

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена

УДК 621.785.5:678.742.2.054.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	д.т.н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Наталинова Н.М.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.С. Киселев	к.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способностью осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способностью обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и

	непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-8	Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ А.С. Киселев
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич

Тема работы:

Разработка технологии упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22-74/с от 22.01.2021г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Процесс наплавки неплавящимся вольфрамовым электродом одиночными импульсами в среде аргона</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 2. Анализ влияния внешних силовых воздействий на износостойкость фильеры гранулятора 3. Анализ методик и материалов восстановления фильер гранулятора 4. Разработка технологического процесса восстановления фильеры гранулятора 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Заключение
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема способов восстановления поверхностей трения 2. Износ фильер гранулятора 3. Маршрутная карта на технологию аргонодуговой наплавки одиночными импульсами

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-4	Гордынец А.С.
5	Гасанов М.А.
6	Федорчук Ю.М.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

1. Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

05.02.2021г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гордынец А.С.	к.т.н., доцент		05.02.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич		05.02.2021г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич

Школа	Отделение школы (НОЦ)
Магистратура	Направление/специальность 15.04.01 «Машиностроение»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 43200 руб. Оклад студента - 25000руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30 %; Премияльный коэффициент студента 30 %; Надбавки руководителя 20-30 %; Надбавки инженера 20-30 %; Дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %; Районный коэффициент 30 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	-Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	-Цель и результат НИ.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Определение эффективности исследования.

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Сегментирование рынка</i>
3. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
4. <i>Матрица SWOT</i>
5. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
6. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>
7. <i>Потенциальные риски</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д.э.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистр	Направление /специальность	15.04.01 «Машиностроение»
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Тема дипломной работы: «Разработка и технология упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена»			

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Лаборатория находится в 16-ом уч. корпусе, в кабинете номер 112 оборудована холодной и горячей водой, сливом, вентиляцией, вытяжным шкафом, письменным столом, оргтехникой
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молнии защита – источники, средства защиты); – пожаров взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность; – Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; – Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; – Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; – Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; – Опасные факторы: – Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
--	--

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу(выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу(отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет и чермет, абразивная пыль, перегоревшие люминесцентные лампы) и способы их утилизации;</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбрана и более типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<p>4. Перечень нормативно-технической документации, использованной в разделе «СО».</p>	<p>Приведены перечень НТД, используемых в данном разделе, схема эвакуации при пожаре, схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.21г.
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Косоголов Максим Игоревич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Уровень образования **магистратура**
 Отделение **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2021	Сбор литературных данных	5
31.03.2021	Анализ влияния внешних силовых воздействий на износостойкость фильеры гранулятора	10
09.04.2021	Анализ методик и материалов восстановления фильер гранулятора	10
15.04.2021	Анализ методик и материалов восстановления фильер гранулятора	15
30.04.2021	Разработка технологического процесса восстановления фильеры гранулятора	20
24.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
31.05.2021	Социальная ответственность	10
02.06.2021	Английский язык	10
04.06.2021	Заключение	5
06.06.2021	Презентация	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.С. Киселев	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 107 с., 6 рис., 24 табл., 13 источников.

Ключевые слова: аргодуговая наплавка, питание, одиночным импульсом, восстановление поверхностей трения, сварочная ванна, технологический процесс.

Объектом исследования является: процесс сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоне одиночными импульсами.

Предмет исследования – сварочная ванна, провисающая, стекающая или отвисающая от фильеры гранулятора в процессе одиночной наплавки.

Цель работы – разработка технологии упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена.

В процессе исследования проводился анализ влияния внешних факторов на износостойкость фильеры, типы разрушения фильеры. Рассмотрены методы восстановления рабочей поверхности фильеры гранулятора, в том числе произведён анализ наплавочных материалов и метода наплавки.

В результате исследований разработан процесс восстановления фильеры гранулятора посредством наплавки одиночными импульсами неплавящимся электродом в среде аргона. Разработанная технология позволит прецизионно выполнять качественные наплавочные поверхности для последующей обработки и вторичного использования фильер гранулятора полиэтилена.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Одиночный импульс питания дуги – подача одного импульса питания дуги на электрод.

Сварочная ванна – слой расплавленного металла на поверхности свариваемых изделий, образующихся в процессе сварки.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»

2. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация»

3. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»

4. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»

5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" (с изменениями на 15 марта 2010 года)»

6. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

7. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»

8. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»

9. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»

10. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)»
11. ГОСТ 12.1.035–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений»
12. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1)»
13. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
14. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014)
15. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681
16. ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1)»
17. ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»
18. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
19. ГОСТ 12.4.021-75 «Системы вентиляционные. Общие требования»
20. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
21. ГОСТ Р 51057-2001 «Огнетушители переносные»

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

G_v – масса сварочной ванны;

I_d – ток дуги;

U_d – напряжение на дуге;

$I_{св}$ – сварочный ток;

T_i – период следования тепловых импульсов за счет тока;

t_i – полная длительность импульса;

t_c – время паузы;

H – глубина сварочной ванны;

B – ширина сварочной ванны;

L – длина сварочной ванны;

V – объем сварочной ванны;

$V_{св}$ – скорость сварки.

