

Министерство науки и высшего образования 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»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы				
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОПОРОШКА В СОСТАВЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА.				

УДК 621.791.92:621.762.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A52	Судариков А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Е.А.	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Крюков А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.п.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности.
P2	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.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности.
P4	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.
P5	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.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; чётко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	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.
P8	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.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	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.
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчёты 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.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учётом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
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.

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

Институт Юргинский технологический
 Направление подготовки Машиностроение
 Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя ОПТ
 _____ Кузнецов М.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
10A52	Сударикову Александру Владимировичу

Тема работы:

Исследование влияния нанопорошка в составе порошковой проволоки на состав и свойства наплавленного металла.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 10/с от 31.01.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Материалы преддипломной практики
--	---

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>	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>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	Солодский Сергей Анатольевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Евгений Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A52	Судариков Александр Владимирович		

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»

Отделение промышленных технологий

Период выполнения (весенний семестр 2018 – 2019 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)
	Обзор литературы	20
	Объекты и методы исследования	20
	Расчеты и аналитика	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Е.А.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТП	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
10А52	Судариков А.В.

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15. 03.01. Машиностроение

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

Состав порошковой проволоки

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение себестоимости изготавливаемой порошковой проволоки*
2. *Расчет стоимости одного метра ленты*
3. *Расчет стоимости одного килограмма шихты*
4. *Расчет стоимости готовой проволоки с разным процентным составом*
5. *Зависимость цены от состава*
6. *Сравнение цен изготавливаемой проволоки с уже имеющимися аналогами*

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
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г	к.п.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А52	Судариков А.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10A52	Судариков А.В.

Институт	ЮТИ ТПУ	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i>	
<i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
2. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<i>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</i>
3. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i>	<i>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>
4. <i>Охрана окружающей среды:</i>	<i>Вредные выбросы в атмосферу.</i>
5. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i>	<i>Перечень наиболее возможных ЧС на объекте</i>
6. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i>	<i>Проектирование системы приточно-вытяжной вентиляции на разрабатываемом участке.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A52	Судариков А.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 69 страниц, 17 рисунков, 14 таблицы, 35 источников.

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

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

Цель работы – определение влияния нанопорошков в составе шихты порошковой проволоки на твердость наплавленного металла.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования на реальном объекте. Во время проведения эксперимента выполняли наплавку валика на пластину из стали СтЗпс толщиной 5 мм сварочной порошковой проволокой, изготовленной из шихты 6 разных составов, используя TIG сварку.

Новизной работы является применение нанопорошка в производстве порошковой проволоки, а также ее влияние на свойства наплавленного металла.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 и представлена на диске CD-R (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 69 p., 17 Fig., 14 table., 35 sources.

Keywords: welding, surfacing, powder wire, nanopowder, metal structure, mechanical properties.

The object of research is the surfacing of flux-cored wire with tungsten nanopowder introduced into the charge.

The purpose of the work is to determine the effect of nanopowders in the composition of the powder wire charge on the hardness of the deposited metal.

In the process of work, experimental studies were conducted on a real object. During the experiment, the roller was surfaced on a plate made of St3ps steel with a thickness of 5 and 10 mm by welding flux-cored wire made of 5 different compositions using TIG welding.

The novelty of the work is the use of nanopowder in the production of cored wire, as well as its impact on the properties of the deposited metal.

The final qualifying work is made in a text editor Microsoft Word 2013 and is presented on a CD-R (in an 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.

Оглавление

Введение	13
Цель и задачи исследования	15
1. Обзор и анализ литературы	16
2. Объект и метод исследования	22
2.1 Порошковая проволока	22
2.2 Сущность процесса сварки порошковой проволокой	28
2.3 Подготовка материалов для порошковой проволоки	30
2.4 Установка для изготовления порошковой проволоки	37
2.5 Сварочное оборудование	38
2.6 Методика проведения эксперимента	41
2.7 Проведение испытаний и оценка	41
3. Выводы	49
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
5. Социальная ответственность	54
5.1 Описание рабочего места	54
5.2 Анализ выявленных вредных факторов	54
5.3 Анализ выявленных опасных факторов	56
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения в лаборатории	57
5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата в лаборатории. Вентиляция и кондиционирование	59
5.3.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	60
5.4 Охрана окружающей среды	62
5.5 Защита в чрезвычайной ситуации	63
5.6 Заключение	64

Заключение	65
Список используемых источников	66
Графическая часть	Представлена на слайдах
Слайд 1 Титульный лист	
Слайд 2 Актуальность работы	
Слайд 3 Цель и задачи исследования	
Слайд 4 Подготовка материалов для порошковой проволоки	
Слайд 5 Установка для изготовления порошковой проволоки	
Слайд 6 Оценка влияния импульсного режима сварки на площадь ЗТВ и наплавленного металла	
Слайд 7 Определение микротвердости	
Слайд 8 Основные выводы по работе	
Слайд 9 Апробация работы	
Слайд 10 Заключительный слайд	

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 придумано 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 затруднений, 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, сварочных соединений и швов [3].

Износостойкий наплавленный металл, как и сварные швы имеют 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 отличается 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].

Цель и задачи исследования

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

Цель работы:

Исследование влияния нанопорошка вольфрама в составе шихты порошковой проволоки на свойства наплавленного металла.

Задачи:

1. Изготовить порошковую проволоку с добавлением в шихту нанопорошка вольфрама.
2. Исследовать свойства наплавленного металла порошковой проволокой с нанопорошком вольфрама и без него в составе шихты.
3. Привести сравнительные результаты экспериментальных исследований по влиянию нанопорошка на свойства наплавленного металла.

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 аргонодуговой 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 – мононитрида титана TiN , что оказывает влияние на структуру наплавленного металла [7].

В ходе исследования Еремина Н.Е. и Лосева А.С. была разработана новая порошковая проволока, обеспечивающая получение наплавленного металла высокохромистой стали системы легирования Fe-Cr-Ni-Mo-Mn-Si-Nb-Ti-B, а также была описана и проанализирована структура наплавленного металла, роль боридов в повышении износостойкости и стабильности свойств металла при наплавке.

По результатам исследования было выявлено, что введение боридов (B_4C , TiB_2 , ZrB_2) в состав порошковой проволоки на основе высокохромистой коррозионостойкой стали 06X15H4M2Г2СБТ обеспечивает получение наплавленного металла со стабильной композиционной структурой, упрочненной карбоборидными и интерметаллидными фазами, и обуславливающей повышение его твердости в 1,7 раза, а износостойкости в 77 раз. Применение данной проволоки, в качестве наплавочного материала, позволяет существенно повысить работоспособность и надежность уплотнительных узлов запорной арматуры [8].

