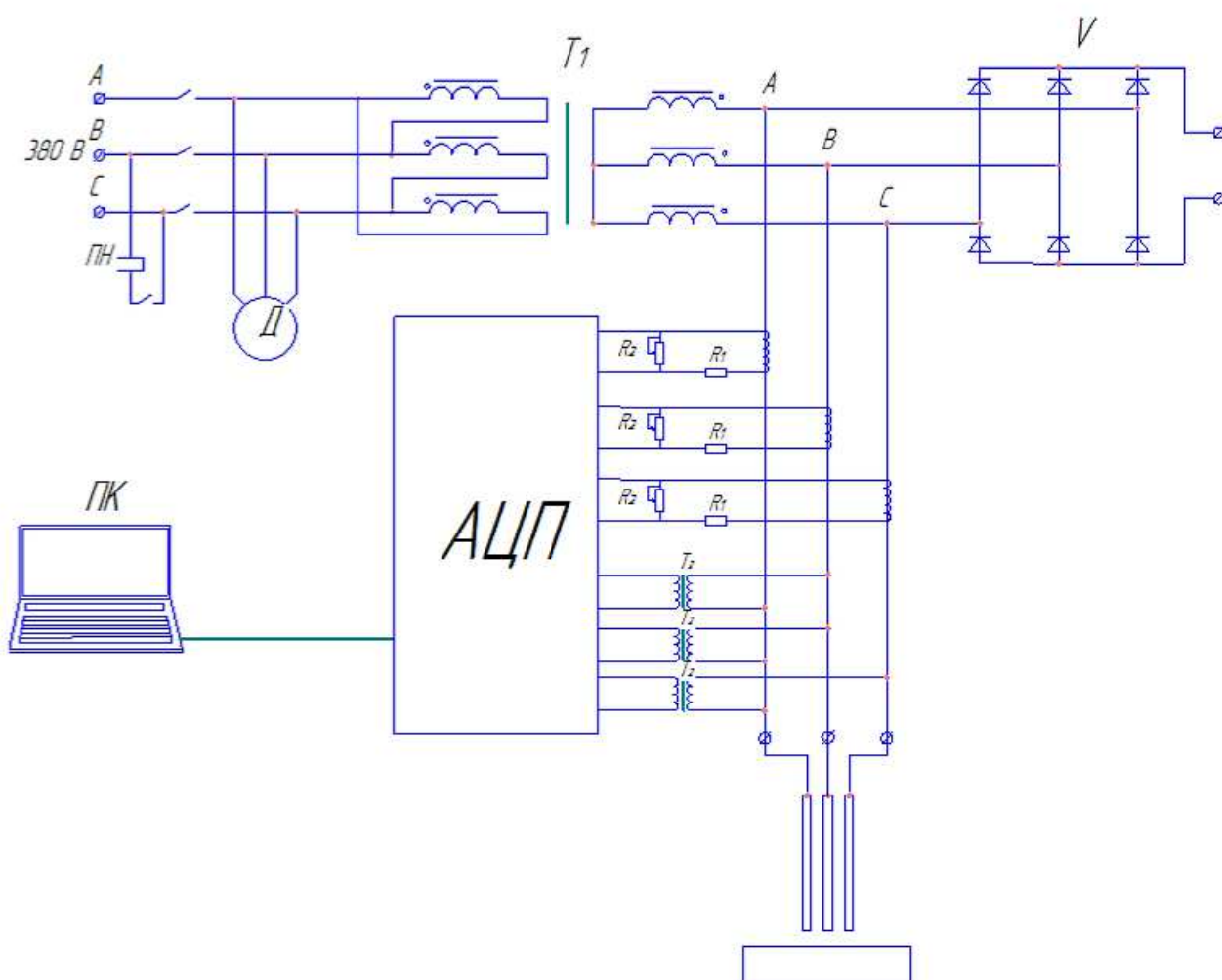
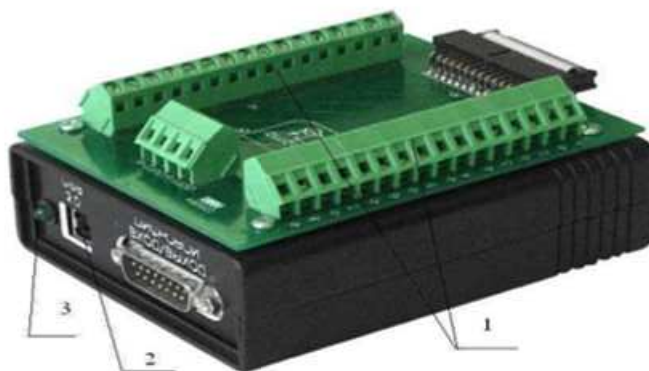


Рисунок 2.18 - Схема подключения модуля АЦП

В качестве осциллографа был выбран модуль аналого-цифрового преобразователя (АЦП) ZET-210. Модуль АЦП ZET-210 предназначен для измерений параметров сигналов в широком частотном диапазоне (с частотой дискретизации до 500 кГц), поступающих с различных первичных преобразователей. Модуль имеет также цифровые и аналоговые выходы, которые могут использоваться в цепях управления различными исполнительными механизмами (рисунок 2.19).



1 – клеммы для подключения входных аналоговых сигналов; 2 – разъем USB 2.0 для подключения к компьютеру; 3 – светодиодный индикатор питания

Рисунок 2.19 - Внешний вид модуля АЦП ZET-210.

Основные технические характеристики модуля АЦП ZET-210 представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики модуля АЦП ZET-210.

Характеристика	Значение
Количество аналоговых входов	16 синфазных / 8 дифференциальных
Суммарная частота преобразования	< 500 кГц
Количество разрядов АЦП	16
Максимальное входное напряжение	± 7 В
Входное сопротивление	2 кОм
Динамический диапазон	84 дБ
Максимальная неравномерность АЧХ в частотном диапазоне 10 Гц...200 кГц	1 дБ
Защита входов при включенном питании	± 30 В
Защита входов при выключенном питании	± 30 В
Межканальное проникновение	-72 дБ
Входная емкость	20 пФ

2.1.4 Расчет и изготовление делителей напряжения.

Основные технические характеристики АЦП ZET 210 предусматривает максимальное входное напряжение ± 7 В. При наплавки независимой трехфазной дугой максимальное напряжение U_{xx} составляет 82В. Поэтому для уменьшения входного напряжения необходимо использовать делители напряжения.

Делитель напряжения это цепь или схема соединения резисторов, применяемая для получения разных напряжений от одного источника питания.

Для уменьшения значения входного (питающего) напряжения используют делитель напряжения на резисторах. В нём, выходное напряжение $U_{вых}$ зависит от значения входного (питающего) напряжения $U_{вх}$ и значения сопротивления резисторов. Делитель напряжения – наиболее часто применяемое соединение резисторов. Например, переменный резистор, используемый в качестве регулятора громкости компьютерных колонок, является делителем напряжения с изменяемыми сопротивлениями плеч, где он выполняет роль ограничителя амплитуды входного сигнала.

Определим максимальный ток входного напряжения сигнала АЦП ZET 210.

Для расчета максимального тока входного напряжения применим закон Ома:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (2.1)$$

где I – максимальный ток входного сигнала АЦП ZET-210, А;

U – максимальное выходное напряжение, В;

R – внутреннее сопротивление АЦП, Ом.

$$I = 7/2000 = 0,0035 \text{ мА}$$

Принципиальная схема делителя напряжения проста и состоит всего из двух резисторов. Главным в ее сборке остается правильный расчет сопротивления резисторов, необходимый для получения конкретного напряжения, и мощности, проходящей через них.

Расчет резисторов для делителя напряжения происходит с конца схемы рисунок 2.20, а именно имеем изначальные данные: нагрузка устройства (части компонентов на схеме), входное напряжение равно 90 В., выходное напряжение равно 7 В., и рассчитанный выше максимальный ток входного сигнала АЦП ZET 210 равный 3,5 мА.

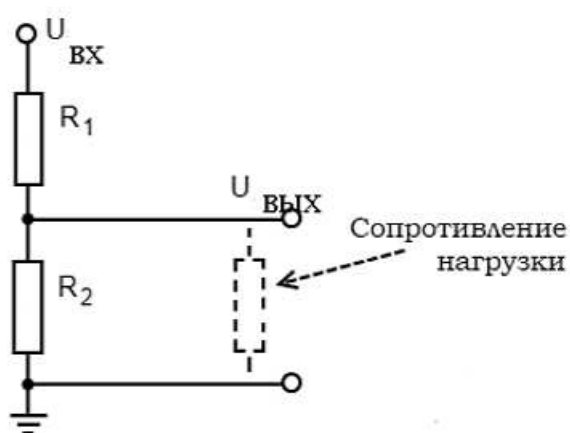


Рисунок 2.20 – Схема делителя напряжения.

$$= \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{R_2}, \quad (2.2)$$

где R_2 – сопротивление на втором резисторе, Ом;

$U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение, В;

I – ток, А.

Зная сопротивление резистора R2, можем найти сопротивление резистора R1:

$$R_1 = \frac{U_{вх} - U_{вых}}{I} \quad (2.3)$$

где $U_{вх}$ – входное напряжение, В.

$$R_1 = \frac{90 - 0,0035 \cdot 2000}{0,0035} = 23714,3 \text{ Ом} = 23,7 \text{ кОм}$$

Расчет делителя напряжения окончен. Так как нагрузка на выходе делителя напряжения имеет свое сопротивление, расчет необходимо производить с поправкой на это.

Нагрузка составляет 3,5 мА, исходя из этого, по закону Ома, рассчитываем сопротивление нагрузки:

$$R_{нагр} = U/I = 7/0,0035 = 2000 \text{ Ом} = 2 \text{ кОм}$$

Как видно, данный расчет мы уже производили выше для резистора делителя напряжения.

