

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение» профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»
Кафедра «Сварочное производство»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Применение нанопорошков неорганических материалов для разработки сварочной проволоки УДК <u>621.791.04:621.762.2</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Дементьев С.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Зернин Е.А.	К.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР	Павлов Н.В.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В.П.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С.Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
Р2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
Р3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
Р4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности
Р5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
Р6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
Р7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
Р9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия
Р10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля
Р11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
Р12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и техно-логическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метро- логическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на пред- приятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 10А32

Руководитель ВКР

Дементьев С.В.

Зернин Е.А.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение» профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»
 Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
10А32	Дементьеву Сергею Владимировичу

Тема работы:

Применение нанопорошков неорганических материалов для разработки сварочной проволоки

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	30.01.2017 г. № 14/с
--	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Результаты проведенного исследования. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Цели и задачи, Экспериментальные и расчетные данные исследований, Выводы по работе
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Зернин Е.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Солодский С.А.
Социальная ответственность	Шиков В.П.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Зернин Е.А.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Дементьев С.В.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Оборудование и технология сварочного производства»
Кафедра «Сварочное производство»
Период выполнения (весенний семестр 2016 – 2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2017	Обзор литературы	30
17.03.2017	Объекты и методы исследования	20
17.04.2017	Расчеты и аналитика	30
20.05.2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Зернин Е.А.	К.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С.Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
10А32	Дементьев С.В.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение себестоимости изготавливаемой порошковой проволоки*
2. *Сравнение цен изготавливаемой проволоки с уже имеющимися аналогами*
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В.П.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Дементьев С.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
10А32	Дементьев С.В.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. *Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:*

Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

2. *Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*

Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.

3. *Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности*

Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

4. *Охрана окружающей среды:*

Вредные выбросы в атмосферу.

5. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*

Перечень наиболее возможных ЧС на объекте

6. *Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:*

Проектирование системы приточно-вытяжной вентиляции на разрабатываемом участке.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭ и ФВ	Солодский С.А.	К.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Дементьев С.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 63 с., 18 рис., 12 табл., 30 источников.

Ключевые слова: сварка, наплавка, порошковая проволока, нанопорошок, структура металла, механические свойства.

Объектом исследования является наплавка порошковой проволоки с введенным в шихту нанопорошком вольфрама или молибдена.

Цель работы – определение влияния нанопорошков в составе шихты порошковой проволоки на структуру и свойства наплавленного металла.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования на реальном объекте. Во время проведения эксперимента выполняли наплавку валика на пластину из стали Ст3пс толщиной 5 мм сварочной порошковой проволокой, изготовленной из шихты 9 разных составов, используя TIG сварку.

Новизной работы является применение нанопорошка вольфрама или молибдена в производстве порошковой проволоки, а также ее влияние на структуру и свойства наплавленного металла.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и представлена на диске CD-R (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Graduation thesis 63 p., 18 Fig., 12 tab., 30 sources.

Keywords: welding, surfacing, cored wires, nanopowder, metal structure, mechanical properties.

The object of research is surfacing flux-cored wire introduced into the mixture a nanopowder of tungsten or molybdenum.

Purpose – to determine the influence of nanopowders in the composition of the charge flux-cored wire on structure and properties of the deposited metal.

In the process, we carried out experimental research on the real object. During the experiment performed the surfacing roller on the plate of steel St3ps thickness of 5 mm welding cored wire made from batch 9 different compositions using TIG welding.

The novelty of this work is the application of nanopowder of tungsten or molybdenum in the production of cored wire, as well as its influence on the structure and properties of the deposited metal.

Final qualifying work is executed in a text editor Microsoft Word 2010 and submitted on a CD-R (in the envelope on the back cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использовались ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 380-2005 – Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
- ГОСТ 26101-84 – Проволока порошковая наплавочная. Технические условия.
- ГОСТ 15150-69 – Машины, приборы и другие технические изделия.
- ГОСТ 12.2.033-81 – Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.

Оглавление

Введение	15
1 Обзор и анализ литературы	17
2 Объект и метод исследования	18
2.1 Цель и задачи исследования	18
2.2 Порошковая проволока	19
2.3 Сущность процесса сварки порошковой проволокой	25
2.4 Подготовка материалов для порошковой проволоки	26
2.5 Установка для изготовления порошковой проволоки	31
2.6 Сварочное оборудование	32
2.7 Методика проведения эксперимента	35
2.8 Проведение испытаний и оценка результатов	36
3 Выводы	47
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1 Определение затрат на основные материалы	48
5 Социальная ответственность	52
5.1 Описание рабочего места	52
5.2 Анализ выявленных вредных факторов	52
5.3 Анализ выявленных опасных факторов	54
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения в лаборатории	55
5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата в лаборатории. Вентиляция и кондиционирование	56
5.3.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	58
5.4 Охрана окружающей среды	59
5.5 Защита в чрезвычайной ситуации	60
5.6 Заключение	61
Заключение	62

Список используемых источников

63

Диск CD-R

В конверте на
обложке

Введение

Дуговая сварка – один из основных процессов для изготовления конструкций из металла. Улучшение качества и свойств наплавленного металла является главным направлением развития сварочного производства [1].

В настоящее время разработано большое количество сварочных аппаратов, работающих по разным принципам. Однако нельзя с полной уверенностью сказать, что какой либо из способов хуже или лучше другого. В каждом есть свои преимущества и недостатки. Помимо этого, иногда происходят такие ситуации, когда рационально будет использовать какой-то конкретный вид сварки. Сварка порошковой проволокой как раз и является одним из таких видов [2].

В сварочном производстве порошковые изделия стали использоваться не так давно, но они сразу получили хорошую репутацию у специалистов в области сварки, так как при помощи данного вида сварки удалось решить большинство проблем, связанных с механизацией сварочных и наплавочных работ на открытых производственных участках и в полевых условиях. Кроме этого, применение порошковой проволоки увеличило в 2–5 раз производительность сварки и наплавки, позволило "забыть" об очень трудоемких и тяжелых процедурах устранения металлических брызг со свариваемых изделий, а также обеспечивать хорошее качество наплавленного металла, сварных соединений и швов [3].

Износостойкий наплавленный металл, как и сварные швы, имеет крупнозернистую структуру литых сплавов, что в процессе жесткого термомодеформационного цикла сварки обеспечивает образование холодных и горячих трещин, а также способствует снижению ударной вязкости металла, особенно это наблюдается при работе сварных конструкций в условиях отрицательных температур и циклического нагружения. Измельчение структурных составляющих элементов наплавленного металла возможно достигнуть путем введения в расплавленную сталь неметаллических порошков

и металлических наноматериалов, у которых свойства значительно отличаются от свойств микро и макropорошков идентичного химического состава. Нанопорошок позволяет модифицировать металл и вызывать перераспределение вредных примесей между объемом и границами зерен. При этом происходит уменьшение размеров зерен, приводящее к повышению пределов прочности и текучести, увеличению деформируемости и пластичности стали, а также к уменьшению коэффициента трения. Для осуществления данного процесса используются порошковые проволоки, с внедренным в них нанопорошком [4,5,6].

1 Обзор и анализ литературы

Нанотехнологии в современном мире занимают высокую степень в развитии технических наук. Нанотехнология носит инновационный характер и делает большие шаги в развитии научно-технической революции.

В настоящее время применению нанопорошка, как модификатора в сварочных процессах, уделяют не так много внимания. В своей работе А.А. Антонов разрабатывал технологию аргодуговой наплавки абразивостойкого сплава с введением модификатора в сварочную ванну, результатом данного исследования стала разработка состава порошкового модификатора, микрогранулы которого содержат частицы термодинамического стабильного химического соединения – моонитрида титана TiN , что оказывает влияние на структуру наплавленного металла [7].

Г.Н. Соколов описывает модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. В данном исследовании было выбрано использование порошковой проволоки как присадочного материала для электрошлаковой наплавки, в состав которой был добавлен нанопорошок карбида вольфрама. В данной работе было выявлено, что, при модификации данным нанодисперсным материалом, структура металла способствует повышению его пластических свойств в условиях отрицательных температур и циклического нагружения [8].

С.О. Гордин, В.Л. Князьков, А.Н. Смирнов разработали состав электродного покрытия, в который входит нанопорошок карбонитрида титана. Результатом данной работы стало улучшение реологических свойств обмазочной массы и повышение износостойкости наплавленного сплава, работающего в условиях абразивного износа [9].

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что модифицирование нанодисперсными материалами позволяет получить изменение в структуре наплавленного металла и влиять на его механические свойства.

2 Объект и метод исследования

2.1 Цель и задачи исследования

На основании вышеизложенного теоретического материала сформулированы цель и задачи дальнейших исследований.

Цель работы:

1. Определить влияние нанопорошков в составе шихты порошковой проволоки на структуру и свойства наплавленного металла.

Задачи:

1. Разработать состав и получить экспериментальные образцы порошковых проволок с добавлением в шихту нанопорошка вольфрама и молибдена.

2. Исследовать структуру и свойства наплавленного металла порошковой проволокой с нанопорошком вольфрама, молибдена и без дополнительных модификаторов в составе шихты.

3. Привести сравнительные результаты экспериментальных исследований по влиянию нанопорошков на свойства наплавленного металла.

4. Определить стоимость изготавливаемой проволоки и произвести сравнение с уже имеющимися аналогами.

2.2 Порошковая проволока

Порошковая проволока – это непрерывный электрод трубчатой или иной, более сложной конструкции с сердечником, представляющим собой порошкообразный наполнитель. В составе сердечника обычно содержатся смеси руд, минералов, химикатов, ферросплавов металлических порошков и других материалов. Аналогично электродному покрытию свое назначение имеет каждая из этих составляющих сердечника, а именно: защита расплавленного металла от вредного воздействия воздуха, легирование металла, раскисление, стабилизация дугового разряда, связывание азота в стойкие нитриды и др. Составляющие элементы сердечника обязательно должны удовлетворять общепринятым требованиям, которые предъявляют ко всем сварочным материалам, такие как обеспечение хорошего формирования швов, провар основного металла, легкая отделимость шлаковой корки, отсутствие трещин, пор, шлаковых включений, а также других дефектов, минимальное разбрызгивание металла, необходимые механические свойства сварных соединений и швов и т. д. Порошковые проволоки применяют для сварки как в среде защитных газов, под флюсом и электрошлаковой, так и без дополнительной защиты зоны сварки [1].

Самозащитными называются проволоки, которые используют для сварки без дополнительной защиты. Материалы, входящие в состав сердечника данных проволок при нагреве и расплавлении в дуге образуют необходимую для шва газовую и шлаковую защиту расплавленного металла. Сварка, в зависимости от состава порошковой проволоки и ее диаметра, может проводиться во всех трех пространственных положениях [1].

Одной из особенностей порошковой проволоки является внутреннее расположение защитных материалов по отношению к металлической оболочке, находящихся в шихте. Благодаря высокой температуре дуги, металл ванны и капель от расплавляющейся оболочки, нагревается до температур от 2000 до 2500°C, при таких температурах жидкое железо активно окисляется

кислородом воздуха и соединяется с азотом, если не защищать от воздействия воздуха зону сварки. Находящиеся в металле шва продукты окисления в виде шлаковых включений, а также соединений азота с железом, называемых нитридами железа, приводят к моментальному ухудшению его ударной вязкости и механических свойств. Сварные соединения, которые получаются без защиты от азота воздуха, часто оказываются непригодными для использования [10].