Болгарский ученый П. Ташев в своей работе «Наномодифицирование в процессе сварки и наплавки» проводит экспериментальные исследования влияния наномодифицирующих порошков тугоплавких соединений на свойства сварного шва при сварке алюминиевого сплава и наплавке защитного покрытия на стальную пластину. Сварка алюминиевого сплава АМгб осуществлялась с помощью аппарата для дуговой сварки с неплавящимся (вольфрамовым) электродом. В качестве модифицирующей добавки использовался наноразмерный порошок тугоплавкого соединения TiCN. Модифицирующая порошковая проволока изготавливалась с использованием вибрационной шаровой мельницы, в которой была изготовлена смесь из сечки стандартной проволоки марки АМгб и нанопорошка TiCN. В результате были получены проволоки диаметром 3 мм, содержащие соответственно 2% TiCN и 0,7% TiCN.

При наплавке защитного покрытия на сталь использовались пластины толщиной 3 мм из стали S235JR. Наплавка осуществлялась методом TIG. В качестве материала покрытия применялась стандартная проволока DT-SGМо по DIN 8576 с диаметром 1,6 мм. На поверхность проволоки наносилась тонкая пленка, содержащая плакированные хромом наночастицы TiN. Плакирование частиц осуществлялось с помощью механохимической обработки в планетарной мельнице.

Исследование показало, что при модифицировании нанопорошками имеет место существенное измельчение структуры шва и увеличение его твердости как при сварке алюминиевого сплава, так и при наплавке конструкционной стали.

Так, по результатам исследования наблюдается измельчение микроструктуры наплавленного слоя из стали S235JR при внесении TiN, а также измельчение микроструктуры шва из алюминиевого сплава АМгб при внесении TiCN составило 51%. Получено увеличение микротвердости по Виккерсу (HV) после ввода нанопорошков. При этом повышение HV для сварного шва из сплава АМгб после применения проволоки с TiCN

составляет 22%, а для наплавленного слоя из стали S235JR с применением TiN – 41% [9].

Яковлев Д.С., Шахматов М.В. в своей работе провели анализ микролегирующих элементов, на основании которого было проведено экспериментальное исследование их влияния на механические свойства металла шва. Также было опробовано микролегирование сварных швов через порошковую проволоку, расположенную на одной дуге при многодуговой сварке.

По результатам исследования было выявлено, что применение порошковой проволоки в многодуговом сварочном процессе позволило снизить погонную энергию сварки внутренних и наружных швов на 8-12%, при этом существует возможность дополнительного снижения погонной энергии, посредством уменьшения площади усиления шва.

Определено, что при микролегировании металла шва через порошковую проволоку, расположенную на второй дуге в многодуговом сварочном процессе, получены однородные по химическому составу сварные соединения. Многокомпонентное микролегирование молибденом, титаном, бором и никелем является наиболее эффективным для повышения низкотемпературной вязкости металла сварного шва.

Использование порошковой проволоки в многодуговом процессе сварки способствовало получению более высоких показателей ударной вязкости в зоне термического влияния, что связано с меньшей протяженностью зоны термического влияния, формированием в данной зоне дисперсной МА-составляющей в результате снижения погонной энергии сварки и увеличения скоростей охлаждения [10]

Ученые ИЭС им. Патона А.А. Бабинец и И.А. Рябцев в своей работе «Порошковая проволока для износостойкой наплавки тонколистовых конструкций» решали проблему электродуговой наплавки износостойких слоев на листовые конструкции толщиной меньше 4 мм. Главной опасностью данной наплавки является прожог основного металла.

В качестве решения данной проблемы экспериментальным путем они установили, что обеспечить минимальное проплавление с учетом качественного формирования наплавленного металла возможно при наплавке открытой дугой порошковой проволоки диаметром менее 1,6 мм. Поэтому была разработана специальная технология и техника наплавки самозащитной порошковой проволоки ПП-АН198, которая обеспечила качественное формирование наплавленного металла, минимизировало прожог металла, появление пор и других видов дефектов, а также позволило свести к минимуму остаточные деформации при наплавке листов из стали Ст3 толщиной 3 мм [11].

В своем автореферате Гушин Д.А. исследует повышение эффективности модифицирования металла шва при сварке низколегированной стали под флюсом с металлохимической присадкой. В качестве присадки используется диоксид титана.

По результатам исследования выявлено, что введение диоксида титана в сварочную ванну совместно с гранулятом обеспечивает надежную его доставку в реакционную зону и равномерное распределение по всему объему сварочной ванны, что обеспечивает повышение стабильности механических свойств металла шва. Установлено, что введение в сварной шов наноксидов титана в количестве 0,4 % (масс) является оптимальным и повышает прочностные характеристики металла швов низколегированных сталей [12].

Линник А.А. в своей работе исследовал проблему повышения ударной вязкости металла шва сварных соединений из низкоуглеродистых низколегированных сталей за счет применения порошковых проволок, содержащих наноразмерные тугоплавкие частицы.

По результатам исследования было выявлено, что при введении в хвостовую часть сварочной ванны наноразмерных частиц нитрида титана и оксида алюминия, несмотря на протекание процессов диссоциации, наблюдается эффект модифицирования, приводящий к снижению ширины первичных кристаллов в 2 раза. Эффект модифицирования обеспечивается

частичным сохранением наноразмерных частиц, а также воздействием химических элементов, выделившихся в процессе диссоциации (Ti и Al).

Снижение ширины первичных кристаллов в металле шва при введении в хвостовую часть сварочной ванны наноразмерных частиц оксида алюминия приводит к увеличению среднего значения ударной вязкости на 4% и на 69%, при введении частиц в количестве 0,03 масс.% и 0,07 масс.% соответственно, а при введении нитрида титана приводит к увеличению среднего значения ударной вязкости на 50% и на 14%.

Введение 0,03 масс.% и 0,07 масс.% карбида вольфрама в расплав хвостовой части сварочной ванны совместно с порошковой проволокой приводит к снижению ширины первичных кристаллов в 2 раза и снижению разброса этого значения на 30 - 50%. 10. Так же, введение наноразмерных частиц карбида вольфрама в хвостовую часть сварочной ванны приводит к незначительному (не более 10%) росту средних значений ударной вязкости металла шва, а также к снижению разброса этих значений на 40% и 86% при введении 0,03 масс.% и 0,07 масс.% соответственно [13].