$V_{пэл}$ – скорость подачи электродной проволоки

α_r – коэффициент расплавления

ψ_p – коэффициент потерь

ψ_f – коэффициент формы провара

Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы	18
1.1 Использование безвольфрамовых твёрдых сплавов	18
1.2 Методы упрочнения и восстановления поверхностей трения	20
1.3 Наплавка аргонодуговым методом.....	25
1.4 Износостойкие наплавочные материалы	26
2 Фильтры гранулятора. Принцип работы, использование, виды износа, восстановление	28
3 Материалы, используемые для аргонодуговой наплавки	34
3.1 Прутки из высоколегированной стали.....	34
3.2 Прутки из никелевых сплавов	38
3.3 Износостойкие прутки для аргонодуговой наплавки.....	42
3.4 Выбор присадочного материала для восстановления поверхности фильтры гранулятора.....	45
4 Разработка технологии восстановления фильеры гранулятора	48
4.1 Обоснование выбора электрода для аргонодуговой наплавки.....	48
4.2 Выбор защитного газа.....	49
4.3 Расчёт параметров режима.....	50
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 52	
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	53
5.3 SWOT анализ	54
5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	55
5.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	56
5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	66
6 Социальная ответственность	69

6.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	70
6.2 Электромагнитные поля в производственных помещениях.....	70
6.3 Производственный шум	73
6.4 Освещённость рабочей зоны.....	74
6.5 Микроклимат в помещении	79
6.6 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	81
6.7 Охрана окружающей среды	89
6.8 Защита в ЧС	90
Перечень нормативно–технической документации	92
Заключение	93
Список использованных источников	95
Приложение А Development and technology of hardening of the polyethylene granulator die.....	97
Приложение Б Комплект технологической документации.....	106

Введение

В нефтехимическом производстве полиэтиленовых гранул используют специальные устройства для их реализации – грануляторы. Фильера гранулятора является его неотъемлемой частью. В ходе эксплуатации фильеры подвержены различным типам износа, таким как: трение металла по металлу, коррозии со стороны агрессивной среды технической воды, воздействия давления со стороны разжиженного полиэтилена.

Для восстановления фильер используют разнообразные методики в зависимости от сложности и характера износа. Если вид износа – неглубокие царапины, то достаточно обычной полировки. Однако, когда характер износа гораздо серьезнее используют восстановление с помощью наплавки.

Основной проблемой восстановления фильер наплавочными методами является то, что сварочная ванна имеет высокую текучесть и требует защиты. Это практически невозможно реализовать в счёт геометрического строения фильеры. Более того при наплавке сложно сделать шов с прецизионной точностью.

Для решения данных проблем был предложен метод аргонодуговой наплавки одиночными импульсами.

Объектом исследования является: процесс сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоне одиночными импульсами.

Предмет исследования – сварочная ванна, провисающая, стекающая или отвисающая от фильеры гранулятора в процессе одиночной наплавки.

Научная новизна исследования состоит в том, что разработан процесс восстановления фильеры гранулятора полиэтилена посредством аргонодуговой наплавки одиночными импульсами.

Практическая значимость полученных результатов состоит в использовании разработанной технологии, с помощью которых можно добиться снижения затрат на производство и повысить качество продукции.

Целью данной работы является разработка технологии упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать современное состояние методов восстановления поверхностей трения,
- рассмотреть характер и сложность износа фильеры гранулятора,
- выбрать и обосновать метод электродуговой наплавки,
- произвести анализ и назначить присадочный материал для аргонодуговой наплавки,
- разработать технологию восстановления рабочей поверхности фильеры гранулятора.

1 Обзор литературы

1.1 Использование безвольфрамовых твёрдых сплавов

В начале 30-х годов прошлого века были открыты спечные безвольфрамовые твёрдые сплавы. Однако ими заинтересовались не сразу, так как в сравнении с карбидовольфрамовыми сплавами ТК, ВК и ТТК они уступали по прочности. Повторно обратили внимание на БВТС в конце 50-х годов, когда возник мировой дефицит вольфрама, прогрессирующий быстрыми темпами.

В ходе изучения БВТС были предложены альтернативные соединения (силициды, бориды, нитриды) имеющие высокую температуру плавления, взамен карбидам вольфрама. Высокие прочностные показатели получились у сплавов на основе карбидов титана (сплавы группы ТН и МНТ; карбо-нитрида титана, сложного карбида титана, а так сплавы группы ТМ на основе ниобия. Данные сплавы выпускались с 1973 года [1].

Проводимые научные исследования показали благоприятные влияния сплавов на основе карбидов титана на сплавы, имеющие мелкозернистую структуру. Мелкое зерно получают с помощью легирования молибденом. Это поспособствовало их появлению. Производство этих сплавов происходит посредством порошковой металлургии. В ходе смешивания порошков добавляют так же и молибден. Получается некая композитная связка, где никель с молибденом являются матрицей, а карбид титана – наполнителем. Молибден, помимо образования цементирующей фазы, образует карбидную фазу и воспроизводит систему $TiC-Mo_2C-Ni$ [2].

Сложно назвать причину применения именно никеля в качестве металла, образующего цементирующую фазу, так как в научной литературе мало обоснований. Несмотря на широкое применение кобальта в качестве цементирующего, для карбида вольфрама используют именно никель. Из явных преимуществ по сравнению с железом и кобальдом можно выделить наилучшую смачиваемость карбида титана [2].

Связка молибдена с никелем позволяет получить мелкозернистую структуру БВТС на основе карбида титана. Исследования показали, способность молибдена уменьшать краевой угол смачивания карбида титана никелем до нулевых показателей. При достижении смачиваемости такого уровня обеспечивается образование мелкозернистой структуры в сплавах карбида титана [3].