В данном случае нагрузка служит параллельным сопротивлением резистору R_1 , и все расчеты следует поправить, иначе мы потеряем почти 2 В:

$$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_{нагр}}{R_1 + R_{нагр}} \quad (2.4)$$

где $R_{общ}$ – общие сопротивления R_1 и $R_{нагр}$ Ом;

$R_{нагр}$ – сопротивление нагрузки, Ом;

—сопротивление на втором резисторе, Ом.

$$R_{\text{общ}} = \frac{2000 \cdot 2000}{2000 + 2000} = 1000 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \cdot \frac{R_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}} + R_{\text{общ}}} \quad (2.5)$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = 90 \cdot \frac{1000}{23714,3 + 1000} = 3,64 \text{ В}$$

Исходя из этого, сопротивление резистора необходимо рассчитывать по формуле:

$$R_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} \cdot R_{\text{общ}} - R_{\text{общ}} \quad (2.6)$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{90}{7} \cdot 1000 - 1000 = 11857,1 \text{ Ом} = 11,9 \text{ кОм}$$

Делаем проверку:

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \cdot \frac{R_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}} + R_{\text{общ}}} \quad (2.7)$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = 90 \cdot \frac{1000}{11857,1 + 1000} = 7 \text{ В}$$

Расчет резисторов необходимых для делителя напряжения закончен, осталось выяснить тип резистора, способный выдержать нагрузку. Рассчитываем мощность, проходящую через резистор делителя напряжения:

$$P = I^2 R = 0,09^2 \cdot 11857,1 = 0,683 \text{ Ватт}$$

Делаем вывод, что нам подходят резисторы мощностью не менее 1 Ватт, к таким может относиться, например, МЛТ – 1.

2.1.5 Применение понижающих трансформаторов для измерения напряжения между фазами.

Для проведения экспериментов по подключению к гальванической развязке и уменьшению напряжения до допустимого уровня на входе АЦП использовались три трансформатора от электрических блоков питания ROBITON PC 300. Его технические характеристики представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Технические характеристики блока питания ROBITON PC 300

ВХОД	230 В-50 Гц 9 Вт
ВЫХОД	1.5-3-4.5-6-7.5-9-12 В. 300мА

2.2 Изготовление электродов с тремя и двумя стержнями.

В настоящее время промышленностью выпускается большое количество электродов для ручной дуговой сварки и наплавки. Электроды изготавливают двумя способами: окунанием и опрессовкой. Пасту для окунания замешивают примерно до сметанообразного состояния. Сначала смешивают сухие компоненты, а потом их замешивают на растворе

связующего вещества, обычно на растворе жидкого стекла. При методе обмакивания электродные стержни погружают в ванну с жидкой обмазочной пастой и медленно вытягивают из нее. Способ обмакивания сохранился лишь для обмазок, непригодных для нанесения опрессовкой, для тонких обмазок и в мелких электродных мастерских, не располагающих обмазочными прессами.

Более совершенный и преобладающий на современных электродных заводах способ нанесения обмазки опрессовкой осуществляется на специальных электродных прессах, работающих при высоких давлениях, 400-800 атм. Обмазочная паста для опрессовки имеет консистенцию влажной земли и при сжатии в руке слипается в комок. Обмазочная паста периодически загружается в цилиндр пресса. Электродные стержни проталкиваются через мундштук цилиндра в количестве от 200 до 600 шт. в минуту и выходят покрытыми плотным слоем обмазки вполне равномерной толщины. По выходе из пресса один конец электрода зачищается для захвата держателем.

Электроды, изготовленные обмакиванием, проходят предварительную сушку, при температуре до 40-50° С. Предварительная сушка необходима для устранения растрескивания слоя обмазки, которое получается при слишком форсированной высокотемпературной сушке. Опрессованные электроды ввиду малого содержания влаги в пасте не нуждаются в предварительной сушке и подвергаются сразу окончательной сушке. Окончательная сушка, или прокалка электродов имеет целью удалить по возможности всю влагу из пасты и придать слою обмазки максимальную механическую прочность за счет химических реакций между жидким стеклом и компонентами обмазки .

К покрытию электродов для сварки и наплавки трехфазной дугой, кроме обычных требований, связанных с химическим воздействием на расплавленный металл и ионизирующими свойствами, предъявляются требования ограниченной электропроводности и вязкости шлака. При несоблюдении этих требований возможны короткие замыкания между

стержнями по межэлектропроводному слою покрытия, что вызовет нарушение процесса сварки.

Специальные электроды с двумя и тремя стержнями в общей обматке промышленностью не выпускаются, поэтому для проведения экспериментов их приходится изготавливать самостоятельно.

В литературе [1, 2, 4] автор указывает способы изготовления таких электродов.

Производство двойных электродов представляет некоторое затруднение на тех заводах, которые не имеют своего электродного производства. Это обстоятельство и служит, препятствием, задерживающим применение в промышленности сварки открытой трехфазной дугой. При отсутствии механизированного производства двойных электродов при некоторых покрытиях могут употребляться обычные электроды, соединенные между собой. Однако склейка электродов по линии их касания дает очень малую прочность, и электроды при транспортировке, а иногда и в процессе закладки в держатель и при сварке разламываются.

Наиболее простой способ соединения — связывание электродов проволокой поверх покрытия или соединение их скобками, с заваркой этих скобок на точечной машине (рисунок 2.19). Этот способ можно механизировать в отношении предварительной заготовки проволочных связок или скобок. Соединение электродов можно производить также шпагатом или клейкой бумажными полосками в двух-трех местах при ручной работе, или по всей длине на машине. Электроды из двух стержней в общем покрытии изготавливаются полностью механизированным путем на машинах под давлением или ручным способом путем погружения в жидкую массу покрытия. При изготовлении погружением применяются обычные электроды однофазной сварки с нанесенным покрытием. Эти электроды зажимаются в рамки и на них погружением наносится еще один связующий слой покрытия. Необходимость выдержать по всей длине электрода

одинаковое расстояние между стержнями заставляет производить предварительную связку стержней, которая и остается в покрытии.

Во избежание короткого замыкания между электродными стержнями, в месте их закрепления в держателе, рекомендуется применять электрод с увеличенной толщиной покрытия между электродами на концах (рисунок 2.21) или при изготовлении электродов заводить изолирующие вставки из огнеупорных материалов, которые можно отштамповать на прессе (рисунок 2.22).

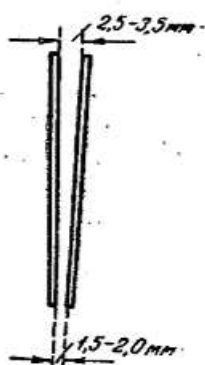


Рисунок 2.21 - Двойной электрод с утолщением покрытия между стержнями.

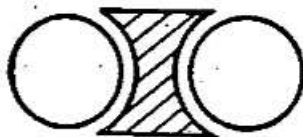


Рисунок 2.22 - Изолирующая вставка между токоведущими стержнями.

Однако, в нашем случае наплавка производится тремя электродами, и их необходимо собирать так, как показано на рисунке 2.23.

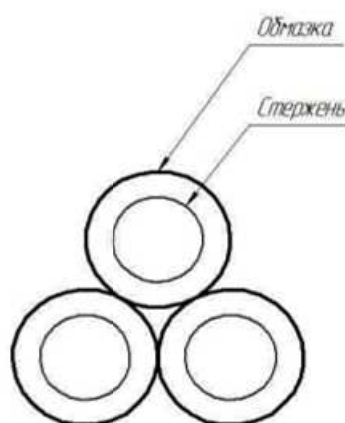


Рисунок 2.23 – Электроды для наплавки

К покрытию электродов для сварки трехфазной дугой, кроме обычных требований, связанных с химическим воздействием на расплавленный металл и ионизирующими свойствами, предъявляются требования ограниченной электропроводности и вязкости шлака. При несоблюдении этих требований возможны короткие замыкания между стержнями по межэлектропроводному слою покрытия, что вызовет нарушение процесса сварки.

Специальные электроды с двумя и тремя стержнями в общей обложке промышленностью не выпускаются, поэтому для проведения экспериментов их приходится изготавливать самостоятельно.

При наплавке трехфазной дугой двумя и тремя покрытыми электродами использовались обычные электроды МР-3 и ОЗС диаметром два и три миллиметра. Электроды располагались параллельно. Обеспечение надежной фиксации электродов относительно друг друга – основная проблема при их изготовлении. Для решения этой проблемы было опробовано несколько вариантов скрепления параллельно расположенных электродов.

Первые опыты были проведены с использованием электродов, скрепленных тонкой проволокой. Такой вариант изготовления обеспечивает надежную фиксацию электродов, но обладает серьезным недостатком: в момент расплавления проволока вызывает короткие замыкания между

электродами. В результате процесс идет с периодическими прерываниями горения трехфазной дуги в местах скрепления.

Также были изготовлены электроды, обвязанные ниткой вместо проволоки, но этот способ не обеспечивает надежной фиксации расстояния между электродами – при каждом обгорании нитки оно несколько увеличивается, что приводит к постоянным скачкам параметров наплавки.

В результате был найден оптимальный вариант изготовления (рисунок 2.24), который обеспечивается обмазкой связанных нитками электродов силикатным клеем. После высыхания клея, такие электроды необходимо скрепить тонкой проволокой и просушить при температуре 100-150°C.



Рисунок 2.24 - Специальные электроды.

Сначала электроды связывались вручную нитью, либо проволокой (рисунок 2.24). Первый способ не обеспечивает надежной фиксации расстояния между электродами – при каждом обгорании нитки оно несколько увеличивается, что приводит к постоянным скачкам параметров наплавки. Второй вариант изготовления обеспечивает надежную фиксацию электродов, но обладает серьезным недостатком: в момент расплавления проволока вызывает короткие замыкания между электродами. В результате процесс идет с периодическими прерываниями

горения дуги в местах скрепления. Затем электроды начали изготавливать следующим способом: вначале их так же связывали проволокой в 3 – 4 местах, затем на места стыка электродов друг с другом наносили смесь жидкого стекла с измельченной обмазкой электродов. Далее электроды просушивались, и снималась проволока. Данный способ обеспечил более надежное закрепление электродов друг с другом, и не происходит замыканий как в способе со связыванием электродов проволокой.

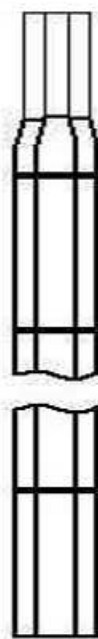


Рисунок 2.25 - Электроды, связанные проволокой, либо нитью

Однако данный способ имеет существенный недостаток: необходимо немало времени, чтобы нанести обмазку [4]. Впоследствии была разработана конструкция, с помощью которой можно было изготавливать сразу несколько электродов (рисунок 2.26).