Ученые Волгоградского государственного технического университета в лице Соколова Г.Н., Самохина А.В., Алексеева Н.В., Трошкова А.С., Зорина И.В., Горемыкина С.С., Лысак И.В. исследовали модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама.

В ходе работы были рассмотрены различные способы введения небольшого (до 0,2 масс.%) количества наноразмерных частиц вольфрама в металл, наплавленный с использованием электродуговой и электрошлаковой сварки.

Итогом стало то, что введение нанокарбидов в тонкий поверхностный слой покрытия сварочных электродов приводит к модифицированию структуры низкоуглеродистого наплавленного металла [14].

Ученые ЮТИ ТПУ М.А. Кузнецов, Д.Е. Колмагоров, Е.А. Зернин, А.С. Лукашов в своей работе работали над способами модифицирования наплавленного металла наноструктурированными порошками для

увеличения долговечности и эксплуатационной надежности деталей горно-шахтного оборудования.

По результатам работы определено, что в результате введения наноструктурированных порошков в сварочную ванну при дуговой сварке плавящимся электродом происходит модифицирование наплавленного металла, улучшение ударной вязкости и твердости металла шва, измельчение зерна и структуре зоны термического влияния, улучшение свойств дуги и формирование сварного шва [15].

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 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 [16].

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 [16].

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 [16].

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 [16].

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 металл капель [16].

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 [16].

Порошковую проволоку можно классифицировать по основному назначению, механическим свойствам, способу применяемой защиты, типу сердечника, возможности сварки в различных пространственных положениях [17].

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 [17].

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 неответственных конструкций при температурах их эксплуатации выше 0°С [17].

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 [17].

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 [17].

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 Ø5мм 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 [17].

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 [17].

2.2 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 [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

При сварке швов в несколько этапов, перед каждым следующим процессом сварки, предыдущий шов нужно тщательно зачищать, для избавления от слоя шлака [18].

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 [18].

Для 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 [18].

Также в процессе сварки порошковой проволокой велика вероятность образования пор, которые появляются вследствие наличия пустот и неравномерности заполнения пространства внутри ее стальной оболочки [18].

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 [18].

2.3 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.

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

Продолжение таблицы 2

Рутиловый концентрат	18
Плавикошпатовый	7
Ферросилиций	8
Ферромарганец	10
Графит	1,7
Вольфрам	0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25

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.
- Дозировка компонентов согласно рецептуре шихты и последующее их перемешивание.

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 [19].

В результате бурного выгоранием мелких частиц в сварочной дуге также видно снижение благоприятных значений механических свойств наплавленного металла [19].

Верхний предел гранулометрического состава ограничивается появлением достаточно большого количества включений в наплавленном металле из-за неполного расплавления в сварочной ванне этих частиц шихты [19].

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 [19].

В качестве модификаторов, для изучения влияния наноматериалов на свойства наплавленного металла, в шихту было решено добавить вольфрам 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 [20].

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 [20].

Нанопорошок W 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 104 до 106 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, аттриоторах и симолойерах [20].

Чтобы получить равномерное распределение нанопорошка вольфрама по всему объему шихты порошковой проволоки использовали механический метод перемешивания с использованием специальной емкости.

При изготовлении металлической оболочки проволоки использовалась лента из стали Ст3сп шириной 10 мм. Чтобы исключить попадание нежелательных компонентов в состав порошковой проволоки, был проведен химический анализ различных образцов данной ленты (рис.1).



Рисунок 1 Образцы ленты

В качестве оборудования использовался оптико-эмиссионный спектрометр ДФС-500 для анализа металлов и сплавов (рис.2).



Рисунок 2 Оптико-эмиссионный спектрометр ДФС-500

Данный спектрометр предназначен для анализа черных и цветных металлов на все легирующие компоненты и примеси, включая серу, фосфор и углерод. Он обеспечивает выполнение норм точности и диапазонов измерения концентраций элементов в соответствии с требованиями ГОСТ и других нормативных документов [21].

Основные технические характеристики оптико-эмиссионного спектрометра ДФС-500:

- Оптическая система выполнена по схеме Пашена-Рунге с кругом Роуланда 0.5м.
- Для черных металлов выполняется продувка аргоном высокой частоты с расчетом 0,05л/мин.
- Спектральный диапазон составляет 175-425 нм
- Источником возбуждения является низковольтная искра в аргоне с цифровым управлением.
- Ток плазмы 25...350 А
- Длительность разряда 30...600 мкс
- Частота 50...400 Гц
- Диапазон измеряемых концентраций 0,001% - десятки %
- Время анализа 20...40с

Оптическая система построена по схеме Пашена-Рунге с диаметром круга Роланда — 0,5 м. Для обеспечения пространственной стабильности

спектра все оптические элементы установлены на единой платформе, имеющей хорошую теплопроводность [21].

Амплитуда и форма тока в разряде, а также частота и длительность следования разрядных импульсов могут регулироваться в большом диапазоне. Благодаря этому источник обеспечивает анализ самых разнообразных металлов и сплавов [21].

Система регистрации обеспечивает управление узлами спектрометра, его тестирование, измерение и обработку аналитических сигналов.

Спектрометр работает под управлением IBM-совместимого компьютера. Простая и удобная программа WinCCD позволяет легко управлять прибором, проводить его градуировку и получать результаты измерений [21].

Результаты химического анализа образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты химического анализа

Хими- ческие элемен- ты	Номера образцов, №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Осно- ва (Fe)	88,658 5	99,302	94,878	95,717	96,604	94,781	96,735	99,217	99,326	99,077	99,202
Si	0,2041	0,0000	0,2067	0,1039	0,0802	0,1588	0,0475	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006
Mn	0,2979	0,3786	0,2855	0,3107	0,3416	0,3126	0,3283	0,4334	0,3770	0,3329	0,4317
Cr	0,0212	0,0258	0,0214	0,0226	0,0226	0,0212	0,0237	0,0240	0,0257	0,0359	0,0256
Ni	0,0200	0,0306	0,0217	0,0239	0,0218	0,0198	0,0250	0,0285	0,0320	0,0294	0,0303
V	0,0074	0,0053	0,0066	0,0079	0,0110	0,0092	0,0084	0,0088	0,0043	0,0033	0,0068
Ti	0,0065	0,0013	0,0082	0,0061	0,0031	0,0074	0,0011	0,0015	0,0002	0,0001	0,0025
C	0,2685	0,0505	0,2782	0,1637	0,0559	0,1799	0,0379	0,0412	0,0584	0,3325	0,0489
Cu	0,0162	0,0574	0,0101	0,0120	0,0017	0,0107	0,0079	0,0480	0,0545	0,0553	0,0540
Al	3,9557	0,0591	3,7139	3,3268	2,6758	3,4818	2,6223	0,0617	0,0463	0,0448	0,0690
As	3,0572	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	0,0000	0,0000	0,0062
P	0,6025	0,0274	0,1005	0,0602	0,0472	0,2213	0,0389	0,0274	0,0219	0,0214	0,0222
S	2,8843	0,0606	0,4687	0,2449	0,1341	0,7957	0,1240	0,1030	0,0534	0,0667	0,1002

По результатам анализа было принято решение использовать образец ленты под номером 9, т.к. в этом образце наблюдается наименьшее содержание различных цветных металлов и вредных компонентов.