Пористость появляется при кристаллизации металла сварочной ванны в результате выделения газов. Образование пористости вызывается в основном водородом, азотом и оксидом углерода в результате химических реакций с выделением газов. Они нарушают сплошность металла шва, что ухудшает его работоспособность. Исходя из этого, можно сказать, что, для получения качественного соединения при сварке порошковой проволокой, защита зоны сварки от взаимодействия ее с воздухом должна быть обязательной [10].

Основные функции, обеспечивающие защиту зоны сварки, несут компоненты, входящие в состав сердечника, которые при нагреве разлагаются и оттесняют из зоны сварки воздух и элементы - раскислители, соединяющиеся с кислородом воздуха и переходящие в шлак, обеспечивая этим более высокие механические свойства металла шва. Большое значение в данном отношении имеет наличие в шихте проволок элементов, которые активно соединяются с азотом, что в дальнейшем предотвращает образование пор и ухудшение механических свойств металла шва от соединения азота с железом. Определенное значение в получении надежной защиты имеет состав компонентов, которые образуют шлак, который находится на поверхности жидкого металла капель и ванны, препятствующий его взаимодействию с азотом и кислородом воздуха [10].

Шихта не может проводить ток, поэтому он протекает в порошковой проволоке только по металлической оболочке, при расплавлении образующей капли, которые имеют возможность при перемещении и переходе дугового промежутка активно взаимодействовать с воздухом. Порошковая проволока

должна создавать максимально благоприятные условия для взаимодействия шихты с жидким металлом капель расплавляющейся оболочки. В основном это обеспечивается наличием внутри шихты части металлической оболочки, которая и является проводником для тока [10].

Это способствует более качественному взаимодействию металла капель с шихтой сердечника, компоненты которой в этом случае имеют высокие возможности защитить жидкий металл от контакта с воздухом [10].

Чем больше часть токопроводящей оболочки, которая находится внутри шихты, тем сильнее защищаются капли от воздействия внешних факторов. Наилучшая защита в таком случае будет обеспечиваться при сварке порошковой проволокой, имеющей двухслойную конструкцию. Также применяют самозащитную порошковую проволоку сложного сечения, если зона сварки непосредственно контактирует с воздухом и не имеет дополнительной защиты. До определенного времени трубчатое сечение применялось только у порошковой проволоки для сварки в среде углекислого газа, при котором воздух от зоны сварки оттесняется потоком углекислого газа. В таком случае цель компонентов шихты становится значительно проще и сводится лишь к раскислению металла ванны элементами, которые связывают кислород в соединения, переходящие после из нее в шлак. Не всегда обеспечивается стабильное заполнение проволоки шихтой при изготовлении порошковой проволоки сложного сечения. Из-за этого, несмотря на некоторые преимущества проволоки с таким сечением для защиты металла капель от воздействия воздуха, наиболее рациональным применением является проволока трубчатой конструкции. Ее главные преимущества заключаются в более простой технологии изготовления и возможности обеспечения необходимого качества. Основным направлением в развитии порошковой проволоки является использование простого трубчатого сечения в проволоке, который предназначен для сварки в среде защитного газа, и самозащитной, т. е. без применения дополнительной защиты зоны сварки. Так, одна из лидирующих фирм, направленная на изготовление сварочных материалов, разработала и

организовала массовое производство «бесшовной» проволоки трубчатого сечения. Главной отличительной чертой «бесшовной проволоки» является отсутствие стыка, завариваемого токами высокой частоты. За счет изменения состава шихты была изготовлена порошковая проволока для сварки низколегированных, низкоуглеродистых, высокопрочных коррозионно-стойких нержавеющей сталей, которые нашли свое широкое применение при сварке различных сооружений и конструкций [10].

Порошковую проволоку можно классифицировать по основному назначению, механическим свойствам, способу применяемой защиты, типу сердечника, возможности сварки в различных пространственных положениях [11].

Наибольшее количество порошковой проволоки, которая выпускается в нашей стране, используется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Различают проволоку специального и общего назначения. К проволоке специального назначения относят проволоку для сварки с принудительным формированием шва, подводной сварки, сварки арматуры, ванной сварки, автоматической сварки с принудительным формированием [11].

Наиболее значимой является классификация порошковой проволоки по механическим свойствам сварочного соединения и металла шва. Это предоставляет возможность определить применимость проволоки какой-либо марки для сварки заданной конструкции, где уже были определены к механическим свойствам металла шва минимальные требования, которые обеспечивают необходимые условия для работы данной конструкции. Эта разновидность классификации порошковой проволоки построена по принципу поиска минимальных требуемых значений ударной вязкости металла шва, временного сопротивления разрыву, которые получают при испытании обычных сварных образцов. Для того чтобы определить по гарантируемому временному сопротивлению разрыву тип проволоки устанавливают предел прочности. При классификации по ударной вязкости определяют температуру

испытаний, при которой ударная вязкость гарантированно будет более 35 Дж/см². При классификации порошковой проволоки, в настоящее время, указывают следующее: тип проволоки (самозащитная – ПС, для сварки в среде защитных газов - ПГ), характеристику прочности металлов (сварного соединения и наплавленного металла), по гарантируемому пределу прочности, допускаемые пространственные положения сварки (Н - нижнее и горизонтальное на вертикальной плоскости, Вх - горизонтальные швы, В - вертикальное, нижнее и горизонтальное, Т - все положения, включая кольцевые швы без вращения, Ву - вертикальные швы). Критическую температуру (°С), при которой происходит переход к хрупкому состоянию металла шва, которую характеризует значение ударной вязкости меньшей, чем 35 Дж/см², определяют следующими цифрами: + 20°С - 0; 0°С - 1; - 20°С - 2; - 30°С - 3; - 40°С 4; - 50 °С - <5. Требования по температуре не регламентированы, если в обозначении указана буква Д, т. е. данную проволоку можно использовать для сварки только самых неотчетливых конструкций при температурах их эксплуатации выше 0°С [11].

Требования к порошковой проволоке: проволока должна плавиться равномерно и иметь минимальное разбрызгивания; дуга должна легко возбуждаться и стабильно гореть; сварной шов должен быть хорошо сформирован и не иметь дефектов сварных швов – трещин, пористости; шлак, который образуется при плавлении, должен равномерно покрывать поверхность шва и легко отделяться после охлаждения [11].

Данные требования характеризуют сварочно-технологические свойства сварочных материалов. Уровень сварочно-технологических свойств определяет применимость порошковой проволоки какой-либо марки для сварки изделия или конструкции в конкретной обстановке. Следующим образом устанавливаются сварочно-технологические свойства порошковой проволоки. Стабильность горения дуги определяют при выполнении механизированной наплавки на пластину из низкоуглеродистой стали валика без колебаний в

нижнем положении при среднем значении напряжения и тока, обозначенного в рекомендациях для выполнения этого типоразмера шва [11].

Величину разбрызгивания определяют при наплавке валика длиной от 150 до 200 мм на пластину без колебаний в нижнем положении при максимально и минимально возможных напряжениях на дуге для установленного тока. Сравнивая с разбрызгиванием, которое имеет место при сварке электродами УОНИ-13/55 Ø5мм, для порошковой проволоки разбрызгивание может быть незначительным, малым, умеренным и значительным. Для большинства порошковых проволок для сварки в среде защитного газа разбрызгивание незначительное, а для самозащитных - малое. Умеренное разбрызгивание, которое превышает разбрызгивание электродов УОНИ-13/55 Ø05мм по количеству брызг, является признаком необходимости прокалки. Значительное разбрызгивание, которое обычно связано со значительным ухудшением стабильности горения дуги, является признаком нарушения параметров режима сварки, а также следствием некачественного изготовления проволоки [11].

Качество отделимости шлаковой корки оценивают при сварке швов с V-образной разделкой кромок с заполнением до середины высоты разделки. Наибольшее количество порошковых проволок обладает хорошей отделимостью шлака, которая характеризуется самоотделением шлака из разделки при небольшом постукивании по заготовке. Стойкость против порообразования определяют визуально при наплавке на пластину из низкоуглеродистой стали при самых минимальных значениях напряжения на дуге для данного тока, обеспечивающее стабильность горения дуги и хорошую отделимость шлака. А далее определяют наличие пористости при повышении напряжения на 2. Если диапазон напряжений, в котором поры не возникают, от 2 до 3 В, то стойкость против порообразования считается удовлетворительной, если от 4 до 6 В - хорошей, а при более 6 В – отличной [11].

2.3 Сущность процесса сварки порошковой проволокой

Порошковая проволока расплавляется так, как изначально было заложено в процессе ее производства. Дело в том, что конструкция проволоки является определяющей для процесса расплавления ее в процессе сварки. Внутренняя полость стальной оболочки заполнена примерно от 50 до 70 процентов неметаллическими материалами. Это означает то, что сопротивление электрическому току данного сердечника будет во много раз больше, чем сопротивление стальной оболочки [12].

Именно поэтому оболочка порошковой проволоки плавится значительно быстрее. Расплавление сердечника осуществляется частично за счет теплоизлучения сварочной дуги, а также за счет теплопередачи сильно нагретого металла. Из этого следует, что в процессе сварки шихта проволоки может касаться ванны расплавленного металла и, в некоторых случаях, даже попадать в него в нерасплавленном виде [12].

Как правило, порошковая проволока используется для полуавтоматической сварки. Это следует из того, что, при ведении работ на полуавтомате, сварной шов постоянно на виду у человека. Техника сварки стыков и углов в защитном газе плавящимся электродом практически ничем не отличается от такой же техники при использовании порошковой проволоки [2].

Иногда шлак, образующийся на поверхности сварочного шва, может попадать в зазор, который образуется между двумя кромками на передней части сварочной ванны. Данный процесс может стать значительным препятствием в процессе проварки корня самого шва [2].

При сварке швов в несколько этапов, перед каждым следующим процессом сварки, предыдущий шов нужно тщательно зачищать, для избавления от слоя шлака [12].

Сварка порошковой проволокой имеет некоторые недостатки. Порошковая проволока сама по себе является не очень крепкой, то есть обладает малой жесткостью. Для более эффективной подачи проволоки

требуется применение механизма автоматической подачи с ограниченным усилием сжатия на подающих роликах [12].

Для стандартной порошковой проволоки, которая имеет диаметр от 2,6 мм, необходимо применение дуги с повышенным током, с целью непрерывного горения. Данный факт может позволить использовать порошковую проволоку только в нижнем положении, иногда – в вертикальном. Это можно объяснить тем, что сварочная ванна имеет достаточно большой объем, а также на поверхности образуются текучие шлаки. Все это, благодаря поверхностному натяжению самого материала и давлению, которое создается сварочной дугой, неспособно удержаться в потолочном или даже в вертикальном положении [12].

Также в процессе сварки порошковой проволокой велика вероятность образования пор, которые появляются вследствие наличия пустот и неравномерности заполнения пространства внутри ее стальной оболочки [12].

Лучшим выходом из данной ситуации будет применение проволоки в среде защитных газов. В данном случае вероятность возникновения пор в швах в значительно снижается. Следует учесть и то, что от состава шихты зависит выбор таких параметров используемого тока, как вид характеристики и полярность [12].