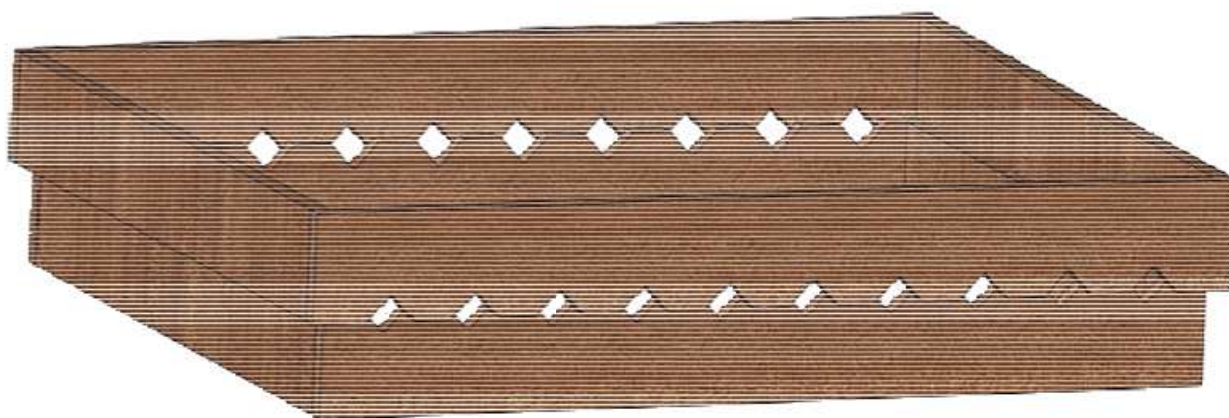


Рисунок 2.26 - Приспособление для изготовления электродов

Данное устройство представляет собой две рамки, в которых с одной стороны по двум граням вырезаны треугольники по всей длине. Вырезы в обеих рамках полностью симметричны. Верхняя рамка больше нижней ровно на столько, чтобы нижняя входила в нее без зазоров.

Сначала в конструкцию закладывается один электрод, два других ложатся на него. После того, как уложатся все электроды, наверх одевается рамка, плотно прижимается к нижней рамке и закрепляется. Затем электроды промазываются жидким стеклом. После того, как жидкое стекло на электродах немного подсохнет, электроды вынимаем.

**3 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
РАЗДЕЛ**

3.1 Преимущества и особенности способа наплавки трехфазной дугой покрытыми электродами.

Способ применения независимой трехфазной дуги обладает огромным потенциалом для многократного увеличения производительности процесса наплавки, а являясь, практически не изученным представляет большой интерес для его исследования и развития технологии.

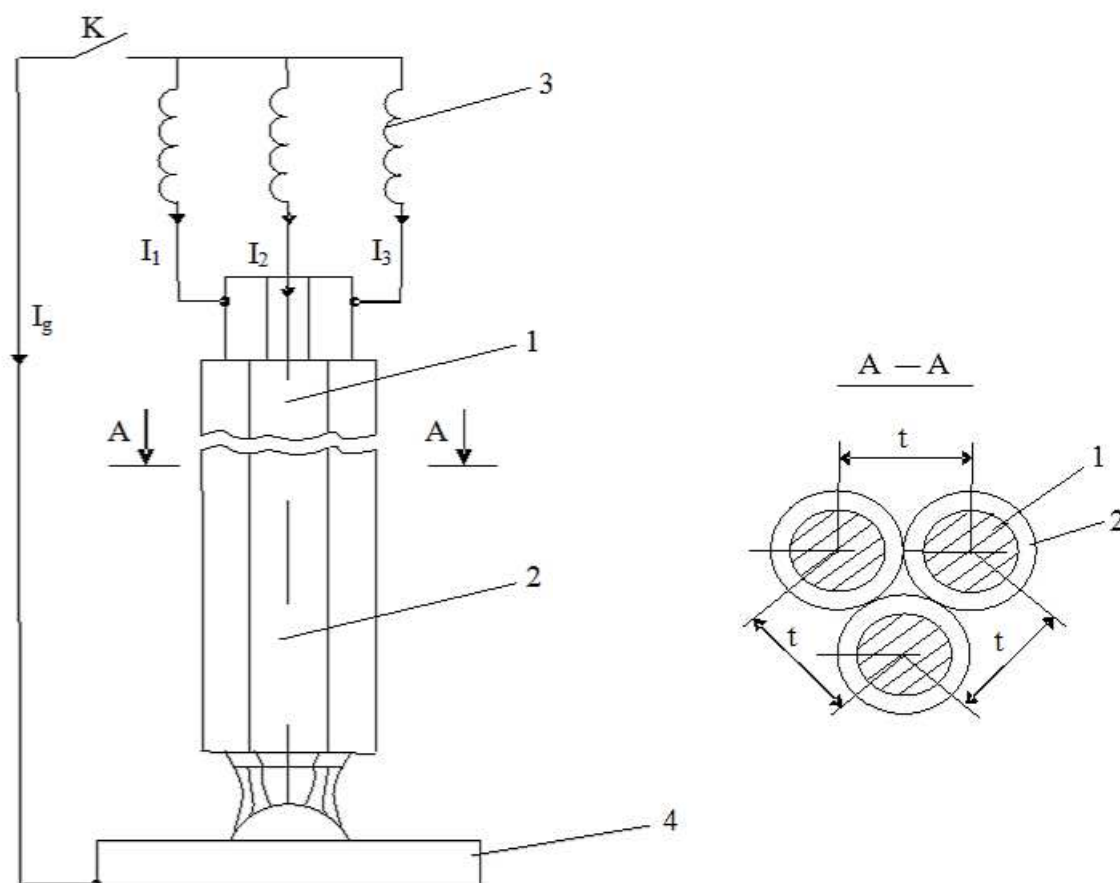
Процесс независимой трехфазной наплавки имеет множество особенностей. В данном случае каждая из трёх фаз источника питания подключена к одному из стержней электродов, трехфазная дуга горит между тремя покрытыми электродами, расположенными параллельно и скреплёнными между собой.

Преимуществами трехфазной дуги являются: высокая производительность процесса, достигаемая за счет одновременного плавления сразу трех электродов; значительное снижение глубины проплавления из-за отсутствия тока в наплавляемой детали; интенсивное перемешивание жидкого металла в сварочной ванне, обеспечивающее однородную структуру валиков. Отличительной особенностью способа является то, что наплавляемое изделие в цепь не включается, а трехфазная дуга находится между тремя стержнями, т. е. одновременно горят три однофазных дуги в одном общем факеле, взаимно влияя друг на друга и на электроды. Такое взаимодействие значительно увеличивает производительность наплавочных работ, уменьшает удельный расход электроэнергии и усиливает ионизацию дугового промежутка. При этом проплавление основного металла значительно уменьшается по сравнению с однофазными процессами наплавки. Оно происходит только за счет теплового воздействия трехфазной дуги и расплавленного электродного металла. В связи с освоением производства электродов диаметром 1,6–3 мм появилась возможность уменьшения массы электрододержателей и

токоподводящих проводов для трехфазных дуговых процессов, что позволило решить проблему на пути реализации данного способа [2, 3, 4].

Однако в литературных источниках практически нет сведений о применении наплавки независимой трехфазной дугой тремя электродами. В связи с этим были проведены исследования по трехфазной наплавке покрытыми электродами с целью обеспечения формирования валиков при минимальной доле участия основного металла в наплавленном путем оптимизации параметров процесса.

Схема наплавки независимой трехфазной дугой представлена на рисунке 3.1



1 – стержень электрода; 2 – покрытие на электроде; 3 – вторичные обмотки трехфазного трансформатора; 4 – деталь; I_1, I_2, I_3 – токи в электродах; I_d – ток в нулевом проводе; К – контакт отключения нулевого провода; t – расстояние между электродами.

Рис. 3.1 Схема наплавки независимой трехфазной дугой.

Из-за одинакового расстояния между тремя электродами и их равномерного плавления, наплавка по схеме (рисунок 3.1) обеспечивает равные электрические параметры режимов ($I_1 = I_2 = I_3$; $U_{12} = U_{13} = U_{23}$).

Показатели устойчивости горения независимой трехфазной дугой не могут оцениваться по показателям для однодуговой сварки [14]. Например, показатель эластичности неприемлем, так как после зажигания дуга горит независимо от детали. К наиболее важным показателям устойчивости горения независимой трехфазной дуги следует отнести: одновременное зажигание трех дуг, равномерность плавления трех электродов, потери на угар и разбрызгивание, стабильность по глубине проплавления и формирование шва, расстояние от независимой трехфазной дуги до детали, сплавления трех электродов после перерывов в горении дуги (застывшая капля на концах трех электродов вызывает короткое замыкание после включения трансформатора).

В связи с отсутствием трансформаторов для наплавки независимой трехфазной дугой могут применяться трансформаторы от сварочных выпрямителей с падающей внешней характеристикой (ВД-306, ВД-401). Но для увеличения холостого хода до 60–65 В необходимо подмотать витки вторичных обмоток.

При наличии специального трехфазного дросселя или отдельных дросселей в каждом линейном проводе возможно применение трансформаторов ТШС-1000-3, ТШС-600-3 и трансформаторов от выпрямителей типа ВС.

Зажигание независимой дуги осуществляется касанием изделия тремя электродами. С увеличением диаметра электродов зажигание касанием изделия электродами ухудшается. Зажигание дуги происходит успешнее при подключении к изделию нулевого провода. После зажигания дуги и разогрева детали нулевой провод отключается от детали. К недостаткам наплавки независимой трехфазной дугой следует отнести невозможность гашения дуги без отключения питания дуг током [1].

К преимуществам наплавки независимой трехфазной дугой следует также отнести увеличение производительности в четыре раза, так как скорость плавления электродов из-за взаимного подогрева дуг увеличивается на 30%. При диаметре электродов 2 мм доля участия основного металла в наплавленном составляет 5–10%, что невозможно при однодуговой наплавке. Если считать, что при однодуговой наплавке для обеспечения наплавленного металла без примесей основного необходимо наносить 3–5 слоев, производительность возрастает в 4–6 раз.

В отличие от однодуговой наплавки напряжение дуг в данном случае изменять в процессе наплавки невозможно. Напряжение на дугах зависит от расстояния между электродами и от толщины покрытия на электродах. Для уменьшения массы токоподводящих проводов и напряжения на дугах лучше применять электроды диаметром 2–4мм. В связи с отсутствием электродов для наплавки независимой трехфазной дугой перед наплавкой необходимо изготовить специальные электроды (п 2.2 данной работы).

3.2 Разработка способа, обеспечивающего надежное зажигание трехфазной дуги.

Зажигание независимой трехфазной дуги осуществлялось одновременным касанием детали концами трех электродов с последующим шунтированием токов через деталь. Зажигание улучшается с увеличением напряжения холостого хода и с уменьшением диаметра электродов. Очень важно в момент касания детали электродами одновременно зажечь три дуги. В случае неодновременного зажигания может наблюдаться неравномерное плавление электродов и ухудшается формирование шва.