Механические свойства стали СтЗсп представлены в таблице 4.

Таблица 4 – 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

Углеродистая спокойная сталь обыкновенного качества марки СтЗсп выпускается по ГОСТ 380 – 2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки» [22].

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 [22].

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 [23].

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 [23].

Режимы полного отжига ленты из СтЗсп представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы полного отжига.

Температура нагрева, °С	Выдержка, сек
880	60

2.4 Установка для изготовления порошковой проволоки

Установка для изготовления порошковой проволоки (рис.3) 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.

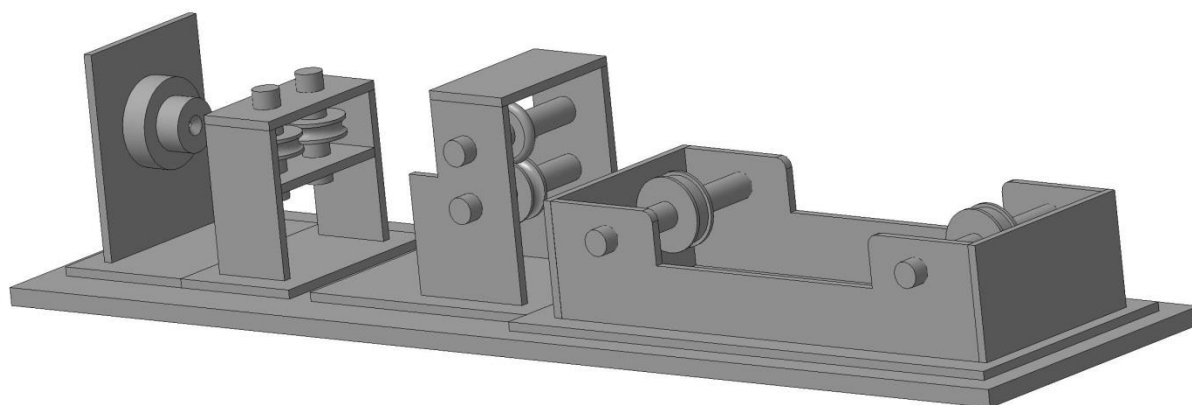


Рисунок 3 Установка для изготовления порошковой проволоки

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.

2.5 Сварочное оборудование

Для наплавки порошковой проволоки использовали инвертор для аргонодуговой сварки Lorch T 300 AC/DC (рис.4) - аппарат для сварки TIG со сварочным током от 3 до 300 А и для ручной дуговой сварки со сварочным током от 10 до 200 А, а также для импульсной и точечной сварки, с возможностью переключения тока с DC на AC [24].



Рисунок 4 Сварочный инвертор Lorch T 300 AC/DC

Особенности Lorch T 300 AC/DC

- Сварка TIG и MMA
- База данных SmartBase
- Разнообразные тонкие настройки
- Импульсная и точечная сварка
- Технология MACS
- Удобная транспортная тележка
- Устройство водяного охлаждения
- Переключение с AC на DC

Технические характеристики инвертора Lorch T300 AC/DC

представлены в таблице 6:

Таблица 6 – Технические характеристики инвертора Lorch T300 AC/DC

Напряжение на входе	340 - 460 В
Тип выходного тока	постоянный
Количество фаз питания	3
Сварочный ток (MMA)	10-200 А
Типы сварки	ручная дуговая сварка (MMA), аргонодуговая сварка (TIG)
Макс. сварочный ток при непрерывной работе	200 А
Продолжительность включения при максимальном токе	35%
Диаметр электрода	1.50 - 5 мм
Сварочный ток (TIG)	5 - 300 А

В качестве защитного газа был выбран аргон.

Аргон – это негорючий 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 (табл.7).

Содержание влаги для газообразного аргона всех трех марок должно быть меньше 0,03 г/м³ [25].

Таблица 7 – Состав газообразного аргона, %

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 [25].

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 [25].

Принудительную подачу газа осуществляли сбоку (рис.5) при помощи прикрепленного к баллону с аргоном специального шланга.

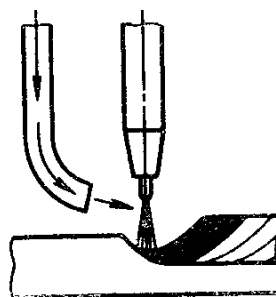


Рисунок 5 Подача защитного газа в зону сварки

2.6 Методика проведения эксперимента

Для исследования и изучения влияния нанопорошка в порошковой проволоке на наплавленный металл была выбрана аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Наплавка порошковой проволоки происходила в импульсном режиме с различной частотой тока от 1 до 250 Гц. Шаг частоты 50 Гц. Изменение сварочного тока в пределах от 60 до 120 А.

Для проведения эксперимента необходимо изготовить образцы из стали Ст3сп в виде пластин, толщиной 5 мм.

В ходе исследования требуется провести наплавку порошковой проволоки на пластины аргонодуговой сваркой, с шестью разными составами шихты, а именно без нанопорошка, с добавлением нанопорошка вольфрама в процентном соотношении 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25.

2.7 Проведение испытаний и оценка результатов

Для данного исследования были изготовлены 6 образцов порошковой проволоки, в их число входит: 1 без нанопорошка; 5 с добавлением

нанопорошка вольфрама 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 проходя 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.

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.