2.4 Подготовка материалов для порошковой проволоки

В данной работе изготавливалась порошковая проволока для сварки в среде защитных газов с компонентным составом шихты, представленным в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1. Компонентный состав шихты.

Компонент шихты	Содержание компонента шихты наполнителя, масс.%
Железная окалина	55
Рутиловый концентрат	18
Плавикошпатовый	7,3
Ферросилиций	8
Ферромарганец	10
Графит	1,7

Таблица 2 – Компонентный состав проволоки с добавлением W, %

Компонент шихты	Содержание компонента шихты наполнителя, масс.%
Железная окалина	55
Рутиловый концентрат	18
Плавикошпатовый	7
Ферросилиций	8
Ферромарганец	10
Графит	1,7
Вольфрам	0,25; 0,5; 0,75; 1

Таблица 3 – Компонентный состав проволоки с добавлением Mo, %

Компонент шихты	Содержание компонента шихты наполнителя, масс.%
Железная окалина	55
Рутиловый концентрат	18
Плавикошпатовый	7
Ферросилиций	8

Таблица 3.1 – Компонентный состав проволоки с добавлением Мо, %

Компонент шихты	Содержание компонента шихты наполнителя, масс.%
Ферромарганец	10
Графит	1,7
Молибден	0,25; 0,5; 0,75; 1

Подготовка шихты для порошковой проволоки включает в себя следующие этапы:

- Выбор компонентов, входящих в шихту, исходя из требований к готовой порошковой проволоке.
- Дробление выбранных компонентов, сушка и просев до необходимой фракции.

Гранулометрический состав порошков, который входит в шихту, находится в пределах 0,125 - 0,63 мм. Используя более мелкие частицы порошков, наблюдается значительное увеличение пористости наплавленного металла, так как увеличивается поверхность, на которой адсорбируется влага, которая вносится в сварочную ванну [13].

В результате бурного выгоранием мелких частиц в сварочной дуге также видно снижение благоприятных значений механических свойств наплавленного металла [13].

Верхний предел гранулометрического состава ограничивается появлением достаточно большого количества включений в наплавленном металле из-за неполного расплавления в сварочной ванне этих частиц шихты [13].

На сыпучесть порошкового материала, являющаяся комплексным показателем качества изготовленной шихты, влияют физико-химические свойства компонентов шихты. Сыпучесть определяют углом естественного откоса шихты. Угол откоса шихты, имеющей оптимальный фракционный состав, находится в пределах от 36 до 42°. В данном случае она обладает

хорошей сыпучестью, достаточно хорошо перемешивается и хорошо заполняет металлическую оболочку порошковой проволоки [13].

– Дозировка компонентов согласно рецептуре шихты и последующее их перемешивание.

В качестве модификаторов, для изучения влияния наноматериалов на свойства наплавленного металла, в шихту было решено добавить вольфрам и молибден в виде нанопорошка в разном процентном соотношении и сравнить полученные порошковые проволоки между собой.

Нанопорошок — это твердое порошкообразное вещество искусственного происхождения, которое содержит нанобъекты, агрегаты или агломераты нанобъектов, либо их смесь. Размер всех частиц этого порошка менее 100 нм [14].

Все нанопорошки находятся в аморфном состоянии. Аморфное состояние - это конденсированное состояние вещества, главным признаком которого является отсутствие атомной или молекулярной решетки. Аморфное тело изотропно и оно не имеет точки плавления. Если повышать температуру, оно размягчается и постепенно переходит в жидкое агрегатное состояние. Аморфные твердые тела, включая металлические, обладают вязкими и упругими свойствами. Также нанопорошки имеют наличие избыточной энергии, низкую температуру спекания и высокую химическую активность [14].

Нанопорошок W и Mo получают при помощи электрического взрыва проводников. Металлические проволоки диаметром 0,1-1,0мм устанавливают между электродами в реактор, на которые подается мощный импульс тока в пределах от 10^4 до 10^6 А/мм². В этом процессе происходит мгновенный разогрев и дальнейшее испарение проволок. Пары металла разлетаются, охлаждаются и конденсируются. В результате этого и получается наноматериал. Данный процесс полностью проводят в атмосфере гелия или аргона. Этот метод получения порошковой проволоки относят к физическому, также существует химический, основанный на осаждении гидроксидов

металлов из растворов солей при помощи осадителей, термическом разложении или восстановлении, и механический, при котором нанопорошок получают путем измельчения материалов в мельницах, гироскопических устройствах, аттриаторах и симолойерах [14].

Для изготовления металлической оболочки проволоки была использована лента из стали СтЗсп шириной 10мм, химический состав данной стали представлен в таблице 4, механические свойства в таблице 5.

Углеродистая спокойная сталь обыкновенного качества марки СтЗсп выпускается по ГОСТ 380 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки».

Сталь СтЗсп используют при изготовлении горячекатаного сортового, фасонного, листового, широкополосного универсального проката, холоднокатаного тонколистового проката и гнутых профилей, предназначенных для строительных стальных конструкций со сварными и другими соединениями, а также слитков, слябов, блюмов, сутунки, заготовки катаной и непрерывнолитой, поковок, труб и штамповок, лент, метизов и др.

Таблица 4. ГОСТ 380-2005 Химический состав стали СтЗсп

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.14	0.15	0.4 -	До	До	До	До	До	До	До
-	- 0.3	0.65	0.3	0.05	0.04	0.3	0.008	0.3	0.08
0.22									

Таблица 5. ГОСТ 380-2005 Механические свойства стали СтЗсп

Предел текучести, σ_t , МПа	Временное сопротивление σ_b , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
255	380-490	26

Для придания большей пластичности данной металлической ленте, был произведен полный отжиг.

Отжиг - первичная операция термической обработки, при которой стали нагревают до заданных температур, выдерживают при данных температурах и далее медленно охлаждают вместе с печью [15].

Основной целью полного отжига является измельчение зерна, смягчение металла для улучшения его обработки режущим инструментом и устранение внутренних напряжений. Это достигается нагревом, не превышающим 20-40°C верхней критической точки АСз, и дальнейшим медленным охлаждением [15].

Режимы полного отжига ленты из СтЗсп представлены в таблице 6.

Таблица 6. Режимы полного отжига.

Температура нагрева, °С	Выдержка, сек
880	60

2.5 Установка для изготовления порошковой проволоки

Установка для изготовления порошковой проволоки (рисунок 1) представляет собой металлическую сборную конструкцию, состоящую из четырех частей, собранная на металлической пластине при помощи болтового соединения, каждую из этих частей проходит лента для образования трубчатого профиля.

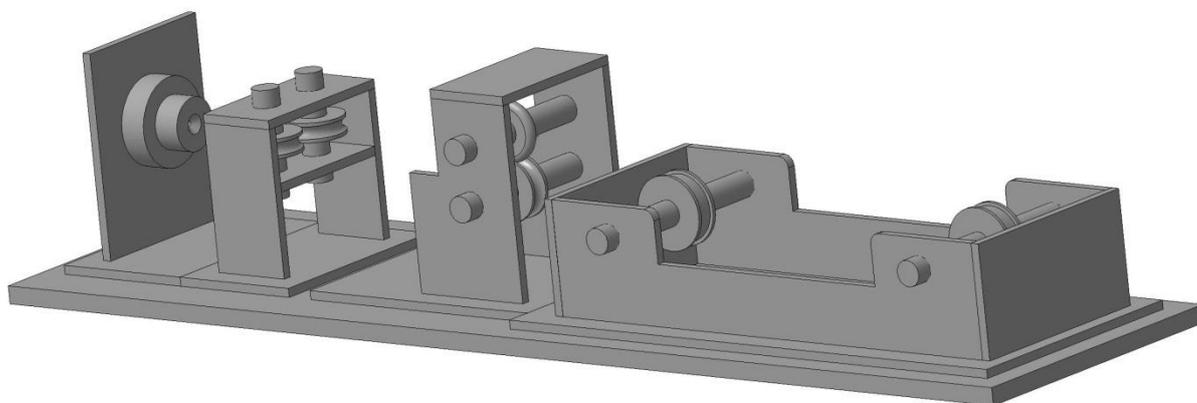


Рисунок 1 Установка для изготовления порошковой проволоки

Первой составляющей является направляющая. Она служит для того, чтобы поступающая лента ровно, без отклонений, подавалась к следующему звену установки, при некоторых сдвигах наблюдается значительное изменение формы получаемой проволоки.

Вторая часть – это формообразующее устройство. При помощи двух вертикально расположенных друг над другом роликов, поступающей ленте придается U-образная форма.

На следующем этапе специальным устройством, в получившуюся U-образную ленту, засыпается шихта.

Далее, уже изогнутая лента с шихтой, подается на следующую, третью часть, которая так же, как и вторая, является формообразующей. На данном этапе проволока закрывается при помощи двух параллельных роликов расположенных горизонтально, проходя через данные ролики, V-образная лента принимает форму трубки.

Последним элементом установки является фильера – закаленная металлическая плита с коническими отверстиями, с последовательным уменьшением, она предназначена для волочения проволоки. Это заключительный этап изготовления, на выходе из фильеры получается порошковая проволока, готовая к сварке и наплавке.

2.6 Сварочное оборудование

Для наплавки порошковой проволоки на заготовленные образцы использовали аргонодуговой сварочный инвертор NYL TIG200P (рисунок 2). Он предназначен для сварки стали, нержавеющей стали, алюминия, титана и их сплавов. Особенностью TIG сварки является быстрый поджиг, стабильное поддержание дуги, ровный и аккуратный шов, отсутствие разбрызгивания металла и шлака. Температурный диапазон окружающего воздуха: во время эксплуатации: от -30 °C до +40 °C; при транспортировке и хранении: от -40 °C

до +55 °С. Относительная влажность воздуха: до 50 % при 40 °С / до 90 % при 20 °С [16].



Рисунок 2 Аргонодуговой сварочный инвертор HYL TIG200P [17]

Основные технические характеристики данного аргонодугового сварочного инвертора приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики аргонодугового сварочного инвертора HYL TIG200P [17]

Тип	инвертор
Вид сварки	ручная дуговая (MMA) аргонно-дуговая (TIG)
Ток сварки	постоянный
Входное напряжение	220 В
Потребляемая мощность	5.1 кВт / MMA, 4.1 кВт – TIG /
Напряжение холостого хода	56 В

Таблица 7.1 – Технические характеристики аргонодугового сварочного инвертора NYL TIG200P [17]

Мин. ток сварки	10 А
Макс. ток сварки	200 А / TIG, 165 А – MMA /
Мин. диаметр электрода	1 мм
Макс. диаметр электрода	4 мм
Дополнительно	горячий старт (Hot Start) защита от залипания (Anti-Stick)
Класс защиты (IP)	21
Габариты (ВхШхГ)	355x218x440 мм
Вес	9 кг

В качестве защитного газа используется аргон.

Аргон – это негорючим и невзрывоопасный газ. Он не образует взрывчатых смесей с воздухом. Так как аргон тяжелее воздуха, он является хорошей газовой защитой сварочной ванны. Аргон газообразный чистый поставляется согласно ГОСТ 10157—62 трех марок: А, Б и В (таблица 8). Содержание влаги для газообразного аргона всех трех марок должно быть меньше 0,03 г/м³ [18].