Карбонитриды и карбиды титана применяются в широких масштабах в связи с простотой получения, а так же распространенности. Несмотря на сравнительную дешевизну в карбиды вольфрама окалиностойкость и твёрдость выше у карбидов титана. В ходе работы таких сплавов на поверхности рабочей части изделия образуется тонкая окисная плёнка; при работе со сталью она показывает хорошие результаты: разрушаясь частички окисной плёнки играют роль смазки понижая коэффициент трения и повышая сопротивление износу.

Сплавы на основе карбидов вольфрама имеют повышенную износоустойчивость, однако при работе с инструментами скорость резания ограничена. Повышение температуры подвергает эти сплавы диффузии и растворению. Малая склонность к диффузии при повышенных рабочих температурах даёт сплавам, полученным на основе карбидов титана, высокую износоустойчивость и скорость резки инструмента. В источнике [3] показан сравнительный анализ скорости резки сплавов на основе карбидов вольфрама (ТЗЗОК4) и титана (МНТА2). Скорость резки увеличивается в 1,8 раза, при этом износостойкость инструмента не только не уступает, но и превосходит в несколько раз карбидовольфрамовые сплавы.

К основным проблемам БВТС относятся:

- низкая ударная вязкость,
- низкая теплопроводность,
- высокий коэффициент расширения.

Вышеперечисленные особенности определяют БВТС как склонные к трещинообразованию при термической обработке и затачивании.

С помощью безвольфрамовых твёрдых сплавов можно заменить режущие инструменты сплавов Т15К6 и ТЗОК4. Они отлично справляются с чистовой и получистовой обработкой сталей (углеродистые, легированные) и некоторых цветметаллов.

Использование инструментов, не содержащих карбиды вольфрама, сокращает использование самого вольфрама, при этом безвольфрамового инструмента хватает на большее количество работ [4].

Чтобы понять область применения БВТС, рассмотрим наиболее используемые сплавы [5]:

– ТН20 – используются в чистовом и получистовом точении, для сталей, сплавов никеля, меди, серых чугунов,

– КНТ16 – используются в чистовом и получистовом точении, для резки тех же материалов, что и ТН20, а также для получернового фрезерования,

– ЛКЦ20 – в отличие от КНТ16 имеет повышенную прочность, что позволяет выполнять те же работы с большим сечением при средних скоростях;

– ТВ4 – инструментом из данного сплава выполняют черновое точение и фрезерование стали на умеренных режимах резанья. Сплавы данного типа обладают повышенной жаропрочностью.

1.2 Методы упрочнения и восстановления поверхностей трения

1.2.1 Целесообразность восстановления деталей

Большой расход ресурсов по ремонту машин занимает восстановление поврежденных, а также изготовление новых деталей.

После отработанного срока детали машин часто получается постановить, при этом трудоёмкость и стоимость таких работ в два раза ниже, чем при изготовлении новых деталей.

Классифицировать самые распространённые типы дефектов можно следующим образом [6]:

- потеря внешнего вида,
- нарушение допусков на размеры и относительное положение деталей,
- при нарушении посадки сопряженных поверхностей,
- усталость материала.

Причину восстановления деталей машин можно сформулировать как – возврат потерянных деталями первоначальных свойств, которые вышли за пределы допуска эксплуатации, в целях вторичного использования.

На данный момент можно выделить следующие методы восстановления деталей:

- наплавка схожего по составу материала, либо материала с желаемыми свойствами,
- механическая обработка деталей пластической деформацией с целью подгона посадки,
- сварка,
- удаление материала для получения поверхности нужной структуры,
- восстановление пространственного положения.

По статистике поступающие в ремонт детали машин в 45% случаев имеют допустимый износ для повторного использования. Детали с износом, не подверженным восстановлению составляют до 9%. Весь остальной объём деталей можно восстанавливать и использовать вторично [6]. Этим обусловлена экономическая целесообразность ремонта. Ремонт и вторичное использование деталей машин позволяет экономить предприятиям на покупке новых деталей, так как в основном себестоимость ремонта 15-30 % стоимости покупки.

1.2.2 Характеристика способов восстановления и упрочнения деталей

На данный момент существует огромное множество методов восстановления изношенных деталей, причем многие из них были придуманы в первой половине прошлого столетия.

Комплексная характеристика способов восстановления и упрочнения поверхностей трения, представленная на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Способы упрочнения и восстановления поверхностей трения

В каждом из способов имеются свои технологии, предназначенные для определённых материалов. Из всех способов можно выделить наплавку, так как она занимает лидирующее положение по частоте использования.

В основном главным свойством упрочнённой или восстановленной детали является высокая износостойкость, так как большинство восстановленных деталей работают в условиях износа (абразивный, ударный, трение и т.д.). Но так же способ ремонта должен характеризоваться другими свойствами полученных поверхностей: основных – пластичность, хрупкость, твёрдость, степень адгезии с металлом изношенной детали и специфичных – коррозионная стойкость и жаропрочность.

1.2.3 Наплавка при восстановлении и упрочнении поверхностей трения

При наплавке используют практически все способы сварки. В качестве источника тепла могут выступать как электрическая или плазменная дуга, так и газовое пламя.

Универсальным способом наплавки деталей является ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. Независимо от формы и назначения изделия ручная дуговая сварка позволяет выполнять наплавки во всех пространственных положениях.

Ручная дуговая наплавка перенимает преимущества у ручной дуговой сварки покрытыми электродами: простота оборудования и его использования, легкое подстраивание технологии под необходимую деталь, мобильность, легирование шва. Все эти преимущества позволяют получать качественные наплавки в полевых условиях.