Готовые наплавленные швы подготовили к микроанализу: микрошлифы подлежали полировке и дальнейшему травлению в 1,5% растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

Для оценки влияния импульсных режимов сварки на площадь ЗТВ и наплавленного металла при наплавке порошковой проволокой определили геометрические параметры наплавленного металла: площадь наплавленного металла и площадь зоны термического влияния (рис.6)

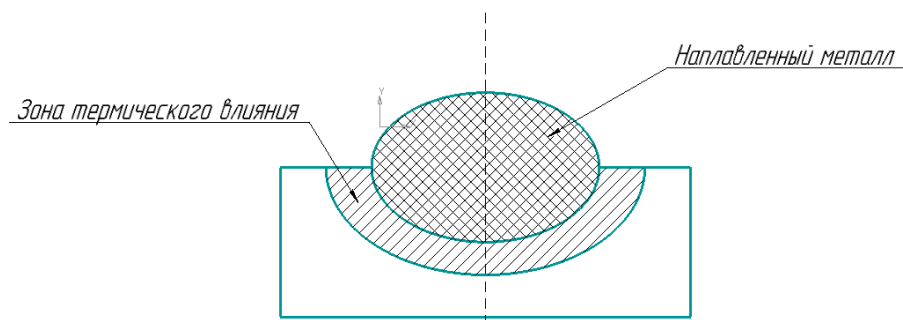


Рисунок 6 Определение площади наплавленного металла и ЗТВ

Для определения площади наплавленного металла и площади зоны термического влияния использовали программу КОМПАС – 3D (рис.7)

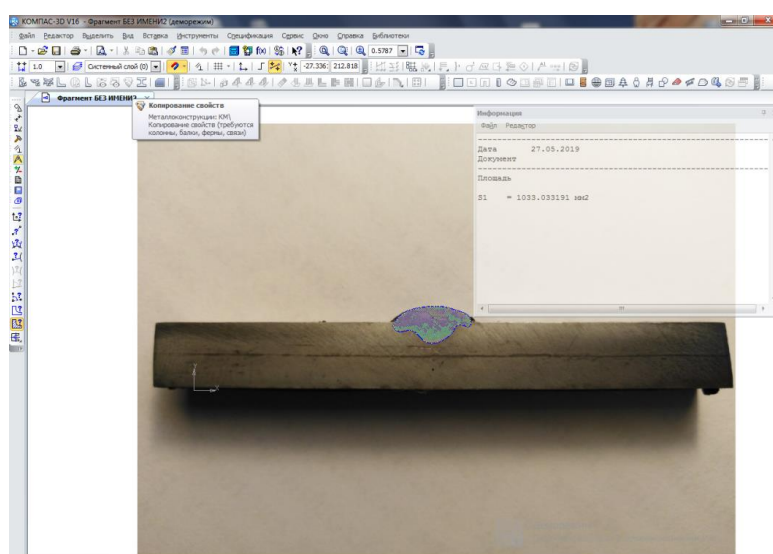


Рисунок 7 Определение площади наплавленного металла и площади зоны термического влияния в программе КОМПАС – 3D.

Результаты измерений представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты измерений в программе КОМПАС – 3D

Номер образца, №	Минимальный сварочный ток $I_{\min}$, А	Максимальный сварочный ток $I_{\max}$, А	Частота тока, Гц	Площадь наплавленного металла, мм ²	Площадь ЗТВ, мм ²
1	$59 \pm 2,3$	121 ± 1.9	1	1026,73	1448,48
2	$59 \pm 3,1$	120 ± 4.1	50	1058,21	1489,76
3	$60 \pm 4,2$	119 ± 2.4	100	1087,65	1511,32
4	$61 \pm 1,3$	122 ± 1.6	150	1146,75	1896,45
5	$62 \pm 2,7$	120 ± 2.7	200	1248,96	2245,34
6	$63 \pm 3,5$	123 ± 3.8	250	1388,42	2470,86

График изменения площади наплавленного металла и ЗТВ представлен на рисунке 8:

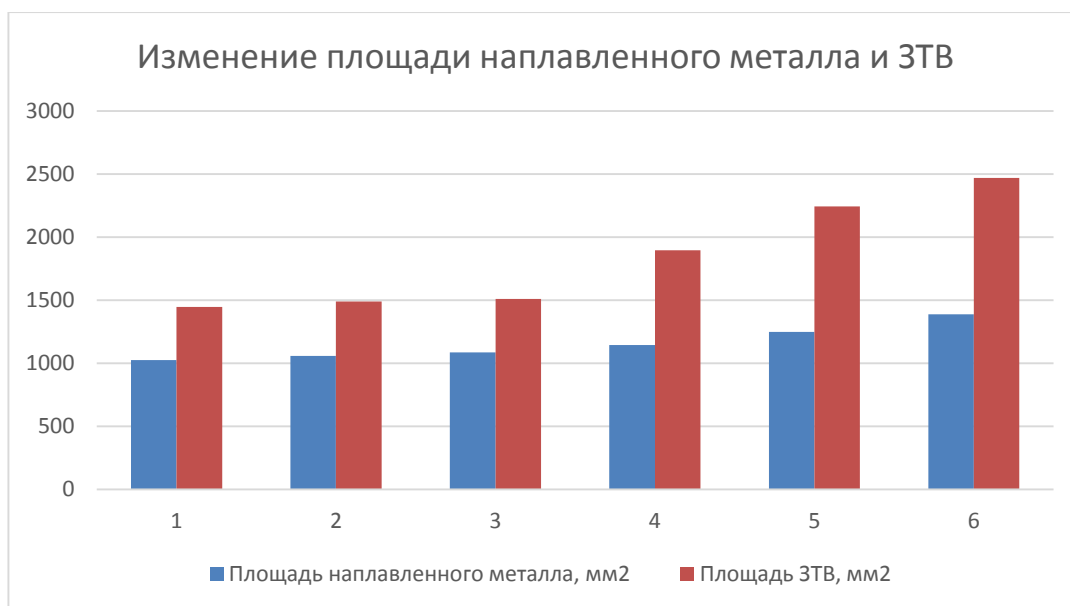


Рисунок 8 Изменения площади наплавленного металла и ЗТВ

По графику видно, что с увеличением частоты сварочного тока в сварочном инверторе площадь зоны термического влияния увеличивается так же, как и площадь наплавленного металла. Следовательно, при наименьшей частоте сварочного тока наблюдаются наименьшие тепловложения в металл.

Определение микротвердости наплавленного металла осуществлялось согласно ГОСТ 9450-76 по методу восстановленного отпечатка (метод Виккерса).

Сущность метода заключается во вдавливании в испытуемый материал правильной четырехугольной алмазной пирамиды. Твердость вычисляется путем деления нагрузки P на площадь поверхности полученного пирамидального отпечатка.

Данный метод позволяет определить твердость азотированных и цементированных поверхностей, а также тонких листов материала.

В нашем случае микротвердость определялась в зоне наплавленного металла и в основном металле. Результаты определения значений микротвердости представлены в таблицах 9, 10.