Таблица 8 – Состав Газообразного аргона, % [18]

Содержание	А	Б	В
Аргона	99,99	99,96	99,90

Аргон марки А рекомендуется применять для сварки и плавки активных и редких металлов, таких как титан, цирконий и ниобий, и сплавов на их основе, а также для сварки особо ответственных изделий из менее активных материалов на заключительных этапах изготовления. Аргон марки Б

предназначен для сварки и плавки плавящимся и неплавящимся вольфрамовым электродом сплавов на основе магния и алюминия, а также других сплавов, которые чувствительны к примесям растворимых в металле газов. Аргон марки В рекомендуется для сварки и плавки хромоникелевых жаропрочных и коррозионностойких сплавов, чистого алюминия и легированных сталей различных марок [18].

Аргон необходимо хранить и транспортировать в стальных цельнотянутых баллонах, соответствующих требованиям ГОСТ 949—57. В баллоне с давлением 150 ат содержится примерно 6 м³ газообразного аргона. Баллон для хранения чистого аргона окрашен в нижней части в черный, а в верхней части — в белый цвет. На верхней части баллона черными буквами нанесена надпись «Аргон чистый». Аргон в основном получают из воздуха, в котором он содержится в сравнительно небольшом количестве (1,28% по массе). Производство аргона осуществляется на кислородных установках с аргонными приставками. В этих приставках сырой аргон очищается до требуемой степени чистоты от кислорода и азота [18].

2.7 Методика проведения эксперимента

Для исследования и изучения влияния нанопорошка в порошковой проволоке на наплавленный металл была выбрана аргонодуговая сварка неплавящимся электродом с механической подачей сварочной проволоки.

Для проведения эксперимента необходимо изготовить образцы из стали ст3пс в виде пластин, толщиной 5 мм.

В ходе исследования требуется провести наплавку на пластины аргонодуговой сваркой с механической подачей сварочной проволоки, в данном случае порошковой, с девятью разными составами шихты, а именно без нанопорошка, с добавлением нанопорошка вольфрама в процентном соотношении 0,25; 0,5; 0,75; 1 и нанопорошка молибдена в процентном соотношении 0,25; 0,5; 0,75; 1.

2.8 Проведение испытаний и оценка результатов

Целью данной работы является исследование влияния нанопорошков в составе шихты порошковой проволоки на свойства наплавленного металла.

Для данного исследования были изготовлены 9 образцов порошковой проволоки, в их число входит: 1 без нанопорошка; 4 с добавлением нанопорошка вольфрама с увеличением его концентрации на 0,25%, начиная с 0,25%; 4 с добавлением нанопорошка молибдена с увеличением его концентрации на 0,25%, начиная с 0,25%. В ходе наплавки проволоки использовали следующую технологию: в аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, присадочную проволоку подавали в хвостовую часть сварочной ванны. Порошковая проволока плавится в потоке перегретого жидкого металла сварочной ванны, направленного из-под дуги в хвостовую часть. Наноструктурированные порошки из расплавленной присадочной проволоки попадают в хвостовую часть сварочной ванны, не проходят дуговой промежутки, т.е. практически без потерь переходят в жидкий металл сварочной ванны, перемешиваются в ней и служат дополнительными центрами кристаллизации при образовании зерна микроструктуры наплавленного металла – модифицируют структуру наплавленного металла шва. Они не расплавляются в жидкой сварочной ванне в связи с их высокой температурой плавления. Увеличение количества центров кристаллизации в жидкой сварочной ванне приводит к образованию мелкодисперсной, однородной микроструктуры сварного соединения и позволяет активно управлять структурой наплавленного металла и механическими свойствами сварного соединения.

На рисунке 3 представлена схема способа механизированной сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов с введением присадочной проволоки в хвостовую часть сварочной ванны.

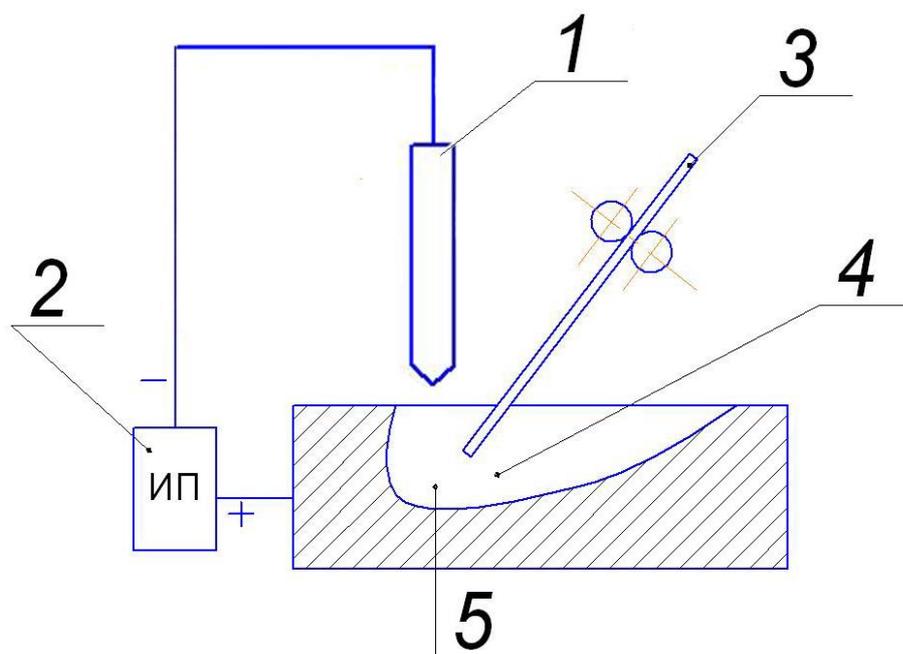


Рисунок 3 Схема способа механизированной сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов с введением присадочной проволоки в хвостовую часть сварочной ванны. 1 – неплавящийся электрод, 2 – источник питания; 3 – присадочная проволока, 4 – хвостовая часть сварочной ванны, 5 – перегретый жидкий металл сварочной ванны

Готовые наплавленные валики подготовили к микроанализу: срезы поперек шва подлежали полировке и дальнейшему травлению в 1,5% растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

На рисунке 4 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока без нанопорошка.

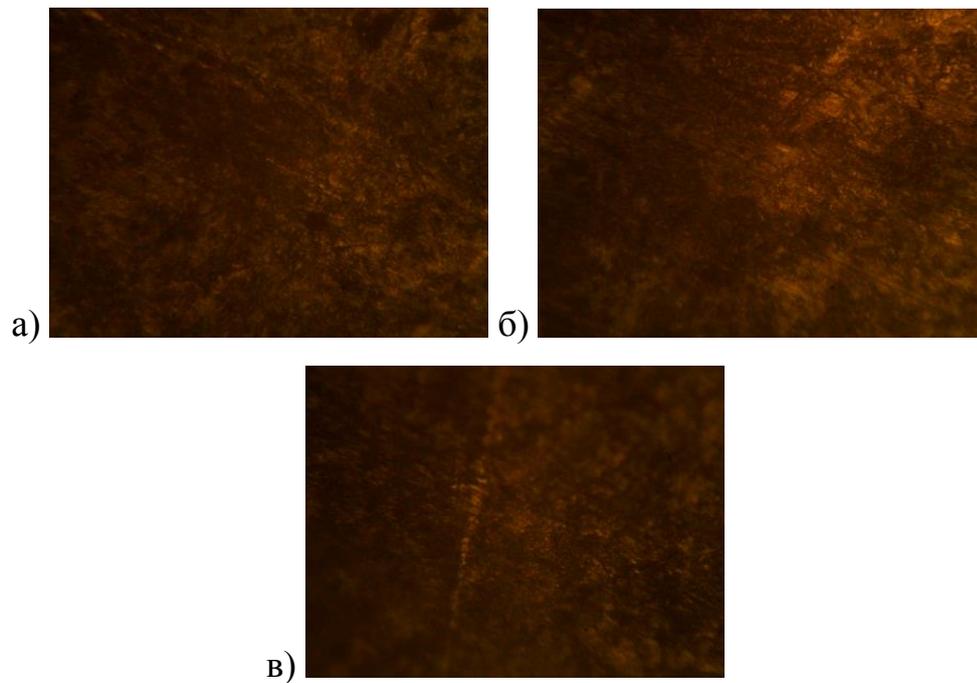


Рисунок 4 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 5 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,25% нанопорошка молибдена.

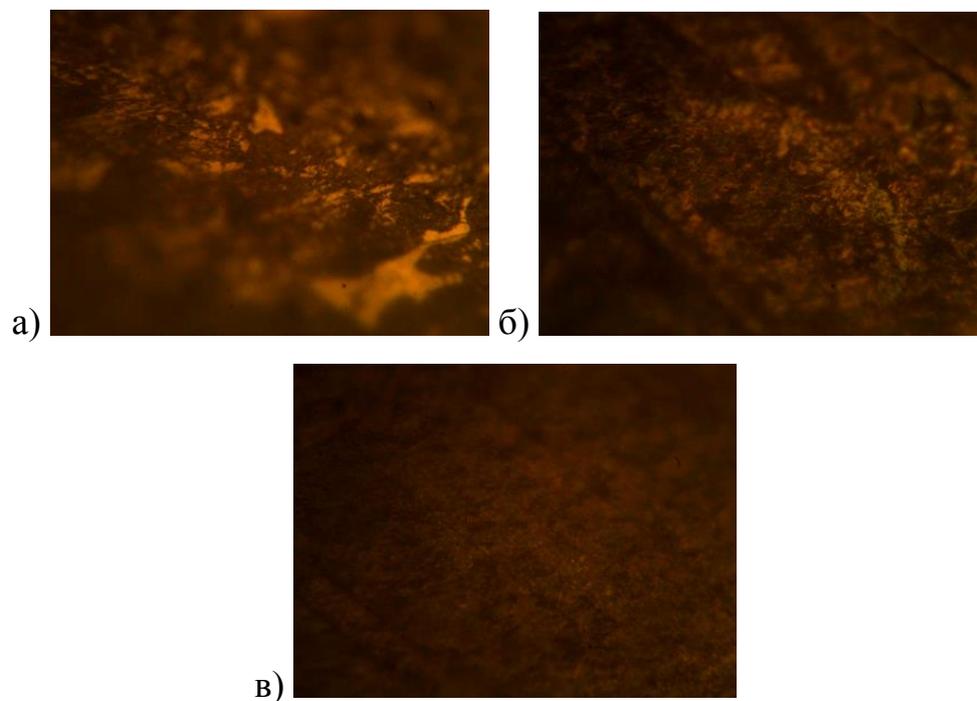


Рисунок 5 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 6 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,5% нанопорошка молибдена.