Повысить надежность зажигания независимой дуги можно с помощью подключения нулевого провода источника к изделию на момент зажигания (рисунок. 3.2)

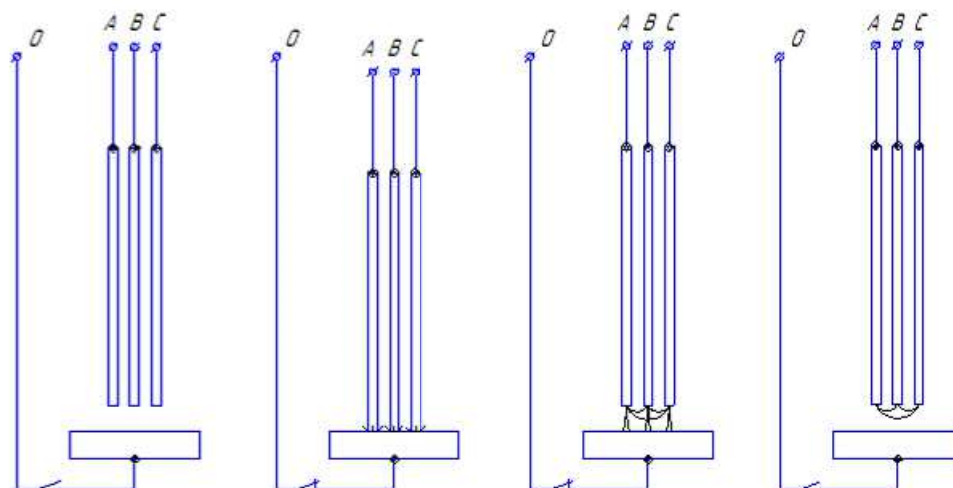


Рисунок 3.2- Зажигание косвенной дуги с помощью подключения нулевого провода.

К изделию подключается нулевой провод от трансформатора. Далее осуществляется касание электродами изделия в результате чего загорается не только независимая трехфазная дуга, но и еще три дополнительных дуги между изделием и каждым из электродов. Сразу после этого нулевой провод отключается, оставляя таким образом только независимую трехфазную дугу.

Такой вариант значительно облегчает зажигание независимой дуги. Более стабильно независимая трехфазная дуга загорается от дополнительного источника питания. Для осуществления данного способа зажигания в установку для исследования трехфазных процессов включается дополнительный источник питания.

После касания тремя электродами детали загорается дуга постоянного тока без плавления электродов и детали. После ионизации дугового промежутка цепь питания маломощной дуги отключается, и включается цепь питания независимой трехфазной дуги.

Для работы в полевых условиях, при ремонте деталей ходовой части гусеничной техники, необходимость в дополнительном оборудовании

нежелательна, поэтому был разработан способ, позволяющий обеспечить надежное зажигание трехфазной дуги без дополнительного источника.

Сущность способа показана на рисунке 3.3.

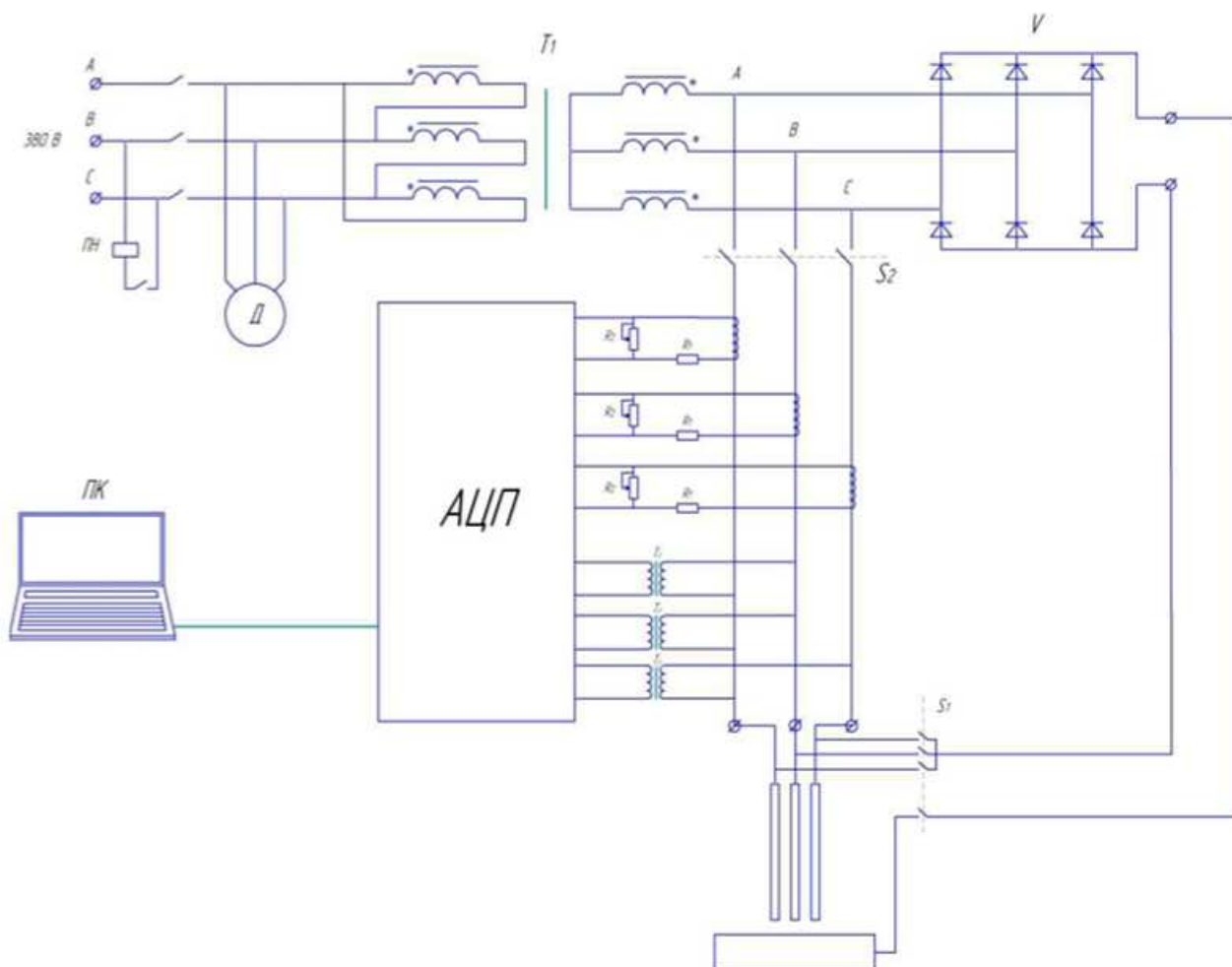


Рисунок 3.3 - Способ зажигания косвенной трехфазной дуги.

При применении этого способа необходимо первоначально зажечь дугу от сварочного выпрямителя ВД-306, после того как образуется сварочная ванна и процесс горения установится, необходимо произвести переключение с расщепленной дуги на косвенную трехфазную. Для этого в лабораторных условиях пользовались обычными переключателями S1 и S2, показанными на схеме (рисунок 3.3). В дальнейшем возможно применение автоматики, например с кнопки, установленной на трехфазном держателе.

Данная схема зажигания очень удобна при проведении ремонтных работ в полевых условиях. Для осуществления наплавки высокопроизводительным трехфазным способом требуется один выпрямитель с трехфазным трансформатором без дополнительных источников питания.

3.3 Методика проведения экспериментов и обработки полученных результатов.

Цель исследований – получение устойчивого горения трехфазной дуги, нахождение оптимальных режимов для процесса наплавки и уменьшение глубины проплавления основного металла.

Наплавка производится на зачищенные до металлического блеска пластины из низкоуглеродистой стали толщиной 4-5 мм. Значения режимов наплавки фиксировались на приборах класса 0,5 и записывались. Также, с целью дальнейшего анализа экспериментов, записывались все особенности прохождения процессов.

Перед началом экспериментов проводилась подготовительная работа, которая заключалась в следующем:

1. Подготовка пластин под наплавку и их взвешивание.
2. Изготовление специальных электродов.
3. Подключение измерительных приборов и уравнивание токов короткого замыкания в каждой фазе.

Подготовка пластин заключалась в том, что для проведения экспериментов существовала необходимость в чистой поверхности металла, чтобы избежать вмешательства в процесс наплавки всех внешних факторов, таких, как, например, присутствие окалины на поверхности пластин. Чистая поверхность металла достигалась посредством механического воздействия на неё абразивным материалом - сначала крупной, затем мелкой наждачной

бумагой. Далее, подготовленная пластина взвешивалась, для возможности определения массы наплавленного металла.

Изготовление специальных электродов заключалось в параллельном расположении трёх стандартных электродов одного диаметра и марки (подробное описание изготовления электродов см. в пункте 2.3 данной работы).

Перед началом экспериментов в каждую фазу источника включались измерительные приборы – амперметры и вольтметры. Необходимым условием для нормального хода процесса наплавки независимой трехфазной дугой является равномерное плавление стержней электродов. Для того, чтобы обеспечить равномерное плавление, перед началом экспериментов измерялись токи коротких замыканий между каждой из фаз и нулевым проводом. В случае, если значения токов были различны, их уравнивание осуществлялось с помощью дросселей с кольцевыми магнитопроводами и балластных реостатов.

По завершению подготовительных работ приступали к непосредственному процессу наплавки.

3.4 Наплавка образцов и определение технологических возможностей.

Целью данных экспериментов было изучение особенностей процесса независимой трехфазной наплавки, определение режимов наплавки, и возможности снижения доли участия основного металла в наплавленном, а также определения увеличения производительности процесса в сравнении с другими способами.

Для экспериментов использовались электроды марок ОЗС-12, МР-3 различных диаметров.

Электроды сварочные ОЗС-12

Покрытие - рутиловое. Для сварки ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 МПа во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности.

Классификация: Э46А / ГОСТ 9467-75; E6013 / AWS; E43 3 0 R 3 E N499

Таблица 3.1 - Химический состав наплавленного металла

C	Si	Mn	S	P
0,09	0,10-0,20	0,60	0.017	0.026

Таблица 3.2- Механические свойства наплавленного металла

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
420	510	25

Электроды сварочные МР-3

Покрытие – рутиловое. Предназначены для сварки ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа. Обеспечивают непрерывность дуги в процессе сварки и соответственно равномерность шва и его повышенную прочность.

Классификация: ГОСТ-9466-75; ГОСТ-9467-75; Э46-МР-3-Ф-УД; E431(3)-P-23

Таблица 3.3 - Химический состав наплавленного металла

C	Si	Mn	S	P
0,11	0,17	0,58	0.04	0.045

Таблица 3.4 - Механические свойства наплавленного металла

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
400	450	18

Эксперименты начали с электродов марки ОЗС-12 диаметром 2 и 3 мм.