Таблица 9 – Значения микротвердости наплавленного металла, (МПа)

Номер образца, №	Номер точки измерения, №			
	1	2	3	4
1	6420	5140	5000	5300
2	2970	3220	3830	3890
3	4640	4200	5140	5720
4	5140	4920	5140	3110
5	5140	4200	4440	3220
6	6700	6700	6720	3850

Таблица 10 – Значения микротвердости в основном металле, (Мпа)

Номер образца, №	Номер точки измерения, №		
	1	2	3
1	1570	1600	1600
2	1810	1810	1810
3	2540	2540	2540
4	1770	1810	1700
5	1810	1370	1700
6	1700	1810	1700

На основании полученных данных были построены графики распределение значений микротвердости наплавленного и основного металла в различных зонах материала.

Графики распределения микротвердости в наплавленном металле (рис. 9 – 12)

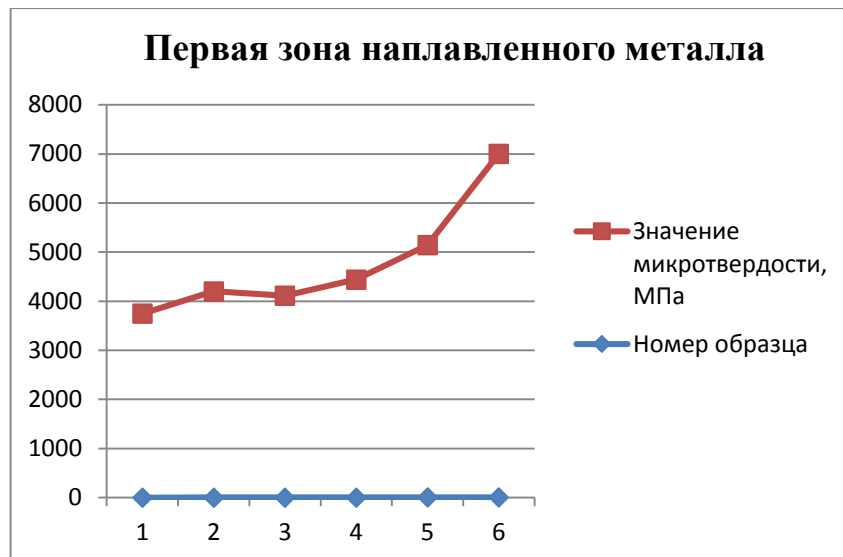


Рисунок 9 График распределения микротвердости первой зоны наплавленного металла

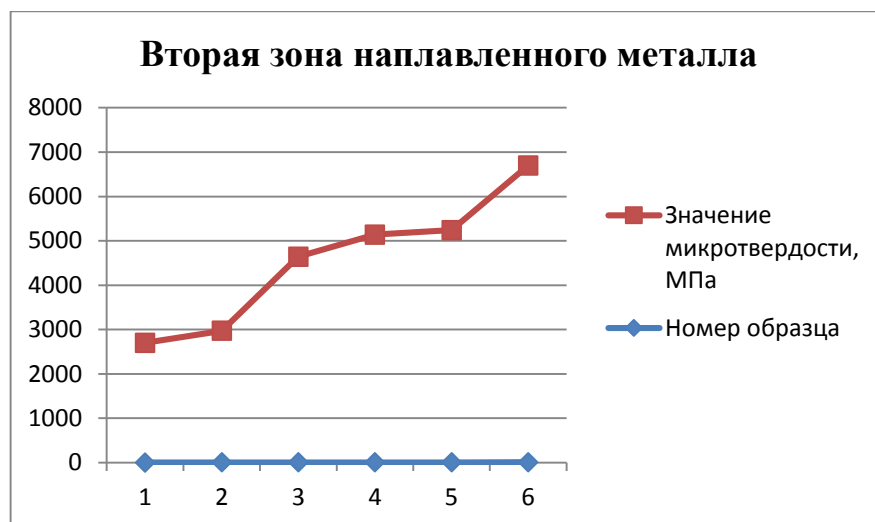


Рисунок 10 График распределения микротвердости второй зоны наплавленного металла

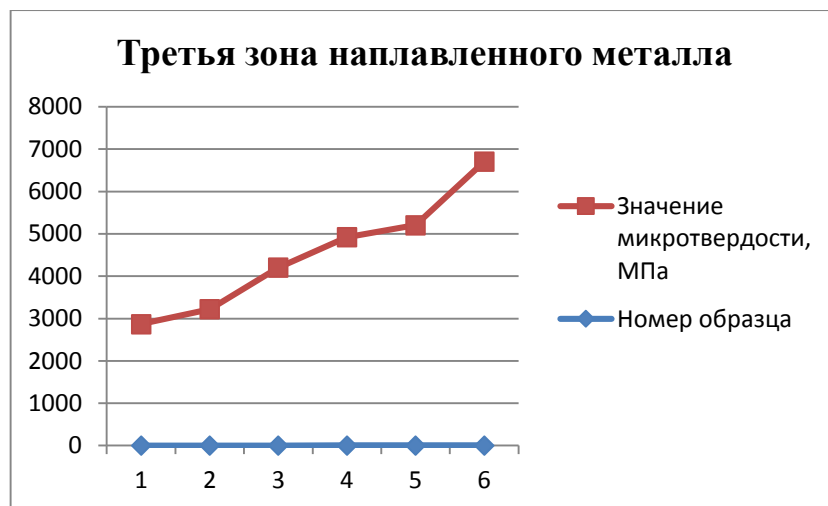


Рисунок 11 График распределения микротвердости третьей зоны наплавленного металла

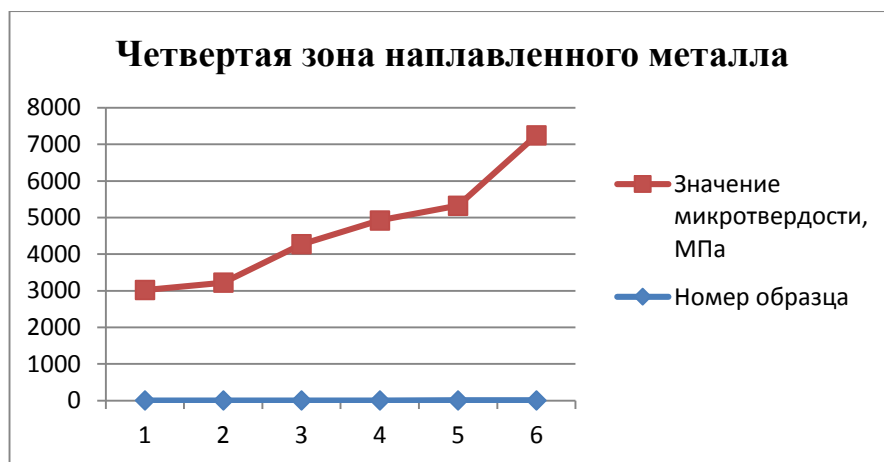


Рисунок 12 График распределения микротвердости четвертой зоны наплавленного металла