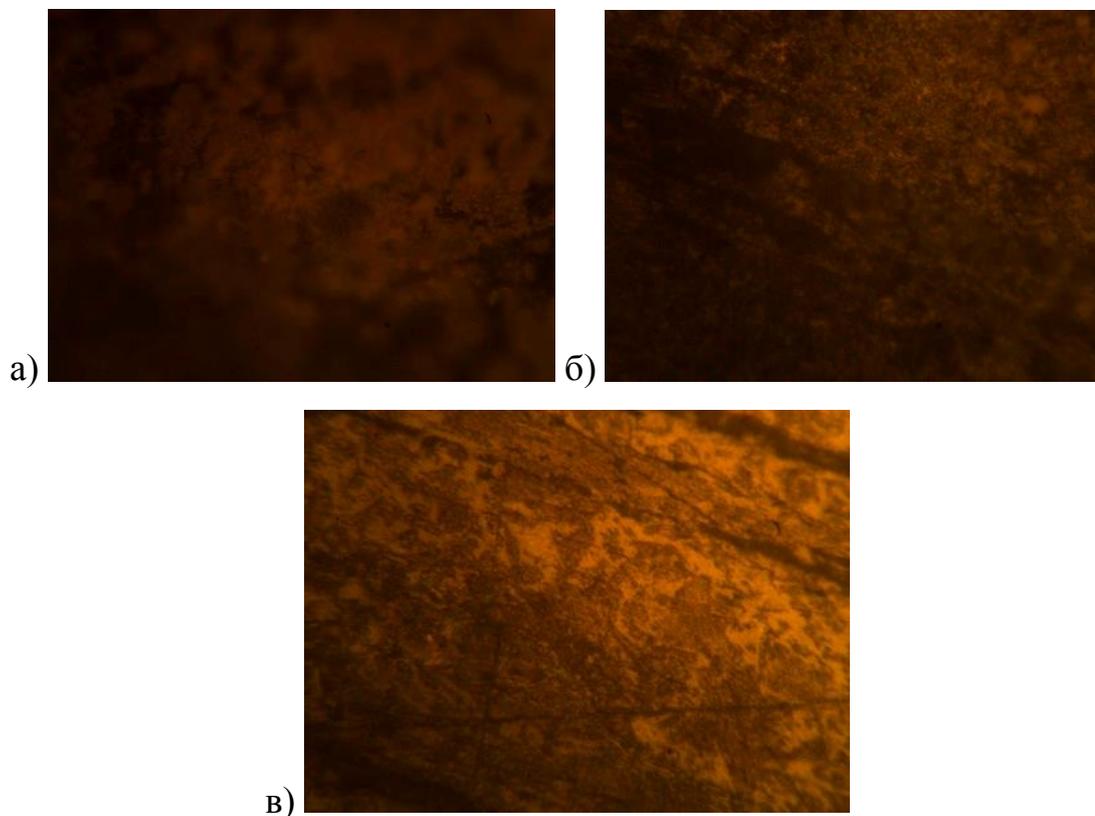


Рисунок 6 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 7 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,75% нанопорошка молибдена.

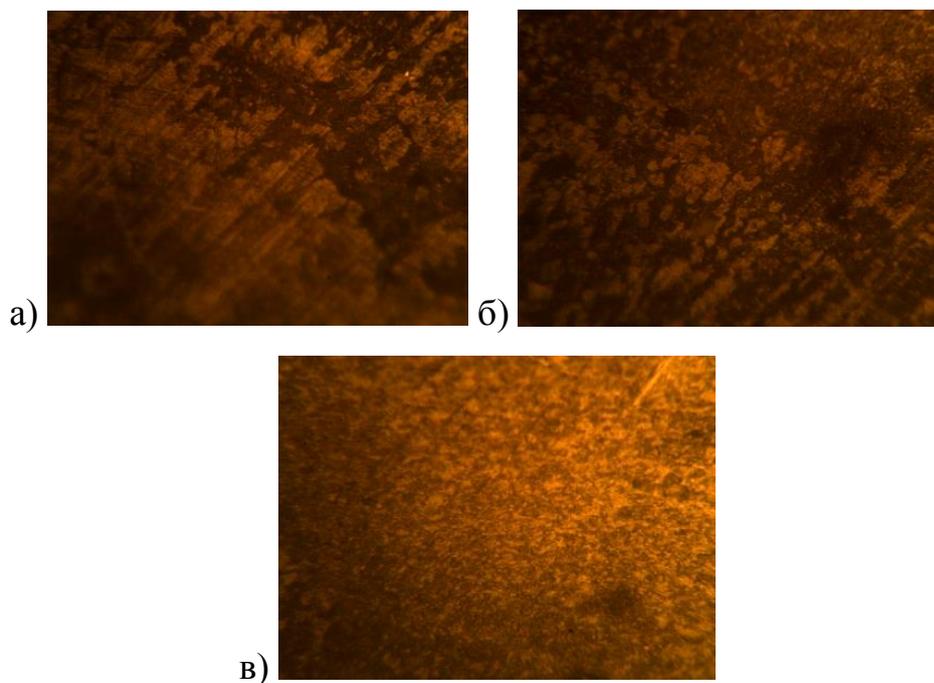


Рисунок 7 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 8 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 1% нанопорошка молибдена.

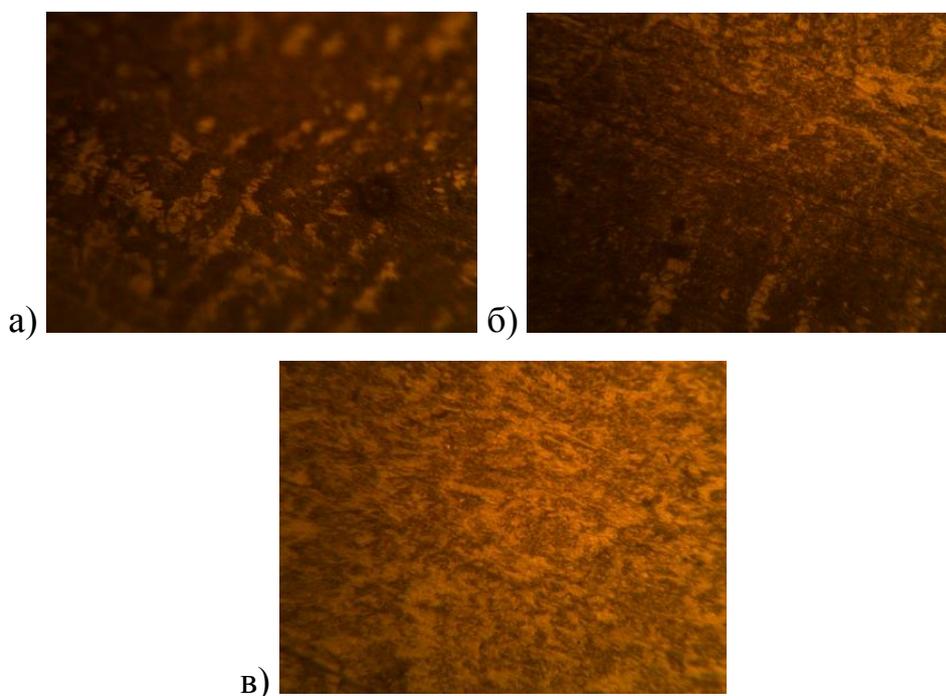


Рисунок 8 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 9 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,25% нанопорошка вольфрама.

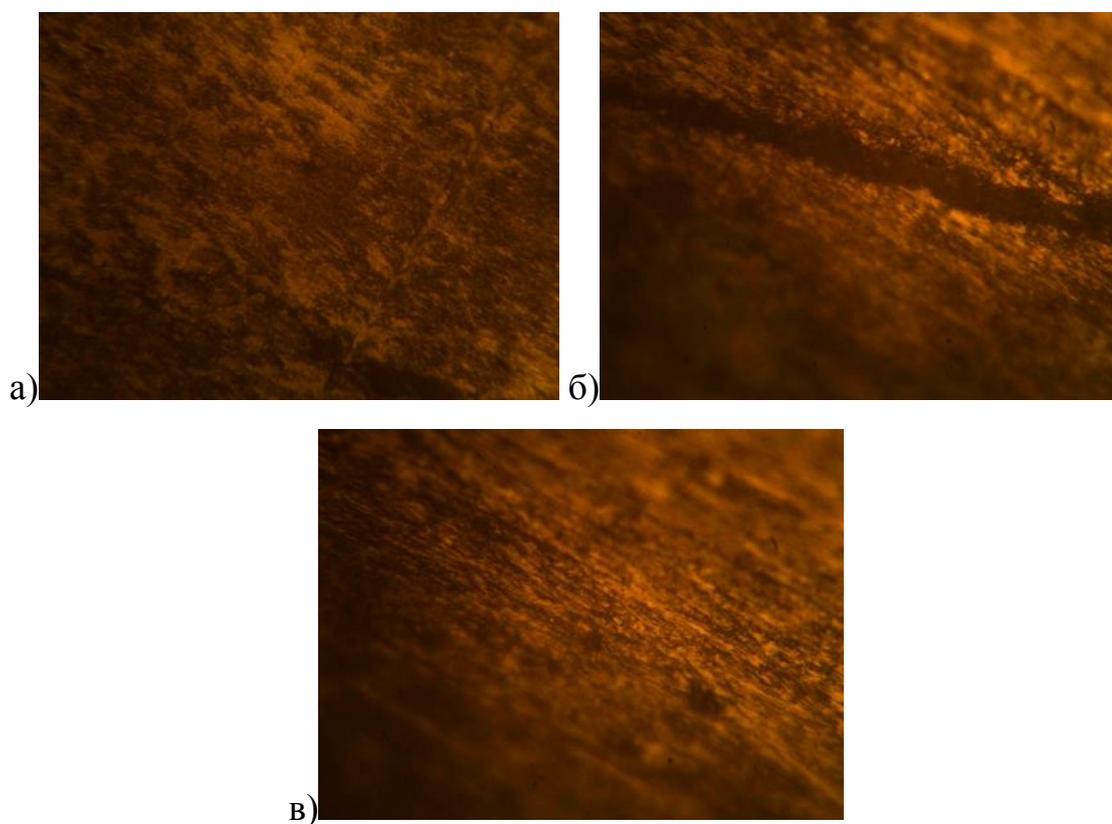


Рисунок 9 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 10 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,5% нанопорошка вольфрама.

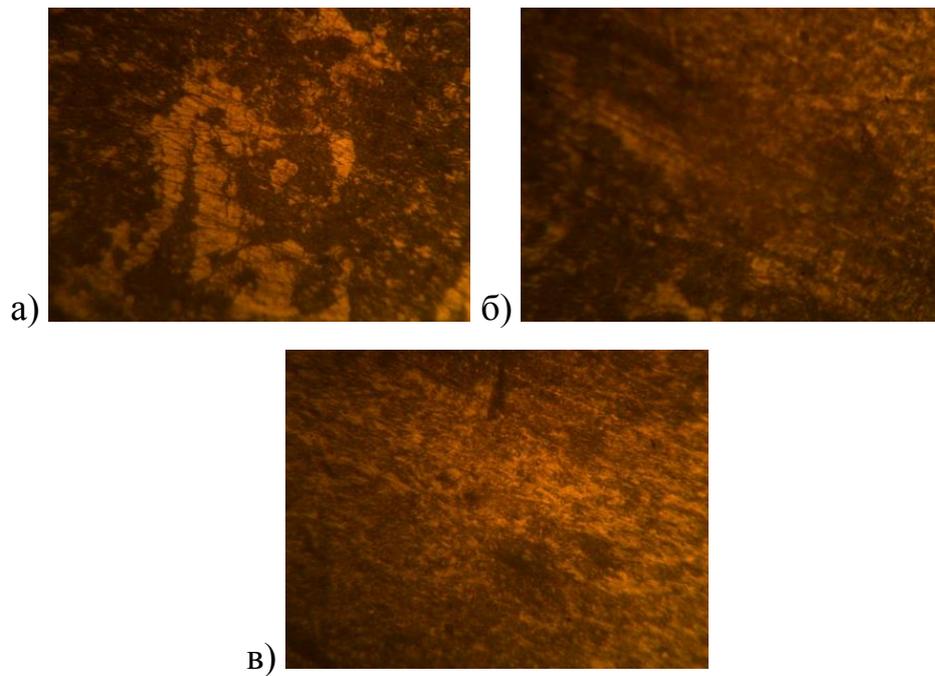


Рисунок 10 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 11 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 0,75% нанопорошка вольфрама.