Для обеспечения равномерного плавления электродов в процессе наплавки уравнивали токи коротких замыканий в каждой фазе. Токи коротких замыканий составили 132 А, напряжение холостого хода 82 В. Зажигание проводили с использованием нулевого провода.

В результате были зафиксированы следующие режимы наплавки: $I_{эл} = 72 \text{ А}$; $U_d = 34-36 \text{ В}$. За время горения -35 с. было наплавлено 15,1 г. электродного металла. Масса брызг – 2,9 г.

Внешний вид валика наплавленного на этих режима показан на рисунке 3.4



Рисунок 3.4 - Внешний вид наплавленного валика.

По внешнему виду наплавленного валика видно, что наплавленный металл во многом не соответствует требованиям ГОСТ по геометрии формы валика, но также имеются места с удовлетворительным формированием. Это означает что при правильном выборе режимов наплавки, точном равенстве токов в электродах и правильном выполнении техники наложения валика получить удовлетворительную форму валика возможно.

Для определения доли участия основного металла в наплавленном, образец был разрезан и протравлен. На рисунке 3.5 показано поперечное сечение наплавленного валика.

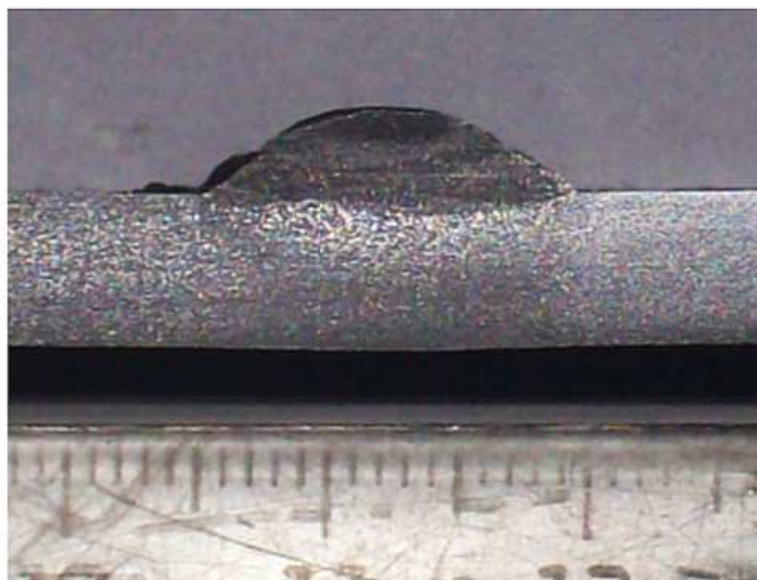


Рисунок 3.5 - Поперечное сечение наплавленного валика.

Доля участия основного металла в наплавленном составила 20-25 %. Учитывая, что при использовании способа ручной дуговой наплавки одним электродом величина доли участия обычно составляет 30-40 %, полученный результат говорит как о значительном увеличении производительности, так и улучшении качества наплавленного металла за счет уменьшения в нем примесей основного.

Для определения устойчивых режимов горения и возможности снижения доли участия основного металла в наплавленном начали проводить эксперименты по снижению тока в электродах.

Образец, представленный на рисунке 3.6 выполнен на следующих режимах : $I_{эл} = 63 \text{ А}$; $U_d = 30-35 \text{ В}$. $U_{кк} = 85 \text{ В}$. За время горения -33 с. было наплавлено 17 г. электродного металла. Масса брызг – 1,2 г. Зажигание осуществлялось посредством подключения нулевого провода.



Рисунок 3.6- Внешний вид наплавленного образца.

По результату внешнего осмотра получившегося валика выяснилось, что при выполнении наплавки на данных режимах, возможно, получить швы с более правильной геометрической формой.

При осмотре протравленного поперечного сечения валика (рисунок 3.7) обнаружили, что получено меньшее проплавление основного металла. Доля участка основного металла в наплавленном составила 12-15 %

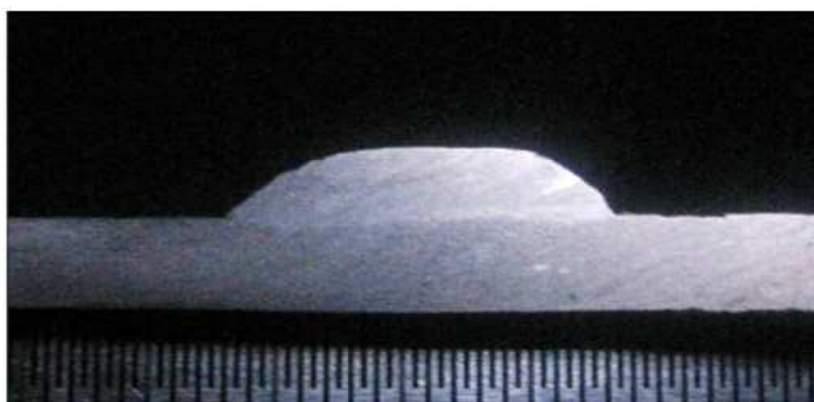


Рисунок 3.7 - Поперечное сечение наплавленного валика.

Толщина металла составляет 6 мм, а высота наплавленного валика – 4 мм. В связи с этим уменьшение тока во втором эксперименте не привело к уменьшению глубины проплавления.

В результате эксперимента стало понятно, что на глубину проплавления и форму валика во многом влияет не только сила сварочного тока, но и толщина основного металла.

Следующий эксперимент был выполнен на том же режиме. Принципиальное отличие, в сравнении с предыдущими опытами, заключалось в том, что техника наложения шва выполнялась без колебаний, простым, прямолинейным и равномерным перемещением электрода (3 мм.). Полученный образец показан на рисунке 3.8

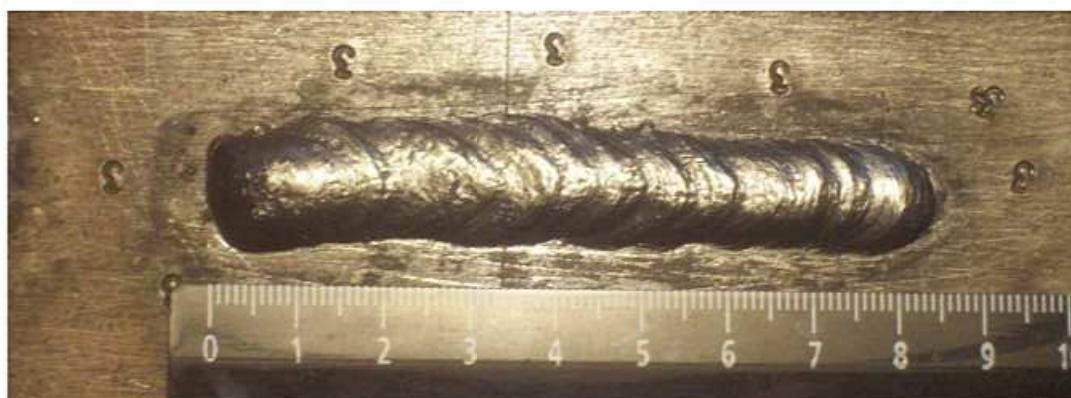


Рисунок 3.8 - Внешний вид валика №3

В результате проведения эксперимента было выяснено, что производя наплавку данным способом, возможно получение гораздо более качественного формирования наплавленного металла.

Отличительной особенностью эксперимента было очень легкое отделение корки шлака с поверхности образца, что также является хорошим показателем (рисунок 3.9)



Рисунок 3.9 - Отделение шлака с поверхности образца.

В следующем эксперименте была предпринята попытка увеличения силы тока. Наплавка производилась на следующих режимах: $I_d = 74 \text{ А.}$; $U_d = 32-35 \text{ В.}$ $U_{xx} = 82 \text{ В.}$ Наплавленный образец представлен на рис. 3.10



Рисунок 3.10 - Внешний вид валика

В результате анализа проведенного эксперимента было выявлено, что при переход на высокие режимы тока влечет за собой ряд неблагоприятных факторов. Во первых, наблюдается значительное увеличение потерь на угар и разбрызгивание, во вторых возникает риск зажигания дуги между обмазками электродов (например у основания держака), что приводит к срыву процесса наплавки. К тому же чрезмерное увеличение тока может привести к значительному проплавлению основного металла, что крайне не желательно для любого способа наплавки.

Снижение режима наплавки от оптимального приводит к затруднительному зажиганию дуги, поэтому для надежного зажигания в данном случае необходимо использовать дополнительный источник питания. Для обеспечения надежного зажигания дуги на токах ниже оптимального подключался выпрямитель с конденсаторным множителем напряжения. Изначально, между электродами и изделием зажигается малоамперная дуга-порядка 10-15 ампер, горение расщепленной дуги удерживается в течение 3-4 секунд, в результате кромки электродов расплавляются, а дуговой промежуток ионизируется. После этого дополнительный источник отключается и включается основная трехфазная цепь. В результате, независимая дуга зажигается без касаний. Эксперименты показали, что при

использовании данных электродов, независимая трехфазная дуга горит устойчиво на токах до 40 А. На рис. 3.11 показано поперечное сечение валика, наплавленного на следующих режимах: $I_d = 45 \text{ А}$; $U_d = 25-28 \text{ В}$. $U_{xx} = 75 \text{ В}$. Доля участия основного металла в наплавленном не превышает 10 %. Потери на угар и разбрызгивание-5%

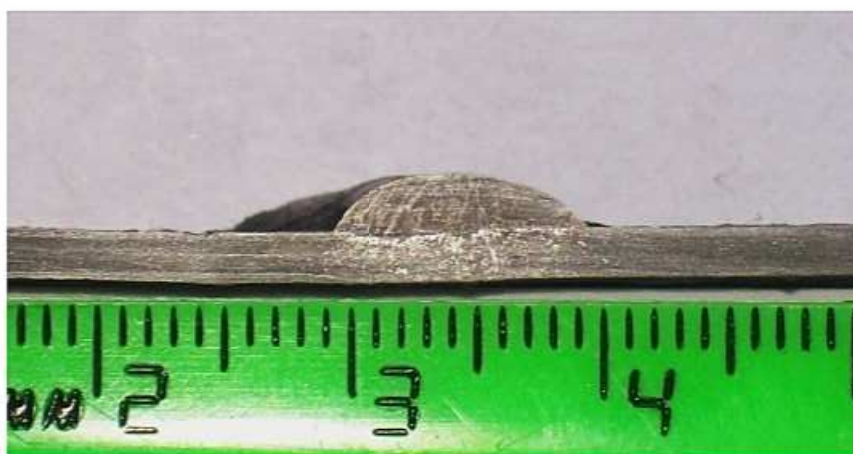


Рисунок 3.11-Поперечное сечение наплавленного валика.