Также в ходе исследования были выявлены значения микротвердости в основном металле (рис.13 – 15)

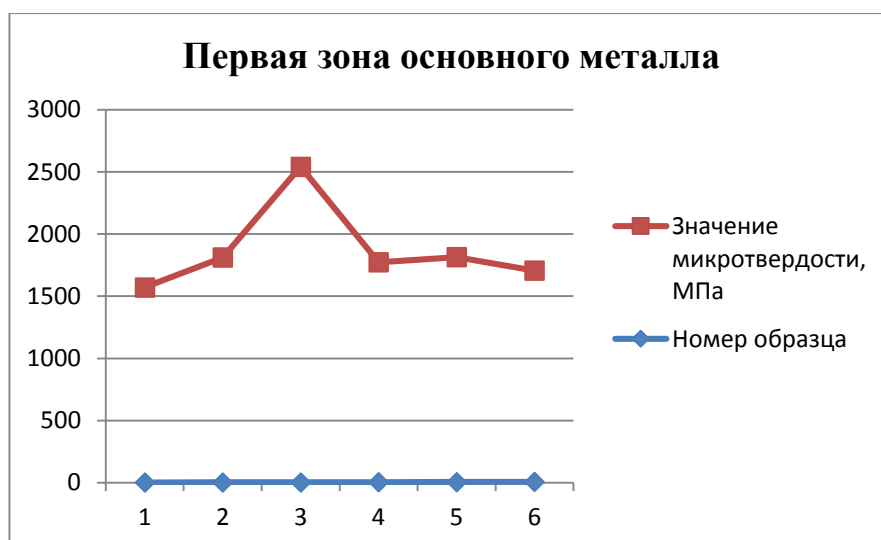


Рисунок 13 График распределения микротвердости в основном металле
первой зоны



Рисунок 14 График распределения микротвердости в основном металле
второй зоны

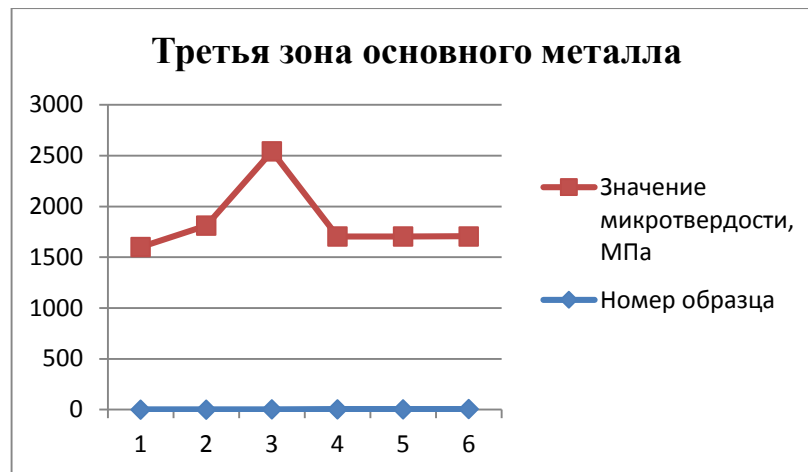


Рисунок 15 График распределения микротвердости в основном металле третьей зоны

3 Выводы

По результатам проведенного исследования были сформулированы следующие выводы:

1. В ходе исследования были разработаны экспериментальные образцы порошковой проволоки с добавлением в шихту нанопорошка вольфрама;
2. Увеличение процентного содержания нанопорошка вольфрама в шихте порошковой проволоки увеличивается значение микротвердости в зоне наплавленного металла;
3. Микротвердость в основном металле резко увеличивается в зоне сплавления основного и присадочного металла, следовательно, при перемешивании основного и присадочного металла в данной зоне повышаются значения микротвердости.

Экономическая часть предназначена для экономической оценки производственного процесса.

Для определения эффективности бакалаврской работы, было решено определить себестоимость изготавливаемой порошковой проволоки и сравнить с уже имеющимися на рынке ценами аналогичных марок.

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 35 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 мл:

$$\text{мл} = \rho \cdot V \quad (1)$$

где V - объем одного метра ленты,

$$\text{мл} = 7850 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 0,001 = 0,078 \text{ кг} \quad (2)$$

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

$$\text{Сл} = 0,078 \cdot 35 = 2,75 \text{ руб.} \quad (3)$$

Стоимость шихты складывается из стоимости каждого, входящего в нее, компонента. В таблице 11 представлена цена каждой составляющей порошка.

Таблица 11 – Стоимость компонентов шихты

Компонент шихты	Цена, руб./кг
Железная окалина	1,8
Рутиловый концентрат	3300
Плавикошпатовый	15
Ферросилиций	60
Ферромарганец	80
Графит	55
Вольфрам	20550
Молибден	13200

Расчет стоимости одного килограмма шихты без нанопорошка $C_{ш}$:

$$C_{ш}=1,8*0,55+3300*0,18+15*0,073+60*0,08+80*0,1+55*0,017=609,82\text{руб.} \quad (4)$$

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

$$m_{ш} = \frac{K_z \cdot m_l}{1 - K_z} \quad (5)$$

$$K_z=0,3$$

$$m_{ш} = \frac{0,3 \cdot 0,785}{1 - 0,3} = 0,336 \text{ кг} \quad (6)$$

Расчет стоимости шихты в одном метре проволоки $C_{ш1}$:

$$C_{ш1}=609,82*0,336=204,89 \text{ руб.} \quad (7)$$

Зная стоимость шихты и оболочки на 1 м, можно определить себестоимость порошковой проволоки $C_{пп}$:

$$C_{пп}=2,75+204,89=207,64 \text{ руб.} \quad (8)$$

Тогда стоимость одного килограмма порошковой проволоки $C_{кг}$ составит:

$$C_{кг}= 35+609,82 = 644,82 \text{ руб.} \quad (9)$$

Стоимость 0,25% нанопорошка вольфрама от массы шихты в одном метре проволоки составляет 1,5 рубля. Стоимость 0,25% нанопорошка вольфрама в 1 кг шихты составляет 51,37 рублей.