Однако есть ряд факторов, ограничивающих использование ручной дуговой наплавки, такие как: непостоянство качества шва, тяжёлые условия труда, низкая производительность, большая глубина проплавления основного металла.

Альтернативой ручной дуговой наплавке является наплавка плавящимся электродом в среде защитных газов и наплавка под флюсом. Данные типы наплавки хорошо защищают сварочную ванну предавая хорошее и стабильное качество шва.

Применяют наплавку под слоем флюса с присадкой в виде лент, одиночной проволоки, в том числе и порошковой; часто присадочные материалы легируют, реже легируют флюс.

Применение порошковых проволок позволяет повысить стабильность горения дуги и само защититься от негативного влияния азот и кислорода внешней среды воздуха.

Применение дуговой наплавки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов ограничено разбрызгиванием металла в процессе сварки и большой глубиной проплавления основного металла.

Основным преимуществом механизированным способом наплавки проволоки является получение наплавленного металла практически любой системы легирования, высокая производительность и универсальность.

Принцип электрошлаковой наплавки (ЭШН) – заключается в том, что наплавляемый с основным металл расплавляется за счет выделения тепла в шлаковой ванне при пропускании через нее электрического тока. Сам процесс осуществляется в основном в наклонных и вертикальных положениях, крайне редко в горизонтальном положении, как правило, с принудительным формированием наплавленного слоя. Способ применяется там, где требуется нанести слой металла большой толщины (свыше 10 мм).

В металлургии ЭШН применяется для наплавки прокатных валков, в производстве заготовок – для прокатки биметалла, в горнорудной промышленности – для восстановления зубьев ковшей экскаваторов, зубьев крупномодульных шестерен, в машиностроении – для наплавки штампов. Анतिकоррозионная наплавка лентами используется в атомном, энергетическом и нефтехимическом машиностроении.

Преимуществами ЭШН являются устойчивость процесса в широком диапазоне плотностей тока (от 0,2 до 300 А/мм²); высокая производительность; возможность наплавки сталей и сплавов с повышенной склонностью к образованию трещин; возможность наплавки за один проход слоев большой толщины; возможность придавать наплавленному металлу необходимую форму и сочетать наплавку с электрошлаковой сваркой.

Недостатки способа: большая погонная энергия процесса вызывает перегрев основного металла и зоны термического влияния; невозможность получения наплавленных слоев малой толщины; большая длительность подготовительных операций.

Плазменно-дуговая наплавка (ПДН) – состоит в нанесении покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволочного материала на металлическую поверхность с использованием в качестве источника нагрева плазменной дуги, горящей между электродом плазмотрона и изделием. Применяется при изготовлении новых деталей и изделий со специальными износо- и коррозионностойкими свойствами поверхности, а также для восстановления размеров изношенных и бракованных деталей. Плазменно-дуговой наплавкой наносится слой, обладающий высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, способный работать в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок или подверженных абразивному изнашиванию.

1.3 Наплавка аргонодуговым методом

При аргонодуговой наплавке используется вольфрамовый неплавящийся электрод, расположенный в центре сопла, через которое подаётся инертный газ. Таким образом осуществляется защита ванны от негативного воздействия кислорода.

Благодаря очень надежной защите расплавленного металла от вредного воздействия воздуха при аргонодуговой сварке появляются широкие возможности восстановления деталей из трудносвариваемых металлов и сплавов (алюминия и его сплавов - бронзы, латуни, нержавеющей стали-титана и др.).

Можно выделить следующие достоинства способа:

- качество шва на высшем уровне за счёт защиты газом,
- относительная высокая производительность (в сравнении с кислородно-ацетиленовой сваркой),
- более прецизионный метод, хорошо подходящий для тонких деталей и активных металлов,
- низкая интенсивность дуги (меньшая нагрузка на глаза).

Основными недостатками является дороговизна расходников (газ, электрод) и оборудования. Так же метод требует чистого аргона.

В общем для ремонта матриц и пуансонов штампов, фильер перспективна аргонодуговая наплавка одиночными импульсами. При таком способе можно контролировать размер, глубину и ширину проплавления шва за счёт изменения амплитудного значения тока [7].

1.4 Износостойкие наплавочные материалы

Материалы для износостойкой наплавки разделяются на ряд групп в соответствии с их характеристиками, свойствами и стойкостью к различным видам износа. Они могут быть сгруппированы следующим образом: - Сплавы на основе железа (мартенситные, аустенитные и карбидосодержащие); - Сплавы на основе никеля и кобальта. С позиций металловедения мартенсит является структурой, образующейся при быстром охлаждении (закалке) углеродистых сталей; аустенит – твердый раствор углерода в железе. Карбидосодержащие сплавы обычно содержат карбиды хрома, иногда (довольно редко) карбиды вольфрама. Свойства, а, следовательно, и области применения, этих материалов различны. Сопоставление их эксплуатационных характеристик только по критерию твердости без учета структуры может быть ошибочным. Например, твердость (50-55) единиц по Роквеллу имеют и мартенсит, и аустенит (после наклепа), и сплавы с карбидами хрома. Однако они показывают хорошую стойкость к совершенно разным видам износа. Мартенситные материалы успешно противостоят износу типа «металл по металлу», аустенитные (после наклепа) – ударному, железохромоуглеродистые – абразивному [8].

Сплавы на основе никеля и кобальта противостоят большинству видов износа, сохраняя эксплуатационные свойства при высоких температурах (главное их достоинство). Однако они очень дороги и применение их

оправдывается только в тех случаях, когда им нет удовлетворительной замены.