При дальнейшем снижении режима возникает риск затухания трехфазной дуги с образованием общей капли на торцах трех электродов и переходу в режим короткого замыкания.

По результатам проведенного опыта видно, что способ трехфазной наплавки независимой дугой позволяет решить проблему проплавления основного металла. Появляется возможность получения чистого наплавленного металла без примесей основного уже в первом слое, что невозможно при использовании обычных однодуговых способах наплавки.

Основной проблемой при горении независимой трехфазной дуги на таких низких режимах является неравномерное плавление электродов. Общей теплоты трехфазной дуги не хватает на регулирование отклонений токов в электродах, поэтому при наплавке на малых токах, токи в электродах должны быть выровнены как можно точнее. Для точного регулирования токов в электродах перед экспериментами сравнивали токи

короткого замыкания в каждой фазе. При несоответствии токов короткого замыкания выравняли их с помощью дросселей.

3.5 Сравнительный анализ полученных результатов с традиционным способом ручной дуговой наплавки.

После проведенных экспериментов можно сравнить показатели эффективности процесса наплавки трехфазной дугой с показателями традиционного способа ручной дуговой наплавки одним электродом.

Преимуществами трехфазной дуги являются: высокая производительность процесса, достигаемая за счет одновременного плавления сразу трех электродов; значительное снижение глубины проплавления из-за отсутствия тока в наплавляемой детали; интенсивное перемешивание жидкого металла в сварочной ванне, обеспечивающее однородную структуру валиков. Отличительной особенностью способа является то, что наплавляемое изделие в цепь не включается, а трехфазная дуга находится между тремя стержнями, т. е. одновременно горят три однофазных дуги в одном общем факеле, взаимно влияя друг на друга и на электроды. Такое взаимодействие значительно увеличивает производительность наплавочных работ, уменьшает удельный расход электроэнергии и усиливает ионизацию дугового промежутка. При этом проплавление основного металла значительно уменьшается по сравнению с однофазными процессами наплавки.

Исследования способа наплавки независимой трехфазной дугой показали, что показатели эффективности этого способа значительно превышают показатели эффективности ручной дуговой наплавки одним электродом. На рисунке 3.12 показан график зависимости доли участия и производительности процесса от силы тока в электродах (диаметр 3 мм.) при наплавке независимой трехфазной дугой. График показывает, что возможно

получить наплавленный слой с долей участия основного металла в наплавленном менее 30 % при производительности процесса -2 кг/ч.

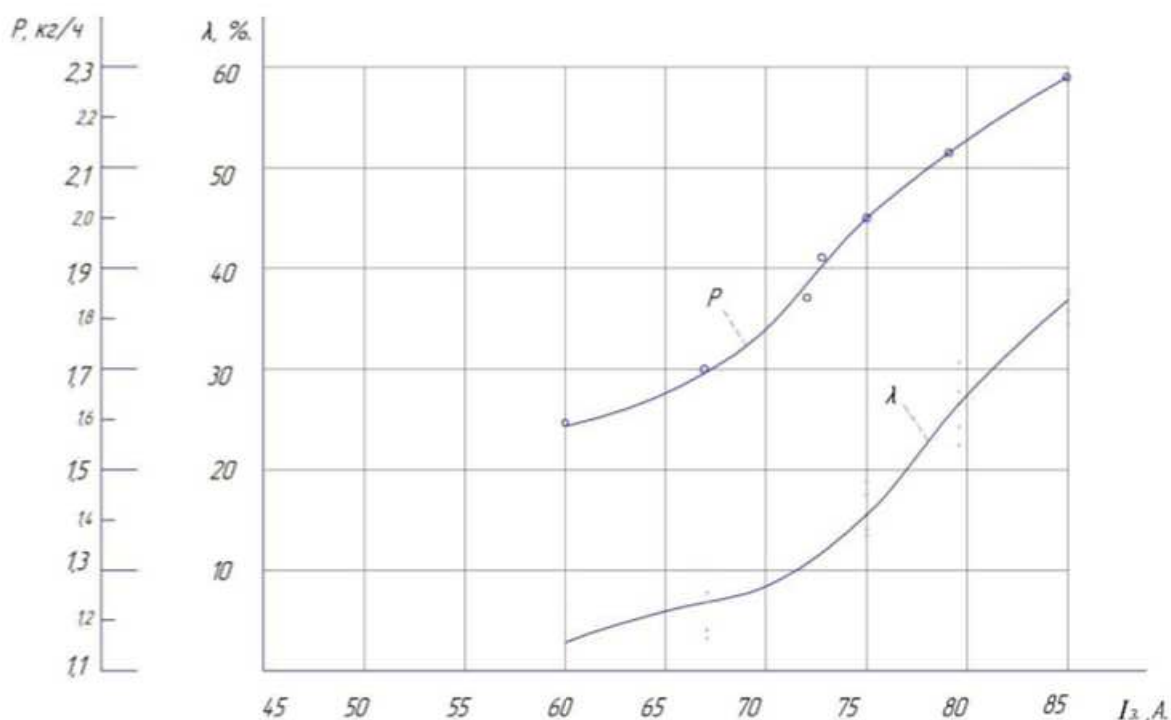
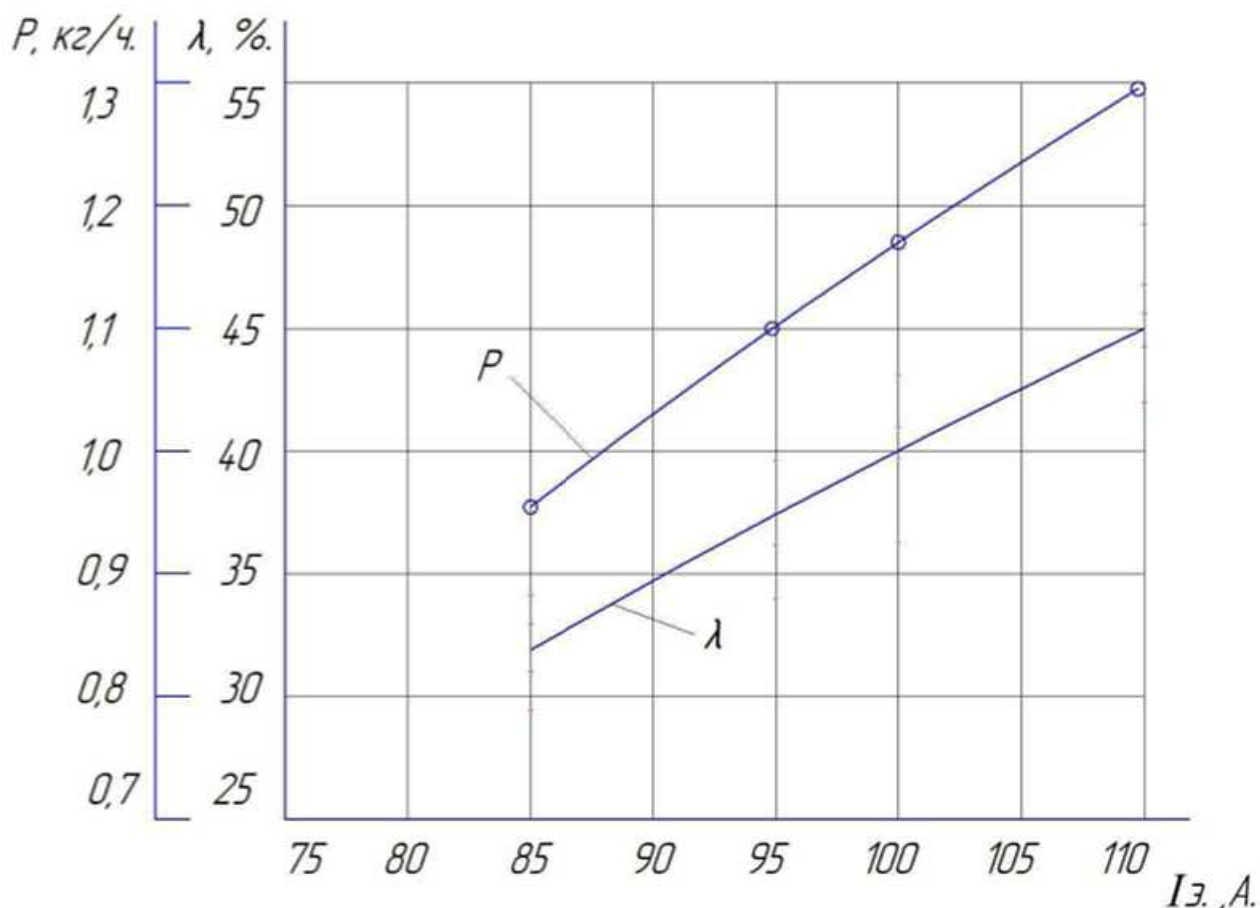


Рисунок 3.12 - Показатели эффективности процесса наплавки независимой трехфазной дугой

P - производительность процесса кг/ч; λ - доля участия основного металла в наплавленном, %.

Такие показатели невозможно получить используя традиционный способ наплавки покрытыми электродами. Для сравнения показателей эффективности, на рисунке 3.13 приведен аналогичный график, полученный при наплавке одним электродом диаметром 4 мм.



P - производительность процесса кг/ч; λ - доля участия основного металла в наплавленном, %.

Рисунок 3.13 - Показатели эффективности процесса наплавки независимой трехфазной дугой

По графику видно, что производительность данного способа существенно ниже предлагаемого и находится в диапазоне 1,1 - 1,4 кг/ч, при этом долю участия основного металла в наплавленном снизить менее 30 % практически не удастся.

Для наглядного подтверждения явного преимущества способа наплавки трёхфазной независимой дугой, был проведён ряд экспериментов по сравнению различных процессов ручной дуговой наплавки с последующим изучением полученных образцов. Выполнялись эксперименты на оптимальных для данных способов наплавки режимах. Для сравнения были

выбраны три способа: традиционный (однофазный одним электродом), расщеплённым электродом, и трёхфазной независимой дугой.

На рисунке 3.14 наглядно видно, что традиционный способ наплавки сильно уступает в производительности и характеризуется значительным проплавлением основного металла, а так же большей долей участия основного металла в наплавленном, порядка 25 – 30 %.