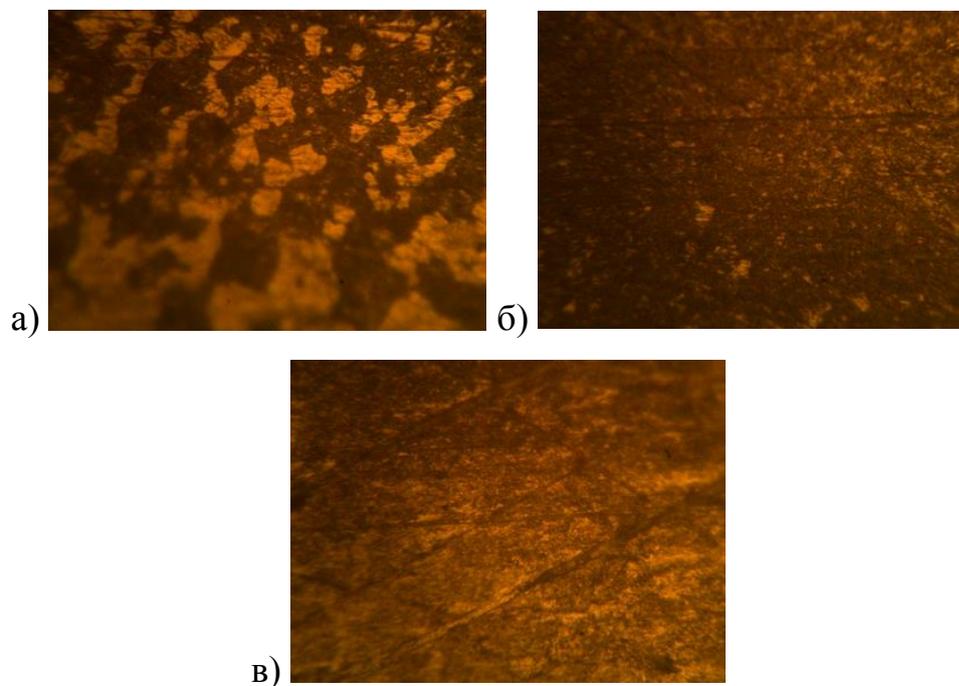


Рисунок 11 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунке 12 представлены изображения структуры образцов, где в качестве присадочного материала использовалась порошковая проволока с добавлением 1% нанопорошка вольфрама.

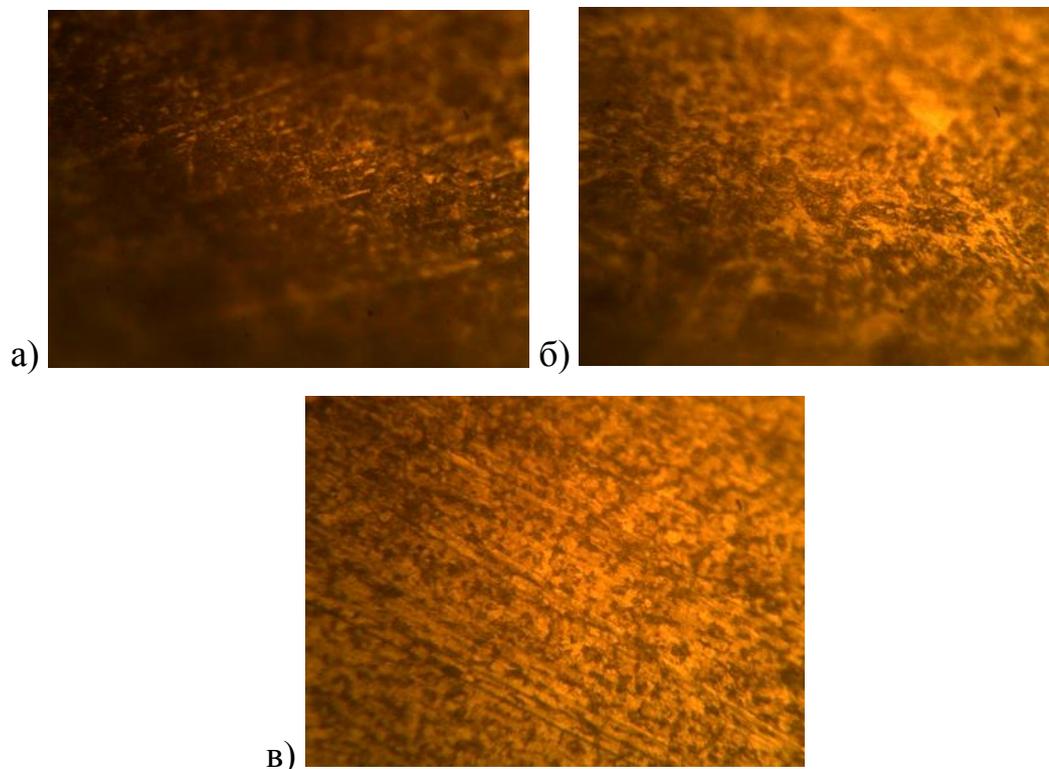


Рисунок 12 Структура металла: а – наплавленный металл; б – переход от основного металла к наплавленному; в – наплавленный металл

На рисунках 4-12 видно, что средний размер дендрита по длине и по ширине уменьшается с увеличением процентного содержания нанопорошка в составе шихты порошковой проволоки.

Для изучения влияния нанопорошка в составе шихты порошковой проволоки на механические свойства наплавленного металла была определена твердость по Бринеллю на портативном твердомере комбинированного действия (рисунок 13).



Рисунок 13 MET-УД - портативный комбинированный твердомер [19]

На основе полученных данных, используя зависимость между твердостью, определяемой способом вдавливания, и другими механическими свойствами металла, определен предел прочности при растяжении σ_B :

$$\sigma_B = 3,4 \cdot HB \quad [20]. \quad (1)$$

На рисунке 14 показан график зависимости предела прочности от процентного содержания нанопорошка вольфрама.

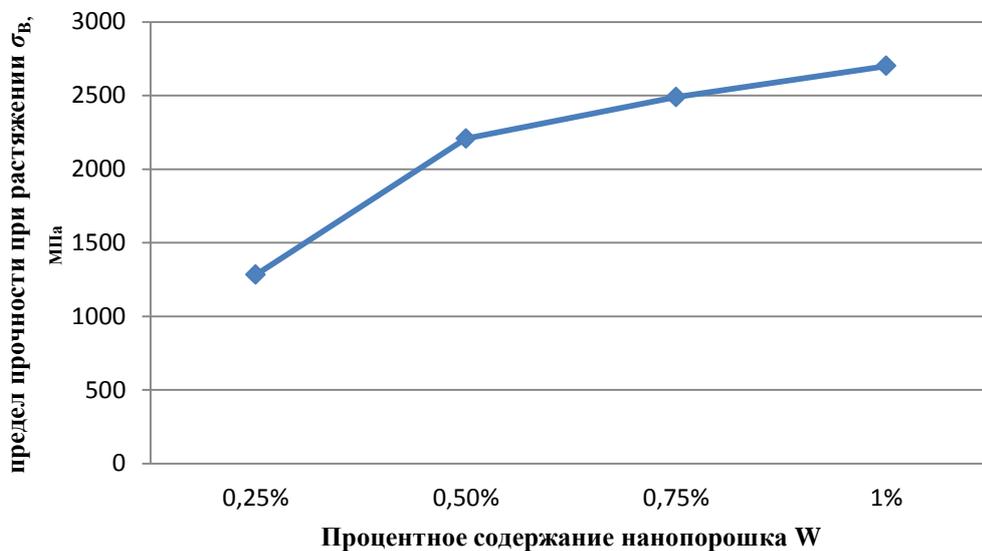


Рисунок 14 График зависимости предела прочности от процентного содержания нанопорошка вольфрама

На рисунке 15 показан график зависимости предела прочности от процентного содержания нанопорошка молибдена.



Рисунок 15 График зависимости предела прочности от процентного содержания нанопорошка молибдена

Также, используя зависимость между твердостью, определяемой способом вдавливания, и другими механическими свойствами металла, определен предел текучести σ_T :

$$\sigma_T = 1,7 \cdot \text{НВ} [20]. \quad (2)$$

На рисунке 16 показан график зависимости предела текучести от процентного содержания нанопорошка вольфрама.

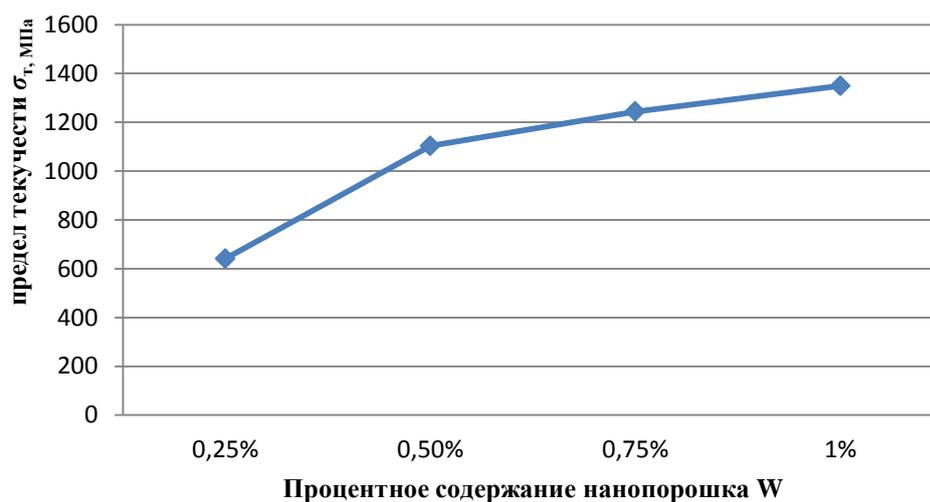


Рисунок 16 График зависимости предела текучести от процентного содержания нанопорошка вольфрама

На рисунке 17 показан график зависимости предела текучести от процентного содержания нанопорошка молибдена.



Рисунок 17 График зависимости предела текучести от процентного содержания нанопорошка молибдена

На рисунках 14 и 15 видно, что происходит повышение предела прочности с введением наноструктурированного порошка вольфрама (молибдена), и, при увеличении его концентрации, данный показатель растёт.

На рисунках 16 и 17 видно, что происходит повышение предела текучести с введением наноструктурированного порошка вольфрама (молибдена), и, при увеличении его концентрации, данный показатель растёт.