Выводы по главе

В ходе анализа современного состояния восстановления поверхностей трения обозначены целесообразность восстановления деталей и характеристика способов восстановления и упрочнения деталей.

Отдельно, как способ восстановления и упрочнения, рассмотрена наплавка. Наплавка имеет широкую область применения начиная от дуговых и заканчивая электронно-лучевыми способами. Эта область широко развита, существует множество методов восстановления и технологий для них.

2 Фильтры гранулятора. Принцип работы, использование, виды износа, восстановление

Гранулятор служит для гранулирования разного рода синтетических материалов. При этом расплав полимера продавливается через перфорированную плиту и при выходе из этой плиты режется слоем воды. Гранулятор работает как замкнутая система с заданными краевыми условиями эксплуатации.

В процессе эксплуатации на фильеру гранулятора воздействуют следующие виды воздействия:

- давление со стороны разжиженного полимера,
- воздействие ножей,
- воздействие технологической воды.

Данные типы воздействия подвергают фильеру следующим видам износа [9]:

- износ типа «металл по металлу» – при трении качения и скольжения деталей относительно друг друга с недостаточным количеством смазки или совсем без нее,
- абразивный износ – в результате воздействия материалов, приводящего к стачиванию и эрозии рабочей поверхности,
- коррозионный износ – в результате коррозионного воздействия окружающей среды, а также вследствие окисления при повышенных температурах.

На рисунках (2.1-2.2) приведен пример износа типа «металл по металлу» и частичного абразивного износа. На рисунке 2.2 видно борозды в виде кругов от воздействия ножа и затвердевшего полимера. Так же видно следы коррозии металла в районе ступицы.



Рисунок 2.1 – Поверхность новой фильеры гранулятора



Рисунок 2.2 – Поверхность фильеры гранулятора подверженная износу типа «металл по металлу»

На рисунках 2.3-2.4 показан коррозионный износ со стороны подачи разжиженного полимера.

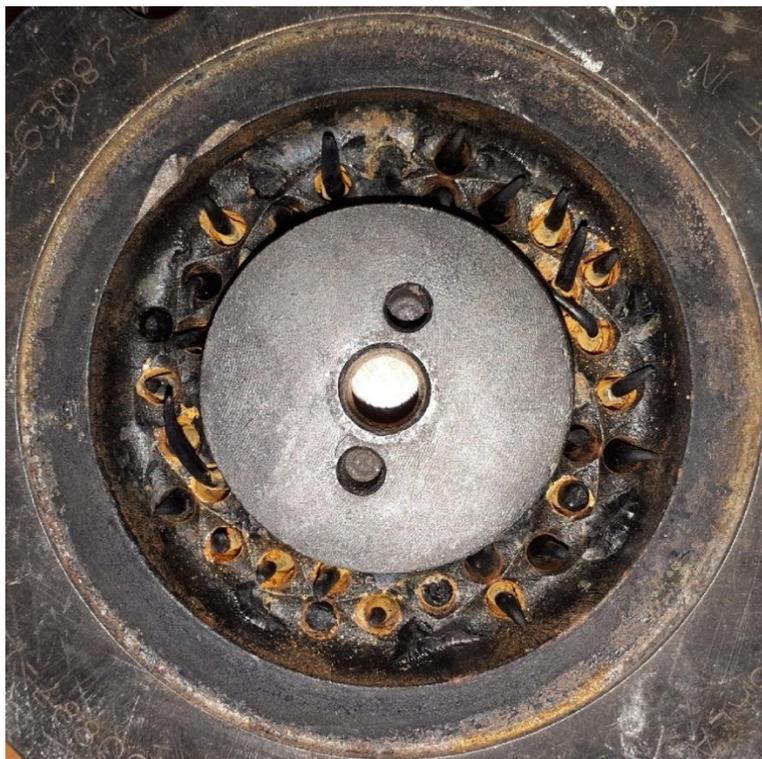


Рисунок 2.3 – Коррозионный износ фильеры гранулятора со стороны подачи



Рисунок 2.4 – Коррозионный износ фильеры гранулятора со стороны подачи

На скорость износа так же влияет технологическая вода, используемая для затвердевания гранулированного полиэтилена. Детали и конструктивные элементы, которые контактируют с водой, подвергаются коррозии из-за химически агрессивной технологической воды, содержащей хлориды в своём составе. В число этих деталей входит фильера гранулятора. Для большего сопротивления износу используются специальные сплавы.

Под действием агрессивной среды верхние слои фильеры теряют свои изначальные механические свойства и начинают охрупчиваться, после чего срезаются ножом. Поэтому стоит следить за составом технологической воды дабы избежать преждевременного износа.

Восстанавливать фильеры можно с помощью полировки, если глубина царапин не глубокая. При таком типе восстановления придется так же восстанавливать плоскость трения с ножом.

Второй способ – наращивания изношенной поверхности. В качестве способа наращивания могут выступать:

- дуговые способы наплавки,
- лазерные способы наплавки,
- плазменное напыление.

При лазерной наплавке в качестве источника теплоты используется интенсивный остронаправленный пучок света, излучаемый оптическим квантовым генератором. Метод обладает рядом преимуществ:

- высококачественные и малые по размеру швы при правильных режимах сварки,
- проникаемость лазера через прозрачные среды,
- не требует вакуумной камеры.

Из недостатков выделяются низкий КПД и высокая стоимость оборудования [10].