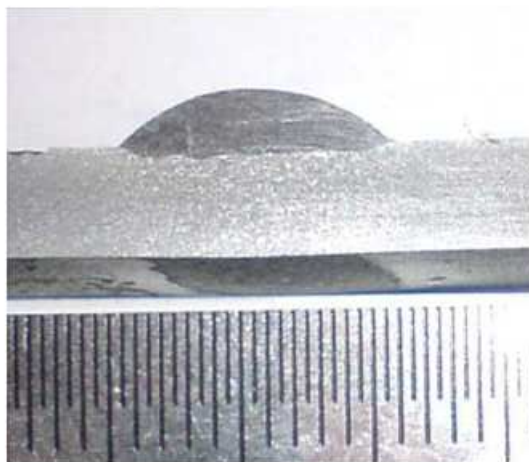


Рисунок 3.14 - Наплавка одним электродом.

Что касается наплавки расщеплённым электродом, то, как и ожидалось, на поперечном сечении видно, что данный способ превосходит традиционный по производительности и доли участия основного металла в наплавленном, которая составила 15 – 20 % (рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 - Наплавка расщеплённым электродом.

Однако, данный способ всё же уступает по всем показателям наплавке независимой трёхфазной дугой, которая в свою очередь характеризуется большей производительностью и гораздо меньшей долей участия основного металла в наплавленном, порядка 5 – 10 % (рисунок 3.16).

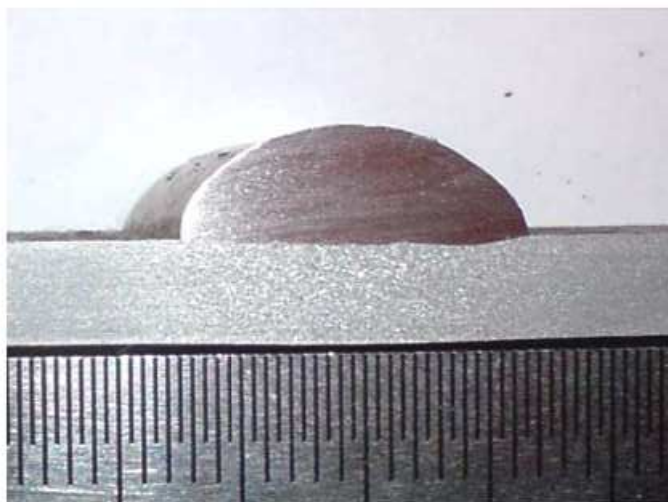


Рисунок 3.16 - Наплавка трёхфазной дугой косвенного действия.

Проведенные эксперименты показали что способ наплавки независимой трехфазной дугой отличается значительно большей производительностью процесса и позволяет получить минимальное проплавление основного металла, что невозможно получить другими способами ручной дуговой наплавки. Поэтому для восстановления деталей ходовой части гусеничной техники он является более эффективным при сравнении с обычной ручной дуговой наплавкой покрытыми электродами. К тому же, как показали эксперименты, для осуществления технологии наплавки трехфазным способом не требуется сложного или дорогостоящего оборудования, в результате способ не теряет важных преимуществ ручной дуговой наплавки- универсальность, простота и возможность применения в полевых условиях.

3.6 Технологические рекомендации по восстановлению деталей методом трехфазной наплавки.

После того как было разработано оборудование, необходимое для осуществления наплавки трехфазным способом а также проведены исследования технологических возможностей и особенностей исследуемого процесса, следует дать технологические рекомендации по применению этих разработок.

1. Подготовить электроды с тремя стержнями.
2. Наплавку производить на гусенице, без снятия грунтозацепов.
3. Перед наплавкой произвести очистку поверхности грунтозацепа и выравнивание плоскости наплавки. Использовать шлифовальную машинку с широким диском.
4. В случае восстановления грунтозацепов из сталей требующих предварительного подогрева необходимо произвести его с помощью газовой горелки либо паяльной лампы.
5. Произвести наплавку первого слоя. Использовать оборудование, разработанное в конструкторской части работы (источник питания на базе ВД-306, специальный трехфазный держатель). Для режимов наплавки пользоваться графиком, приведенным в научно-исследовательской части проекта. Электроды в зависимости от материала изделия. Сталь 110Г13ФТЛ электроды преимущественно ОМГ-Н либо ОЗН - 6.

Электроды марки ОМГ-Н предназначены для наплавки изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л. Наплавка в нижнем и наклонном положениях переменным током и постоянным током обратной полярности.

Ширина поверхности грунтозацепа колеблется в пределах 12-25 мм, в связи с этим необходимо использовать режимы, соответствующие ширине конкретного грунтозацепа, а также ширине конкретного слоя, при

конусообразных профилях. Также возможно вести процесс наплавки с поперечными колебаниями

6. Произвести выравнивание верхней поверхности грунтозацепа. Использовать шлифовальную машинку с широким кругом.

7. Перейти к восстановлению следующего грунтозацепа, повторить для него операции 1-6. (Большинство грунтозацепов изготавливаются из стали 110Г13ФТЛ, поэтому основу нельзя перегревать)

8. Вернуться к восстановлению первого грунтозацепа, нанести второй слой наплавки и повторить операцию 6.

9. Выполнить наплавку двух грунтозацепов поочередно. Количество слоев определить по степени износа и высоте наплавленного валика.

10. Произвести механическую обработку восстановленных грунтозацепов. Использовать шлифовальную машинку с широким кругом.

11. Произвести визуально-измерительный контроль качества.

4. ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Введение

Применение ручной дуговой наплавки целесообразно при небольшом объеме наплавочных работ, а также при наплавке труднодоступных мест и участков с различным геометрическим положением. Применяется наплавка металлическим плавящимся электродом и неплавящимся в среде аргона. При наплавке неплавящимся электродом на поверхность наносят слой порошка, пасты или укладывают проволоку (пруток) и расплавляют теплом дуги. Этот способ используют при наплавке плоских поверхностей. Чаще всего электродом служит графитовый (угольный) стержень. Используют ток как прямой, так и обратной полярности.

Для увеличения производительности рекомендуется применять наплавку пучком электродов, металлическим электродом с присадочным прутом, трехфазной дугой, электродами больших диаметров и с повышенным коэффициентом наплавки, широким валиком.

Наплавка трехфазной дугой осуществляется от трехфазного трансформатора и ведется двумя параллельными и изолированными друг от друга электродами или тремя электродами. Электроды зажимают в трехфазный электродержатель, через который подводят сварочный ток от трех фаз. Трехфазная дуга горит более устойчиво, чем однофазная. Главной особенностью способа наплавки трехфазной дугой является возможность реального регулирования сварочного тока в каждой фазе. Этот способ позволяет получить минимальное проплавление основного металла и наибольшее количество наплавленного. Производительность труда увеличивается на 150-200%, расход электроэнергии уменьшается на 10-15%.

Производительность при сварке трехфазной дугой по сравнению с обычной однофазной ручной сваркой возрастает примерно в 2,5-3 раза.

4.1 Разработка сетевого графика для исследовательской работы

При создании сложной новой техники возникает необходимость в улучшении планово – организационных работ, что возможно только на основе математизации и автоматизации плановых расчетов и их анализа. Решения, принимаемые по вопросам планирования, организации и контроля производственной деятельности, должны получить строгую научную основу в условиях экономико – математического моделирования планово– производственных задач.

Одним из методов анализа и контроля является метод, основанный на построении сетевых моделей. Этот метод, по сравнению с другими, позволяет:

- а) наглядно увидеть взаимосвязи между выполняемыми работами;
- б) установить перечень и непрерывную последовательность работ;
- в) изменить продолжительность отдельных работ без изменения директивных сроков разработки и внедрения в целом;
- г) перераспределить ресурсы в целях оптимизации плана, т. е. обеспечить наиболее благоприятные условия его выполнения.

Модель всего процесса создания объекта изображена в виде ориентированного графика (рисунок 5.1).

На графике показаны работы и события. Работой является тот или иной процесс, а событием – момент завершения работы. На рисунке 5.1 событие обозначено кружком, а работа – стрелкой. Для удобства расчета кружки сетевого графика разбивают на четыре сектора: 1) ранний срок свершения события; 2) поздний срок свершения события; 3) резерв времени; 4) номер события.

Важнейшими параметрами сетевой модели являются ранние и поздние сроки наступления событий, резервы времени событий и работ, продолжительность критического пути. Эти параметры являются исходными для получения ряда дополнительных характеристик, а также анализа сети.

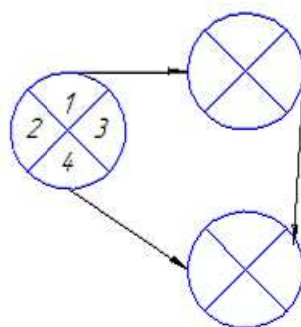


Рисунок 4.1 - Элемент сетевого графика

Путем сетевого графика называется любая упорядоченная последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием непосредственно следующей за ней работы.

По своей структуре пути сетевого графика делятся на следующие виды.

Полный путь, т. е. путь, начало которого совпадает с исходным, а конец – с завершающим событием сетевого графика.

Критический путь, т. е. полный путь, имеющий максимальную продолжительность. Продолжительность критического пути определяет общую продолжительность выполнения всей разработки. Изменение продолжительности любой работы, лежащей на критическом пути, меняет срок наступления завершающего события, т. е. дату достижения конечной цели разработки. Поэтому возможность выделить критический путь сосредоточить внимание, силы средства первую очередь на выполнении работ этого пути имеет чрезвычайно большое значение в системах СПУ и является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокую эффективность этих систем.

Перенапряженные пути – это полные пути сетевого графика, которые по продолжительности меньше критического. В сетевой модели работы всех путей выполняются параллельно с работами критического пути. Перенапряженные пути обладают важным свойством – участки, не совпадающие с критической последовательностью работ имеют резервы

времени. Это означает, что задержка в свершении событий, лежащих на некритическом пути, до определенного момента не влияет на сроки завершения разработки в целом.

Критический путь резервами не располагает. Таким образом, если даже удастся соблюдать установленные сроки наступления завершающего события при задержке выполнения какой - либо из работ критического пути, то это достигается за счет переоценки сроков выполнения других работ. Поэтому напряженные пути могут рассматриваться как источник перераспределения ресурсов. Перераспределение ресурсов с передачей их на работы критического пути приводит к сокращению продолжительности последнего и таким образом приближает срок наступления завершающего события. Перечень работ с продолжительностью представлен в таблице 5.1.