3 Выводы

1. Разработан состав шихты с добавлением нанопорошка вольфрама или молибдена и получены образцы порошковой проволоки.

2. Определено изменение структуры наплавленного металла в зависимости от процентного содержания нанопорошка. При повышении его концентрации, размер зерен уменьшается, что приводит к однородности структуры.

3. Определено влияние вольфрама и молибдена в виде нанопорошка на механические свойства наплавленного металла, при увеличении его концентрации в шихте порошковой проволоки, повышаются его пределы прочности и текучести. Так, при увеличении концентрации вольфрама на 0,25%, предел прочности наплавленного металла увеличивается на значение до 1000 МПа, а предел текучести на значение до 500 МПа. При увеличении концентрации молибдена на 0,25%, предел прочности наплавленного металла увеличивается на значение до 700 МПа, а предел текучести на значение до 400 МПа.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Экономическая часть предназначена для экономической оценки производственного процесса.

4.1 Определение затрат на основные материалы

Себестоимость порошковой проволоки составляется из суммы стоимости металлической ленты для оболочки и стоимости шихты.

Расчет будет производиться на один метр порошковой проволоки.

Цена ленты из стали СтЗсп за кг составляет 30 рублей.

В порошковой проволоке используется металлическая лента шириной 10 мм и толщиной 4 мм. Зная плотность стали, которая равна $\rho=7850$ кг/м³, можно рассчитать, сколько килограмм ленты необходимо для изготовления одного метра проволоки $m_{л}$:

$$m_{л} = \rho \cdot V, \quad (3)$$

Где V - объем одного метра ленты.

$$m_{л} = 7850 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 0,004 = 0,314. \quad (4)$$

Теперь определяем цену стальной ленты для изготовления одного метра порошковой проволоки $Сл$:

$$Сл = 0,314 \cdot 30 = 9,42. \quad (5)$$

Стоимость шихты складывается из стоимости каждого, входящего в нее, компонента. В таблице 9 представлена цена каждой составляющей порошка.

Таблица 9 – Стоимость компонентов шихты

Компонент шихты	Цена, руб./кг
Железная окалина	1,6
Рутиловый концентрат	3100
Плавикошпатовый	11
Ферросилиций	55
Ферромарганец	70
Графит	50
Вольфрам	19550
Молибден	11200

Расчет стоимости одного килограмма шихты без нанопорошка Сш:

$$C_{ш} = 1,6 \cdot 0,55 + 3100 \cdot 0,18 + 11 \cdot 0,073 + 55 \cdot 0,08 + 70 \cdot 0,1 + 50 \cdot 0,017 = 0,88 + 558 + 0,803 + 4,4 + 7 + 0,85 = 571,93. \quad (6)$$

Используя коэффициент заполнения Кз можно определить массу шихты в одном метре проволоки $m_{ш}$:

$$m_{ш} = \frac{K_z \cdot m_l}{1 - K_z}, \quad (7)$$

где $K_z = 0,3$

$$m_{ш} = \frac{0,3 \cdot 0,314}{1 - 0,3} = 0,135. \quad (8)$$

Расчет стоимости шихты в одном метре проволоки Сш1:

$$C_{ш1} = 571,93 \cdot 0,135 = 76,97. \quad (9)$$

Зная стоимость шихты и оболочки на 1 м, можно определить себестоимость порошковой проволоки Спп:

$$C_{пп} = 9,42 + 76,97 = 86,39. \quad (10)$$

Стоимость 0,25% нанопорошка вольфрама от массы шихты в одном метре проволоки составляет 6,6 рублей. Стоимость 0,25% нанопорошка вольфрама в 1 кг шихты составляет 48,88 рублей.

Стоимость 0,25% нанопорошка молибдена от массы шихты в одном метре проволоки составляет 3,78 рублей. Стоимость 0,25% нанопорошка молибдена в 1 кг шихты составляет 28 рублей.

В таблице 10 указана цена на изготовленную порошковую проволоку с разным процентным содержанием нанопорошка и без него.

Таблица 10 – Цена изготовленной порошковой проволоки

Содержание нанопорошка	Цена, руб./м	Цена, руб./кг
Вольфрам 0,25%	92,99	650,81
Вольфрам 0,5%	99,59	699,69
Вольфрам 0,75%	106,19	748,57
Вольфрам 1%	112,79	797,45
Молибден 0,25%	90,17	629,93
Молибден 0,5%	93,95	657,93
Молибден 0,75%	97,73	685,93
Молибден 1%	101,51	713,93
Без нанопорошка	86,39	601,93

Для сравнения цен с уже имеющимися марками порошковых проволок, были выбраны проволоки аналогичного химического состава (за исключением нанопорошков): проволока сварочная порошковая флюсовая Sturm WW1001F, страна-производитель Китай; порошковая проволока E71T-GS Foxweld, страна-производитель Китай; проволока сварочная флюсовая QUATTRO ELEMENTI 770-377, страна-производитель Италия.

Таблица 11 – Цены аналогов порошковых проволок

Марка проволоки	Цена за 1 кг, руб.
Sturm WW1001F	730
E71T-GS Foxweld	650
QUATTRO ELEMENTI 770-377	1030

На рисунке 18 представлена гистограмма сравнения стоимости изготавливаемой проволоки и уже имеющихся аналогов.

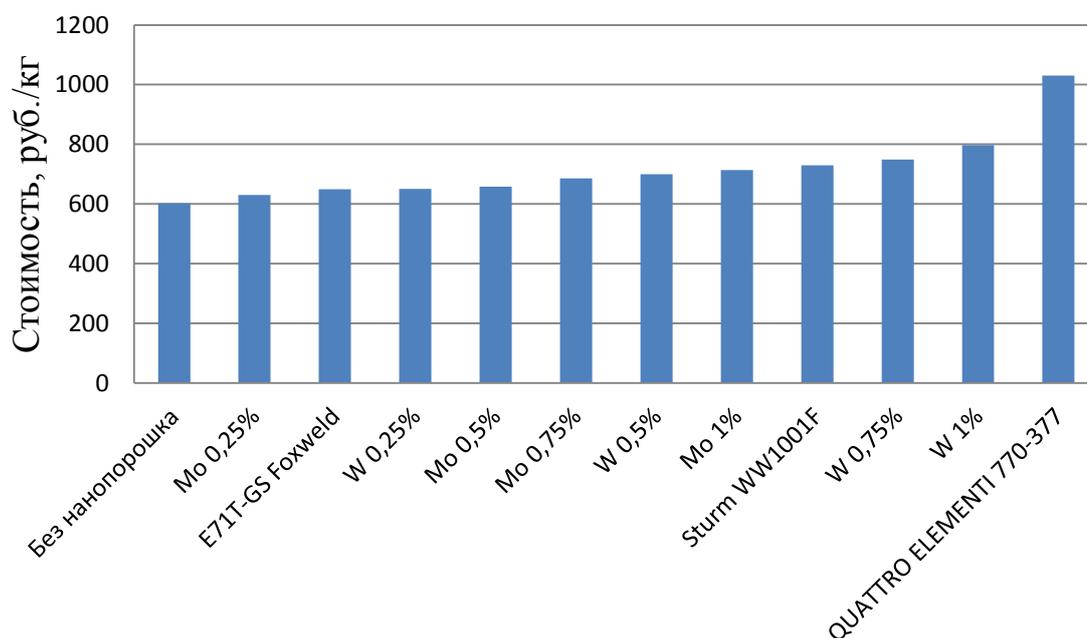


Рисунок 18 Гистограмма сравнения стоимости изготавливаемой проволоки и уже имеющихся аналогов

Сравнивая стоимость изготавливаемой проволоки с уже имеющимися аналогами, можно сделать вывод, что полученная проволока имеет минимально отличие по цене от аналога, но исходя из полученных свойств наплавленного металла, а также изменения его структуры, данная разница в цене незначительна.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

Объектом исследования является лаборатория кафедры сварочного производства ЮТИ НИ ТПУ г.Юрги. Размеры лаборатории: длина – 13м, ширина – 6м, высота – 2,5м. Материал стен – кирпич, материал пола и потолка – бетон и бетонные плиты. Количество оконных проемов – 2 и дверных – 1. Лаборатория занимает площадь, равную 78м².

Для исследований применялись образцы (пластины) из стали Ст3пс, аргодуговой сварочный инвертор NYL TIG200P, порошковая проволока.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты оказывает негативное воздействие на рабочих, вызывая утомленность. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в

зависимости от силы сварочного тока. Рекомендуется использование светофильтров из темного стекла ЭЗ, С4.

Производственный шум

Источниками шума в лаборатории служит источник тока и треск при проведении сварочных работ. Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумные наушники [21].

Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При сварочных работах воздушная среда на участке загрязняется сварочными аэрозолями, в состав которых могут входить оксиды марганца, хрома, цинка и кремния, фтористые соединения, а также газы (оксиды углерода и азота, озон) и пыль. Эти вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм работающего.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью – более 90% частиц, скорость витания частиц меньше 0,1 м/с.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм. от места сварки.

Каждое рабочее место оборудуется вытяжной вентиляцией, которая производит отбор загрязненного воздуха из рабочей зоны. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть 0,2-0,5 метров в секунду [22].

5.3 Анализ выявленных опасных факторов

Малая освещенность

Малая освещенность отрицательно сказывается на точности, качестве работ и производительности. Исследования показывают, что при хорошем освещении производительность труда повышается примерно на 15 %.

Электрический ток

В данной лаборатории используется сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380В. Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.1.030-81.

В лаборатории применяются искусственные заземляющие устройства, которые состоят из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлители представляют собой стальные трубы диаметром 50...70 мм с толщиной стенок 3...5 мм. либо стержни из угловой стали размером 50x50x5 мм, забиваемые в землю на глубину 2...2,5 м с шагом, равным их длине, так, чтобы их верхние части были под поверхностью земли на глубине 0,5...0,8 м. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 4 Ом [23].

Термические ожоги

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем газовой горелки. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки и теплового излучения. Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключаяющие попадание искр и капель расплавленного металла.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Пожаро-взрывобезопасность

Пожаро-взрывобезопасность производства определяется показателями пожаро-взрывоопасности веществ и материалов и их агрегатным состоянием. К этим показателям относится группа горючести, температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения, условия теплового самовозгорания [24].

5.3.1 Обеспечение требуемого освещения в лаборатории

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95.

Исследования показывают, что при хорошем освещении производительность труда повышается примерно на 15 %.

При освещении помещений используют естественное освещение (создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода), искусственное освещение (создаваемое электрическими источниками света) и совмещенное освещение (при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным).

К числу источников света, выпускаемых нашей промышленностью, относятся лампы накаливания, люминесцентные лампы и лампы ртутные.

Основными показателями, определяющими выбор светильника при проектировании осветительной установки, следует считать: конструктивное исполнение светильника с учетом условий среды, светораспределение светильника и его экономичность.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняют методом коэффициента использования светового потока [25].

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (11)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, лм;

E – минимальная освещенность, лк, $E=300$ лк для общего освещения;

k – коэффициент запаса, $k=1,5$ для помещений с малым выделением пыли;

S – площадь помещения, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z=0,9$ для светильников с люминисцентными лампами;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta=47\%$.

Отсюда:

$$n = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot \Phi}. \quad (12)$$

Для светильников типа ОД с лампой ЛБ $\Phi=7445$ лм.