Плазменное напыление относится к дуговым видам сварки, при этом в качестве источника нагрева свариваемых заготовок используется сжатая дуга. В зависимости от силы сварочного тока различают три разновидности

плазменной сварки – микроплазменную, сварку на средних тока, сварку на больших токах. Наиболее распространена микроплазменная сварка. Микроплазменной дугой сваривают листы толщиной (0,025-0,8) мм из 11 углеродистой и нержавеющей стали, меди, титана, молибдена и др. Установки для микроплазменной сварки позволяют осуществлять сварку в различных режимах – непрерывном прямой и обратной полярности, импульсном прямой полярности, разно полярными импульсами [10].

По сравнению с аргонодуговой микроплазменная сварка имеет важные преимущества: изменение длины микроплазменной дуги оказывает значительно меньшее влияние на качество сварного соединения деталей малых толщин; дежурная плазменная дуга уверенно зажигается при токах менее 1 А; упрощается доступ к объекту сварки и улучшается зрительный обзор рабочего пространства. Микроплазменная сварка находит широкое применение: в радиоэлектронике и приборостроении для сварки тонких листов и фольги; в авиационной промышленности – для изготовления деталей толщиной (0,1-0,5) мм типа сильфонов, тонкостенный трубопроводов, деталей приборов из легированных сталей, алюминиевых сплавов, тугоплавких металлов; в производстве и ремонте деталей электроники и космонавтики, измерительных инструментов, ювелирных изделий, металлических фильтров, термопар и тонкостенных трубок, зубопротезирования.

Проведение плазменной сварки требует высокой культуры производства, соблюдения технологий заготовки и сборки, тщательного обеспечения условий охлаждения плазматронов и правил их эксплуатации. Даже небольшие нарушения режима охлаждения плазматрона приводят к его разрушению вследствие высоких температур и малого диаметра сопла.

Дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов одиночными импульсами тока является альтернативным способом сварки деталей малых толщин и размеров.

Выводы по главе

В процессе эксплуатации фильеры гранулятора подвержены износу со стороны рабочей среды и лезвия. На скорость износа влияют правильность подбора режима работы и состава технологической воды. В зависимости от сложности износа можно применять полировку (в случае небольших царапин) либо лазерное или дуговое восстановление. Аргонодуговая наплавка одиночными импульсами наиболее подходящий способ, так как обладает меньшей сложностью при эксплуатации, дешевой стоимостью оборудования и позволяет формировать маленькие наплавочные точки. Последнее повышает прецизионность процесса.

3 Материалы, используемые для аргодуговой наплавки

В зависимости от того на какую поверхность наплавляется металл и какие свойства необходимо задать поверхности наплавки выбираются различные присадки. Присадки делятся по классам в зависимости от химического состава.

Для аргодуговой сварки можно выделить следующие типы присадок для наплавки:

- прутки из высоколегированных сталей,
- прутки из никелевых сплавов,
- износостойкие материалы (припой в виде композиционного прутка с высоким содержанием карбидов вольфрама или карбидов хрома; хромистые прутки с мартенситной структурой).

3.1 Прутки из высоколегированной стали

Прутки из высоколегированной стали используют для сварки подобных по химическому составу сталей, восстановления поверхностей, а также для плакирования [11]. Некоторые часто используемые прутки, а также данные о них приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Прутки для аргодуговой наплавки из нержавеющей стали [11]

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45500 WS	Присадочный пруток на основе аустенитного сплава с 10 % δ -феррита. Металл сварного шва с низким содержанием углерода устойчив к точечной и межкристаллитной коррозии (до 400°C) и к образованию окалины при температурах до 800°C. Холодостойкость до минус 196°C. Полируется до зеркального блеска.	Для соединения сварки из нестабилизированных и стабилизированных Cr-Ni сталей, а также соответствующих плакированных сталей для наплавки на эти материалы. Для химической и текстильной промышленности, в машиностроении, строительстве трубопроводов и емкостей, а также в пищевой промышленности и пивоварении. В основном используются для нержавеек.

Продолжение таблицы 3.1

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45503 WS	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава с низким содержанием углерода и с незначительной долей δ-феррита.</p> <p>Металл сварного шва устойчив к межкристаллитной коррозии при температурах до 350°C и к образованию окалины при температурах до 800°C. Холодостойкость до минус 196°C. Полируется до зеркального блеска.</p>	<p>Для соединения сварки из нестабилизированных и стабилизированных Cr-Ni сталей, а также соответствующих плакированных сталей для наплавки на эти материалы.</p> <p>Для химической и текстильной промышленности, в машиностроении, строительстве трубопроводов и емкостей, а также в пищевой промышленности и пивоварении. В основном используются для нержавеющей сталей.</p>
CastoTig 45505 WS	<p>Присадочный пруток на основе ферритно-аустенитного сплава. Металл сварного шва хорошо устойчив к точечной и щелевой коррозии и к коррозионному растрескиванию в хлористосодержащей среде при рабочих температурах до 250°C.</p>	<p>Для сварки соединений из ферритно-аустенитных сталей и для соединения с нелегированными и низколегированными сталями, а также нержавеющей сталей. применяется для наплавки на детали насосов, дренажные трубы во всех отраслях промышленности, шнеки, арматуру, в строительстве химических установок и резервуаров, а также в судостроении. В основном применяется для коррозионных duplex сталей.</p>
CastoTig 45507 WS	<p>Присадочный пруток на основе ферритно-аустенитного сплава. Металл сварного шва устойчив к коррозии, кавитации, ударным нагрузкам и к образованию окалины при температурах до 1150°C.</p>	<p>Для наплавки, соединительной сварки и нанесения промежуточных слоев {подслоя} на закаливаемые и трудно свариваемые стали, а также для разнородных соединений. В основном используется для жаростойких сталей.</p>
CastoTig 45513 WS	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Металл сварного шва устойчив к коррозии и образованию окалины при температурах до 1200°C.</p> <p>Устойчив к серосодержащей атмосфере до 650°C.</p>	<p>Для наплавки и соединительной сварки аустенитных жаростойких сталей типа CrNi (25-20), а также однородных и литых сталей, например, жаростойких, ферритных хромистых сталей.</p> <p>Типичные примеры применения: конструкционные детали промышленных печей, работающих в области высоких температур, жаростойкие обшивки, закрытые трубки горелок, а</p>