Стоимость 0,25% нанопорошка молибдена от массы шихты в одном метре проволоки составляет рублей. Стоимость 0,25% нанопорошка молибдена в 1 кг шихты составляет 33 рублей.

В таблице 12 указана цена на изготовленную порошковую проволоку с разным процентным содержанием нанопорошка и без него.

Таблица 12 – Цена изготовленной порошковой проволоки

Содержание нанопорошка	Цена, руб./кг
Вольфрам 0,25%	661,19
Вольфрам 0,5%	712,57
Вольфрам 0,75%	763,94
Вольфрам 1%	814,82
Молибден 0,25%	642,82
Молибден 0,5%	675,82
Молибден 0,75%	708,82
Молибден 1%	741,82
Без нанопорошка	609,82

Для сравнения цен с уже имеющимися марками порошковых проволок, были выбраны проволоки аналогичного химического состава (за исключением нанопорошков): проволока сварочная порошковая флюсовая Кратон 1, страна-производитель Китай; порошковая проволока E71T-GS Foxweld, страна-производитель Китай; проволока сварочная порошковая флюсовая Sturm WW0801F, страна-производитель Китай; проволока сварочная флюсовая QUATTRO ELEMENTI 770-384, страна-производитель Италия. [26]

Цены порошковых проволок представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Цены аналогов порошковых проволок

Марка проволоки	Цена за 1 кг, руб.	Цена разработанной проволоки за 1 кг, руб.	Разница, руб.
Кратон 1	952	644,82	307,18
E71T-GS Foxweld	680	644,82	35,18
Sturm WW0801F	834	644,82	189,18
QUATTRO ELEMENTI 770-377	1440	644,82	795,18

Вывод: по результатам произведенных расчётов можно определить, что стоимость изготовленной порошковой проволоки несколько ниже, чем стоимость современных порошковых проволок различных марок. Ее можно считать экономически обоснованной и применимой в современном промышленном производстве.

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, аргонодуговой 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 противοшумные наушники [27].

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 [28].

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 [29].

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, исключающие 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 [30].

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 [31].

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (10)$$

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 люминесцентными лампами;

n – число ламп в помещении;

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

Отсюда:

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

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

Площадь проектируемого участка составляет 78м².

$$n = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 78 \cdot 0,9}{0,47 \cdot 7445} = 9,08. \quad (12)$$

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

Согласно проведенным расчетам, система освещения лаборатории КСП должна состоять из 9 двухламповых светильников типа ОД с люминесцентными лампами ЛБ мощностью 125 Вт, что соответствует количеству светильников в лаборатории [32].

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» [33].

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

В теплое время года:

- температура $20 \div 22$ °C;
- 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 метрологических 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) [33].

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 [34].

Для предотвращения ожогов от разбрызгивания расплавленного металла, имеются средства индивидуальной защиты (табл.14).

Таблица 14 – 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 [35].

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.

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.

Изготовлены образцы порошковой проволоки с добавлением в шихту нанопорошка вольфрама.

Установлено, что с увеличением частоты сварочного тока в сварочном инверторе площадь зоны термического влияния увеличивается так же, как и площадь наплавленного металла, следовательно, при наименьшей частоте сварочного тока наблюдаются наименьшие тепловложения в металл.

Определено что при увеличении процентного содержания нанопорошка вольфрама в шихте порошковой проволоки увеличивается микротвердость в зоне наплавленного металла различных образцов.

Установлено, что в зоне перемешивания основного и присадочного металла наблюдается значительный скачек значения микротвердости. Это говорит о том, что помимо модифицирования наплавленного металла идет модифицирование и основного металла.

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/poroshkovoj-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 на сталь 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. Еремин Н. Е., Лосев А. С. Порошковая проволока для наплавке уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Еремин Н. Е., Лосев А. С. // Омский научный вестник. 2014. – №2. – С. 45-47

9. Ташев П. Наномодифицирование в процессе сварки и наплавки / П. Ташев, Н. Аликиев, В. Манолов, А.Н. Черепанов. Наномодифицирование в процессе сварки и наплавки // Новые материалы и технологии в космической технике. 2017 – №1. – С. 16-21
10. Яковлев Д. С., Шахматов М. В. Применение порошковой проволоки при многодуговой сварке // Автореферат. 2016 – С. 1-18
11. Бабинец А. А., Рябцев И. А. Порошковая проволока для износостойкой наплавки тонколистовых конструкций // Автоматическая сварка. Производственный отдел. 2016 – №1. – С. 65-67
12. Гушин Д. А. Повышение эффективности модифицирования металла шва при сварке низколегированной стали под флюсом с металлохимической присадкой // Автореферат. 2017 – С. 1-16
13. Линник А. А. Разработка технологических приемов модифицирования металла шва наноразмерными частицами с применение порошковых проволок при сварке под флюсом // Автореферат. 2017 – С. 1-16
14. Самохин А. В. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама // Физика и химия обработки материалов. 2009 – №6. – С. 1-7
15. Кузнецов М. А., Зернин Е. А. Способы модифицирования наплавленного металла наноструктурированными порошками для увеличения долговечности и эксплуатационной надежности деталей горно – шахтного оборудования // Горный аналитический журнал. 2014 – №6. – С. 306 -309
16. Особенности плавления порошковой проволоки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.welding.su/articles/electrods/electrods_213.html
17. Классификация и виды порошковой проволоки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://welding.su/articles/electrods/electrods_212.html
18. Мустафин Ф. М., Блехерова Н. Г., Быков Л. И. Современные технологии сварки трубопроводов / СПб.: Недра, 2010.

19. 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-poroshkovoj-provoloki/>
20. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 2004 – 445с.
21. Приборы и оборудования для неразрушающего контроля, дефектоскопии и технической диагностики // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ank-ndt.ru/produkciya/analizatoryi-sostava/staczionarnyje-analizatoryi-sostava/dfs-500-optiko-emissionnyj-spektrometr-dlya-analiza-metallov.html>
22. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200052847>
23. Отжиг и нормализация стали // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metalurgu.ru/termoobrabotka-metallov-i-splavov/otzhig-i-normalizatsiya-stali.html>
24. Сварочные инверторы TIG. Lorch T 300 AC/DC // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lorch.eu/ru/productworld/t-300/>
25. Аргон в сварке // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.welding.su/articles/gaz/gaz_89.html
26. Порошковая проволока с флюсом // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vseinstrumenti.ru/rashodnie_materialy/dlya_silovogo_oborudovaniya/dlya_svarochnyh_rabot/mig_mag/svarochnaya_provoloka/poroshkovaya
27. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838

28. 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

29. 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

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

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

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

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

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

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