Таблица 4.1 – Продолжительность работ

работы	Наименование	Продолжительность, дн.
0	Получение задания	-
1	Поиск литературных источников	16
2	Сборка установки для ручной дуговой наплавки	19
3	Изготовление трехфазного держателя	3
4	Изготовление специальных электродов	11
5	Подключение измерительной аппаратуры	7
6	Проведение экспериментов	5
7	Резка образцов	1
8	Шлифование образцов	5
9	Травление образцов	2
10	Анализ полученных результатов	5

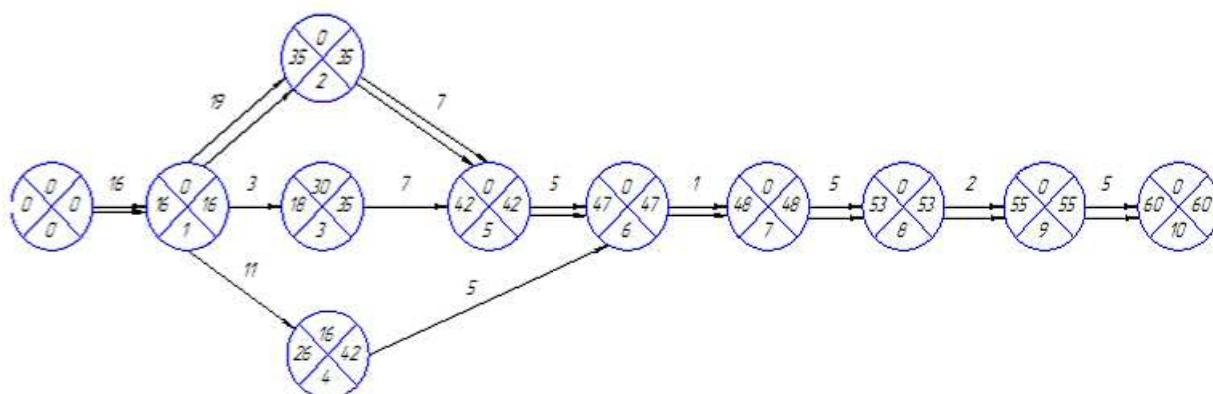


Рисунок 4.2 - Сетевой график проведения экспериментов

Таблица 4.2- Коэффициенты напряженности некритических путей

Обозначение пути	Последовательность событий пути	Коэффициент напряженности
L_1	0,1,4,5,6,7,8,9,10	0,55
L_2	0,1,3,5,6,7,8,9,10	0,39

4.2 Определение сметной стоимости научно-исследовательской работы

Общую сумму затрат на выполнение конкретной темы или разработки называют сметкой стоимостью НИОКР; ее рассчитывают по следующим калькуляционным статьям расходов:

4.2.1 Затраты на материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.

На эту статью относится стоимость всех основных материалов, покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов (в том числе на изготовление макетов и опытных образцов), включая расходы на их приобретение, транспортировку и доставку на склады организации.

Таблица 4.3- Стоимость используемых материалов

Наименование	количество, ед. измерения	Сумма затрат, руб
Электроды сварочные покрытые ОК-46 (ГОСТ 9467-75)	1 шт.; пачка (5,3 кг);	550
Металл листовой Ст 3 (ГОСТ 380-2005)	30 кг	780
Итого		1330

4.2.2 Специальное оборудование для научных и экспериментальных работ.

Таблица 4.4 - Перечень оборудования, приборов, аппаратуры, используемых в процессе выполнения НИР

Наименование	количество, ед. измерения	Стоимость, руб
Сварочный выпрямитель ВД-306 (ТУ У 31.1-20732066-091:2007)	1шт.	30000
Аналогово-цифровой преобразователь ZET 210 (товарный знак №504085)	1 шт.	21000
Реостат балластный РБ 302 (ТУ 3441-008-24154334-2008)	3 шт.	15000
Тиристор Т161-160-6 (ТУ У 32.1-30077685-020:2006)	18 шт	13500
Вольтметр Э365 15В (ГОСТ 8711-93)	3 шт.	3000
Амперметр Э47 (ГОСТ 8711-93)	3 шт.	1500
Итого		84000

Стоимость вспомогательных материалов относится на эту статью только в том случае, если их расход связан с выполнением данной темы; во всех других случаях она относится на статью «Накладные расходы». Материалы оцениваются по действующим оптовым ценам с обязательным включением всех транспортно-заготовительных расходов, которые в НИИ и

КБ составляют от 5 до 10% стоимости материалов и комплектующих изделий. Стоимость материалов уменьшается на стоимость реализуемых отходов.

4.2.3 Основная заработная плата исполнителей НИОКР.

Расчет стоимости одного норма часа

Производим расчет по формуле:

$$З = O * 1,6 + H. \quad (4.1)$$

где O- оклад старшего научного сотрудника ,

O=9625 руб,

H- надбавки к заработной плате за совмещение профессий, за стаж, за научную степень сотрудника и др.

H=7200 руб,

$$З = 9625 * 1,6 + 7200 = 22600$$

По действующему законодательству ставка подоходного налога для граждан составляет 13%.

$$З = 22600 - 13\% = 19662 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости одного дня :

$$19662 / 22 = 893,73 \text{ руб.}$$

Согласно перечню исследовательских работ время выполнения составляет 60 дней.

$$893,73 \cdot 60 = 53623 \text{руб.}$$

4.2.4 Дополнительная заработная плата исполнителей НИОКР.

$$L_{\text{д}} = L_{\text{ос}} \cdot k_{\text{д.з.}}; \quad (4.2)$$

где $k_{\text{д.з.}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (0,14-0,15).

$$L_{\text{д}} = 53623 \cdot 0,15 = 8043,57 \text{руб.}$$

4.2.5 Отчисления на социальные нужды.

$$L_{\text{с.н.}} = (L_{\text{ос}} + L_{\text{д}}) \cdot k_{\text{с.}}; \quad (4.3)$$

где $k_{\text{с.}} = 30,2\%$.

$$L_{\text{с.н.}} = (53623 + 8043,57) \cdot 0,302 = 18623 \text{руб.}$$

4.2.6 Накладные расходы.

К данной статье относятся расходы на производство, управление и хозяйственное обслуживание, которые в равной степени касаются всех разработок, проводимых в организации (например, расходы на энергию, топливо, амортизационные отчисления от стоимости основных фондов, стоимость вспомогательных материалов, заработная плата аппарата управления, канцелярские расходы и пр.).

Величина накладных расходов определяется как :

$$S_{\text{к}} = L_{\text{ос}} \cdot k_{\text{к}}; \quad (4.4)$$

где $k_{\text{к.}} = 0,9$.

$$S_{\text{к}} = 53623 \cdot 0,9 = 48261 \text{руб.}$$

Полученные результаты затрат внесем в таблицу.

Таблица 4.5 - Смета затрат на проведение НИР

Наименование	Сумма, руб.
1. Затраты на материалы, в том числе:	
- сварочные (ОК 46 электроды сварочные)	550
-основные (металл лист ст 3)	780
2. Затраты на оборудование	84000
3. Затраты на оплату труда научно технического персонала, в том числе:	
-основную	53623
-дополнительную	8043,57
-отчисления на социальные нужды	18623
4. Накладные расходы	48261
Итого	213880,87

Вывод:

В ходе выполнения дипломного проекта были произведены экономические расчеты затрат на проведение научных исследований, необходимых для разработки технологии наплавки трехфазной дугой. Сумма расходов на проведение исследований составила 213880,87 руб. Определены основные этапы работы и время на их выполнение, в результате, построен сетевой график.

Заключение.

Цели и задачи, поставленные в период выполнения бакалаврской работы были успешно выполнены. Определены особенности горения косвенной трехфазной дуги на различных режимах. Построен график зависимости доли участия основного в наплавленном и производительности от силы сварочного тока. Проведен сравнительный анализ с традиционным способом наплавки одним электродом, который показал возможность значительного увеличения производительности при использовании разработанной технологии. Разработан способ, обеспечивающий надежное зажигание трехфазной косвенной дуги и сплавление основного и наплавленного металла после старта процесса за счет применения расщепленной дуги. В разработанной технологии не требуется сложного и дорогостоящего оборудования, поэтому она не теряет преимуществ традиционной ручной дуговой наплавки.

В результате, применение разработанной технологии позволяет значительно повысить производительность процесса наплавки деталей ходовой части гусеничной техники, в частности грунтозацепов траков. Технология позволяет наносить 4-5 мм слой металла за один проход, что существенно снижает трудоемкость восстановления деталей. Простота оборудования позволяет применять технологию в полевых условиях.

По итогам работы приведены затраты на проведение исследований, необходимых для разработки технологии наплавки.

Список литературы

1. Г. П. Михайлов. Сварка трехфазной дугой. М., Машгиз, 1956.
2. И. Я. Рабинович. Оборудование для дуговой электрической сварки. М., Машгиз, 1958.
3. Смирнов В. В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие/ В. В. Смирнов. Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1986, 565 с
4. Н. Ф. Грохольский. Восстановление деталей машин наплавкой. М., Машгиз, 1966 г.
5. Мейстер Р.А. Об устойчивости горения трехфазной дуги при наплавке тонкой проволокой / Р.А. Мейстер // Сварочное производство. – 1985. - №6. – с. 35.
6. Мейстер Р.А. Нестандартные источники питания для сварки. Учеб. пособие /Р.А. Мейстер Красноярск: ИПЦ КГТУ 2004,96с.
7. Милютин В.С. Коротков В.А. Источники питания для сварки: Учебное пособие. – Челябинск: Metallургия Урала, 1999. – 368с.
8. Арлаускис В. Ю. Исследование технологического процесса сварки на переменном токе промышленной частоты от источника с индуктивностью и емкостью в сварочной цепи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Ленинград, 1975, 20с
11. ГОСТ 25616–83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
12. Мейстер Р.А. Наплавка независимой трехфазной дугой/Р.А. Мейстер// Достижение ученых в развитии машиностроительного комплекса Красноярского края: Материалы научно-практической конференции/ Под. ред. А.М. Токмина, В.Ф. Терентьева. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001, 72с.
13. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги: Учебник для вузов / О.Н. Браткова. -М.: Высш. шк., 1982. -183 с.

14. Оборудование и технология сварочного производства: Метод, указания по преддипломной практике и итоговой государственной аттестации студентов направлений подготовки дипломированных специалистов 651400 - «Машиностроительные технологии и оборудование» (спец. 120500) и 030000 - «Педагогические специальности» (спец. 030500.08) / Сост. Ю. Г. Уткин, А. И. Мельников, А. И. Демченко, П. Н. Космодемьянский. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 52 с.

15. Стандарт организации. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. СТО 4.2-07-2014