Продолжение таблицы 3.1

Название	Свойства	Применение
		также закалочные корзины. В основном применяют для жаростойких сталей.
CastoTig 45515 WS	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Металл сварного шва устойчив к межкристаллитной коррозии.</p> <p>Коррозионностойкий в неокисляющих средах (до 90 % серная кислота, фосфорная кислота и органические кислоты). Устойчив к точечной коррозии в хлорсодержащих растворах. Устойчив к образованию окалины при температурах до 1000°C (воздух). Минимальная рабочая температура составляет минус 196°C.</p>	Для соединительной сварки однородных и подобных хромоникелевых сталей, а также соединения с нестабилизированными и стабилизированными аустенитными хромоникелевыми сталями. В основном используется для высококоррозионностойких хромоникелевых сталей.
CastoTig 45516 WS	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава с 15 % δ-феррита. Металл сварного шва устойчив к межкристаллитной коррозии при температурах до 400°C и к образованию окалины при температурах до 1050°C. Хладостоек при температурах до -80°C. Максимальная рабочая температура 300°C для разнородных соединений.</p>	Для сварки соединений из нержавеющей, аустенитных сталей с нелегированными и низколегированными сталями, а также с литыми сталями. Кроме того, для коррозионностойких наплавов плакирующих слоёв на вышеуказанные нелегированные и низколегированные стали и на теплостойкие упрочненные стали с мелкозернистой структурой. В основном используется для смешанных соединений и наплавов.
CastoTig 45517 W	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного не намагничивающегося сплава с незначительным содержанием углерода. Металл сварного шва устойчив к точечной и межкристаллитной коррозии в хлоридсодержащих средах при температурах до 350°C. Хладостоек при температурах до минус 196 °C.</p>	Для соединительной сварки нестабилизированных и стабилизированных хромоникелевых сталей и для разнородных соединений с нелегированными и легированными сталями. В основном применяется для нержавеющей сталей.

Продолжение таблицы 3.1

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45553WS	Присадочный пруток на основе аустенитного сплава с 10 % δ-феррита. Металл сварного шва устойчив к точечной межкристаллитной коррозии при температурах до 400°C и к образованию окалины при температурах до 800°C. Рабочая температура от минуса 120°C до 400°C.	Для сварки соединений из нестабилизированных и стабилизированных хромоникелевых сталей, а также соответствующих плакированных сталей и для наплавки на эти материалы. В основном используется для нержавеющей сталей.
CastoTig 45518 W	Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Устойчив к сернистой, серной, фосфорной и азотной кислотам, а также к большинству органических кислот. Хладостоек при температурах до минус 196°C. Устойчив к образованию окалины при температурах до 1050°C.	Для сварки соединений из однородных и подобных материалов и для смешанных соединений с нелегированными и низколегированными сталями, а также нержавеющей стали. В основном используется для сварки нержавеющей сталей.
CastoTig 45552 WS	Присадочный пруток на основе аустенитного сплава, стабилизированного ниобием, с небольшой долей δ-феррита. Металл сварного шва устойчив к межкристаллитной коррозии при температурах до 400°C. Устойчив к образованию окалины при температурах до 800°C. Хладостоек при температурах до минус 196°C.	Для сварки соединений из нестабилизированных и стабилизированных хромоникелевых сталей, а также соответствующих плакированных сталей и для наплавки на эти материалы. В основном используется для нержавеющей сталей.
CastoTig 45554WS	Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Металл устойчив к образованию окалины при температурах до 300°C. Хладостоек при температурах до минус 110°C. Холодноупрочняемый.	Для соединения разнородных нержавеющей аустенитных сталей, а также нелегированных и низколегированных сталей. Для наплавки и нанесения промежуточных слоев (подслоя) на вышеуказанные материалы и на закаливаемые стали.

3.2 Прутки из никелевых сплавов

Никелевые справы обладают высокой вязкостью и коррозионной стойкостью. Присадочные прутки из этого сплава позволяют выполнять сварные соединения для неоднородных металлов. Присадочные прутки из никеля и его сплавов получили широкое распространение при сварке чугуна, тяжело поддающегося термической обработке. Швы таких соединений отличаются высокой прочностью и устойчивостью к окислениям. Прутки из никелевых сплавов их свойства и области применения представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Прутки для аргонодуговой наплавки из никеллевых сплавов [11]