Площадь проектируемого участка составляет 78м².

$$n = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 78 \cdot 0,9}{0,47 \cdot 7445} = 9,08. \quad (13)$$

Принимаем количество светильников, равным $n=9$ шт.

Согласно проведенным расчетам, система освещения лаборатории КСП должна состоять из 9 двухламповых светильников типа ОД с люминисцентными лампами ЛБ мощностью 125 Вт, что соответствует количеству светильников в лаборатории [26].

5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата в лаборатории. Вентиляция и кондиционирование

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний.

Параметры микроклимата определены в санитарных нормах и правилах СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [27].

Параметры микроклимата: температура воздуха; влажность воздуха; скорость движения воздуха в помещениях; барометрическое давление; тепловое (инфракрасное) излучение от нагретых поверхностей.

Все рассмотренные выше параметры микроклимата должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим нормам.

Оптимальные нормы микроклимата следующие:

В холодный и переходный период года:

- температура $17\div 20$ °С;
- относительная влажность – $60\div 40$ %;
- скорость движения воздуха – 0,3 м/с.

В теплое время года:

- температура $20\div 22$ °С;
- относительная влажность – $60\div 40$ %;
- скорость движения воздуха – 0,4 м/с.

На данный момент в лаборатории фактические параметры микроклимата соответствуют параметрам микроклимата в теплое время года.

Одним из основных мероприятий по оптимизации параметров микроклимата является обеспечение надлежащего воздухообмена.

Вентиляция – это система воздухообмена для удаления производственных вредностей и создания в рабочей зоне воздушной среды, отвечающей санитарным нормам. Она используется для борьбы с избыточным теплом, влагой, вредными газами, парами и пылью.

Кондиционирование – наиболее совершенный вид промышленной вентиляции; он предназначен для создания наиболее оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях. Кондиционирование воздуха – это его автоматическая обработка с целью поддержания в производственных помещениях заранее заданных параметров

микроклимата не зависимо от их изменения с наружи и технологических режимов внутри помещения. Кондиционеры могут быть местными (для обслуживания отдельных помещений) и центральные (для обслуживания нескольких отдельных помещений) [27].

5.3.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Нормативными документами по защите от поражения электротоком при проведении электросварочных работ являются «Правила устройства электроустановок», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Инструкция по выполнению сетей заземления электроустановок». Все помещения делятся по степени опасности поражения людей электрическим током на три класса:

I - без повышенной опасности;

II - с повышенной опасностью;

III - особо опасные.

ГОСТ 12.3.003-75 «Работы электросварочные. Общие требования безопасности» определяет следующий перечень основных видов средств защиты от поражения электрическим током: устройства оградительные, автоматического контроля и сигнализации, защитного заземления и зануления, автоматического отключения, выравнивания потенциалов и понижения напряжения, дистанционного управления; изолирующие устройства и покрытия; предохранительные устройства; знаки безопасности [28].

Для предотвращения ожогов от разбрызгивания расплавленного металла, иметься средства индивидуальной защиты.

Таблица 12 – Средства индивидуальной защиты

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика типа НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

Защита от движущихся механизмов [29].

5.4 Охрана окружающей среды

Охрана воздушной среды. Очистка загрязнённого воздуха и отходящих газов, выделяющихся при технологических процессах и выбрасываемых в атмосферу, от содержащихся в них вредных твёрдых, жидких и газообразных примесей является основным способом охраны воздушной среды от загрязнения.

Для очистки выбрасываемого из лаборатории воздуха в окружающую среду достаточно производить улавливание пыли, аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. В системе вентиляции предусмотрена

установка с масляным фильтром EF-3000-4-4.6с. для очистки выбрасываемого воздуха от загрязнений. Для этого используют масляные фильтры. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95-98 %.

В лаборатории основными отходами являются отходы твердых материалов (шлак, электроды и электродная проволока). Существует два пути утилизации металлических отходов: с переплавом и без переплава. В случае утилизации без переплава отпадает необходимость в переработке, но происходит загрязнение почв и растёт площадь свалок, выделяемых для сброса отходов производства.

При способе с переплавом металлические отходы переплавляются и появляется возможность использования отходов в дальнейшем производстве. Это приводит к повышению эффективности производства, а также снижается уровень загрязнения окружающей среды, так как не требуется выделять площади под свалки, а металл используется практически стопроцентно.

5.5 Защита в чрезвычайной ситуации

Порядок подготовки населения в области защиты от ЧС утвержден постановлением Правительства РФ от 24.07.95г. №738.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС. Основой этого направления является формирование планов действий в ЧС.

Документом, в котором отражены характер и масштабы опасностей на конкретном промышленном объекте и выработанные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и готовности к действиям в техногенных ЧС, является декларация безопасности промышленного объекта, которая разрабатывается организацией собственными силами и включает: общую информацию об объекте; анализ опасности промышленного объекта; обеспечение готовности промышленного объекта к локализации и ликвидации ЧС; информирование общественности; ситуационный план объекта [30].

Пожарная безопасность предусматривает такое состояние объекта, при котором исключалось бы возникновение пожара, а в случае его возникновения предотвращалось бы воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивалась защита материальных ценностей.

В лаборатории применяют следующие средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-2 для тушения лакокрасочных материалов и электрооборудования под напряжением (до 1000 В)– 1шт.;
- песок (в ящике) для тушения электроустановок под напряжением.

5.6 Заключение

В результате проведенной работы нами были выявлены вредные и опасные факторы, имеющие место на данном участке. Были использованы следующие методы защиты от влияния этих факторов:

- в лаборатории сварки лампы накаливания старого образца шумят, в связи с этим предлагаю заменить старые лампы накаливания на новые;
- в место вытяжного шкафа использовать вытяжной зонд - готовое решение вопроса фильтрации воздуха в лаборатории. Система может быть оснащена сепаратором для удаления дыма и крупнодисперсной пыли.

Заключение

Изучен литературный материал, имеющийся по аналогичным темам, с целью определения актуальности данной работы.

Разработан состав шихты с добавлением нанопорошка вольфрама или молибдена и получены образцы порошковой проволоки на основе данной шихты.

Установлено, что с увеличением концентрации нанопорошка вольфрама или молибдена в шихте порошковой проволоки происходит уменьшение размера зерен в структуре наплавленного металла, что в дальнейшем приводит к однородности структуры.

Определено влияние вольфрама и молибдена в виде нанопорошка на механические свойства наплавленного металла, при увеличении его концентрации в шихте порошковой проволоки, повышаются его пределы прочности и текучести. Так, при увеличении концентрации вольфрама на 0,25%, предел прочности наплавленного металла увеличивается на значение до 1000 МПа, а предел текучести на значение до 500 МПа. При увеличении концентрации молибдена на 0,25%, предел прочности наплавленного металла увеличивается на значение до 700 МПа, а предел текучести на значение до 400 МПа.

Расчитана стоимость изготавливаемой проволоки и произведено сравнение с уже имеющимися аналогами. В результате полученная проволока имеет минимально отличие по цене от аналога, но исходя из полученных свойств наплавленного металла, а также изменения его структуры, данная разница в цене незначительна.

Список используемых источников

1. Походня И.К. Сварка порошковой проволокой / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – К: Наукова думка, 1972 – 223 с.
2. Сварка порошковой проволокой: недостатки и преимущества // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://goodsvarka.ru/electro/poroshkovoij-provolokoj/>
3. Порошковая проволока – эффективная сварка низколегированных и углеродистых сталей // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://tutmet.ru/samozashhitnaja-poroshkovaja-provoloka-svarki-proizvodstvo.html>
4. Опарин Л. Н. Свойства металла, наплавленного электродуговым способом с подачей присадочного порошка в сварочную ванну / Л. Н. Опарин // Наплавленный металл. Состав, структура, свойства : Сб. науч. тр., Киев : ИЭС им. Патона НАН Украины, 1992. – С.85-86
5. Kivinema, E. I. Particulate – reinforced metal matrix composite as a weld deposit / E. I. Kivineva, D. L. Olson, D. K. Maltock // Welding Journal. - 1995. – N 3. – P. 83-92
6. Вайнерман А. Е. Аргонодуговая наплавка порошков на основе карбида вольфрама насталь для получения износостойких покрытий / А. Е. Вайнерман, Н. В. Беляев // Вопросы материаловедения. – 2002. – № 2. – С. 43-46
7. Антонов А. А. Разработка технологии аргонодуговой наплавки абразивного до 500С сплава с введением модификатора в сварочную ванну / А. А. Антонов // Волгоград – 2016 – 20 с.
8. Соколов Г. Н. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама / Г. Н. Соколов, И. В. Лысак, А. С. Трошков, И. В. Зорин, С. С. Горемыкина, А. А. Самохин, Н. В. Алексеев, Ю. В. Цветков // Физика и химия обработки материалов 2009, №6 – 7 с.
9. Состав электродного покрытия для износостойкой наплавки// [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.findpatent.ru/patent/255/2553153.html>

10. Особенности плавления порошковой проволоки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.welding.su/articles/electrods/electrods_213.html

11. Классификация и виды порошковой проволоки// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://welding.su/articles/electrods/electrods_212.html

12. Мустафин Ф. М., Блехерова Н. Г., Быков Л. И. Современные технологии сварки трубопроводов. СПб. : Недра, 2010.

13. Исследование микроструктуры, химической неоднородности и оптимизации гранулометрического состава шихты порошковой проволоки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msd.com.ua/svarka-i-naplavka-alyuminiya-i-ego-splavov/issledovanie-mikrostruktury-ximicheskoy-neodnorodnosti-i-optimizacii-granulometricheskogo-sostava-shixty-poroshkovoј-provoloki/>

14. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 2004 – 445с.

15. Отжиг и нормализация стали // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metalurgu.ru/termoobrabotka-metallor-i-splavov/otzhig-i-normalizatsiya-stali.html>

16. Паспорт и руководство пользователя TIG 200P // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://сваркацентр.рф/files/attachment_files/512_file/pasport_profi_TIG200_P_ACDC_TIG315P_ACDC_27_10_15_pdf.pdf?1448010236

17. Сварочный инвертор HYL TIG-200P H26 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://tesla-set.com.ua/tovary/welding_equipment/welding_inverters/hyl-tig-200p-h26

18. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. – М.: Машиностроение, 1974.

19. МЕТ УД твердомер // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.eskomp.ru/item_6243.html

20. Солодский С.А. Исследование влияния термической обработки на механические свойства стали // Юрга 2011- 19 с.

21. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838

22. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=666

23. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=663

24. ГОСТ 12.0.003-74 / Опасные и вредные производственные факторы // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/4/4650/index.htm

25. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/snip/2305-95/>

26. Расчеты по обеспечению комфорта и безопасности: учебное пособие. В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 155 с.

27. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений застройки // [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.ntm.ru/control/37/6956>

28. ГОСТ 12.3.003-75 «Работы электросварочные. Общие требования безопасности» // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/97/162.htm>

29. Реферат: Обеспечение комфортности жизнедеятельности людей, как способ повышения уровня их защищенности // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://works.tarefer.ru/9/100082/index.html>

30. Масленные фильтры // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://front-energo.com/sovplim/filtr_maslo/filtr_maslo.pdf