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45612 W	Присадочный пруток на основе никелевого сплава. Металл сварного шва окалиностойкий до 1000°C, термостойкий до 900°C и хладостойкий до минус 269°C. Не склонен к растрескиванию. Коррозионностойкий к таким средам как хлор, хлориды, жирные кислоты, фосфорная кислота, салициловая кислота и щелочь натрия.	Для сварки однородных соединений никельхромовых сталей, никельхромовых сплавов с добавлением Al, Ti, а также без них; нелегированные и низколегированные, а также хладостойкие стали. Подходит для соединения разнородных сталей с рабочей температурой поверхности выше 300°C. Кроме того, используется для многослойных наплавов на низколегированные стали. В основном используется для коррозионностойких соединений и наплавов.
CastoTig 45651W	Присадочный пруток на основе никелевого сплава. Металл сварного шва устойчив к коррозии во влажных средах, к образованию окалины при температурах до 1000°C. Обладает высокой жаростойкостью до 900°C. Увеличение твердости путем термической обработки.	Изготовление инструментов для горячих работ путем наплавки на нелегированные, низко-, а также высоколегированные стали, литые стали. Кроме того, для наплавки и сварки соединений из однородных и подобных материалов и высокопрочных сталей. Типичные примеры применения: ковочные штампы, штампы горячего прессования и высадочные штампы, а также конструкционные детали печей, химическая и нефтехимическая.

Продолжение таблицы 3.2

Название	Свойства	Применение
		промышленность, кроме того, валы, роторы, кольца, сопла, вентили и лопасти газовых турбин и силовых установок (двигателей).
CastoTig 45655 W	<p>Присадочный пруток на основе никелевого сплава. Металл сварного шва устойчив к коррозии во влажных средах при температурах до 400°C, к точечной, щелевой коррозии и к коррозионному растрескиванию в окислительных и восстановительных средах, например: морской воде, муравьиной и уксусной кислотах. Окалиностойкий при температуре до 1100°C на воздухе и до 550°C в серосодержащей атмосфере.</p>	<p>Для сварки соединений из никелевых сплавов и никелевых литейных материалов и соединения этих сплавов с нелегированными и низколегированными сталями, а также с высоколегированными хромоникелевыми сталями. Типичные примеры применения: соединения и наплавки на участках, которые работают в контакте с органическими и хлорсодержащими средами, а также на деталях конструкций установок по десульфуризации дымовых газов и сжигания мусора. В основном используется для никелевых сплавов и разнородных соединений.</p>
CastoTig 45654 W	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Металл сварного шва хладостойкий, вязкий при температуре до минус 196°C, устойчив к отпуску до 650°C, имеет высокий предел прочности до 950°C. Устойчив к коррозии во влажных и хлорсодержащих средах, а также в кислых, нейтральных и щелочных водных растворах, например: серной, соляной, азотной, фосфорной и плавиковой кислотах, в морской воде, едком натре и охлаждающих рассолах. Окалиностойкий при температуре до 1100°C на воздухе и до 500°C в серосодержащей атмосфере.</p>	<p>Для сварки соединений из коррозионностойких хромоникельмолибденовых сталей, легированных молибденом никелевых сплавов и REA-материалов, а также для разнородных соединений из этих материалов с нелегированными и низколегированными сталями и для соединения хладостойких никелевых сталей. В основном используется для никелевых сплавов и коррозионностойких сталей.</p>

Продолжение таблицы 3.2

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45657 W	<p>Присадочный пруток на основе никелевого сплава сочень низким содержанием С и Si. Металл сварного шва обладает коррозионностойкостью к большинству сред как в окислительных, так и в восстановительных условиях, например, к соляной, серной, фосфорной и азотной кислотам, даже в загрязненном состоянии и при повышенных температурах. Окалиностойкий при температуре до 1100°С на воздухе и до 500°С в серосодержащей атмосфере.</p>	<p>Для соединительной сварки коррозионностойких хромоникелевых сталей, никелевых сплавов и REA-материалов, а также для соединения этих сплавов с нелегированными низколегированными сталями. Кроме того, для восстановления конструкционных деталей из этих материалов путем наплавки и плакирования. В основном используется для никелевых сплавов и смешанных соединений.</p>
CastoTig 45657 W	<p>Присадочный пруток на основе никелевого сплава с очень низким содержанием С и Si. Металл сварного шва обладает коррозионностойкостью к большинству сред как в окислительных, так и в восстановительных условиях, например, к соляной, серной, фосфорной и азотной кислотам, даже в загрязненном состоянии и при повышенных температурах. Окалиностойкий при температуре до 1100°С на воздухе и до 500°С в серосодержащей атмосфере.</p>	<p>Для соединительной сварки коррозионностойких хромоникелевых сталей, никелевых сплавов и REA-материалов, а также для соединения этих сплавов с нелегированными низколегированными сталями. Кроме того, для восстановления конструкционных деталей из этих материалов путем наплавки и плакирования.</p>
CastoTig 45659 W	<p>Присадочный пруток на основе никелемедного сплава. Металл сварного шва устойчив к кавитации и износу от трения, скольжения - со смазкой или без смазки. Коррозионностойкость к следующим средам: вода - дистиллированная, нейтральная, жесткая, мягкая; морская, растворы поваренной соли; соли - нейтральные, щелочные, хлориды натрия и кальция; минеральные кислоты - серная,</p>	<p>Для сварки соединений из сплава железа никеля и меди, а также для соединительной сварки с нелегированными и низколегированными сталями, и для наплавки этих материалов. Типичные примеры применения: трубопроводы, фитинги, емкости, аппараты, змеевики, испарительные элементы, насосы, детали арматуры, части смесителей, теплообменники, отсасывающие</p>

Продолжение таблицы 3.2

Название	Свойства	Применения
	<p>фосфорная, плавиковая, кремнефтористая и соляная (< 20 %); органические кислоты; едкие щелочи - растворы едкого натра и гидроокиси калия; сухие газы - аммиак, хлор и фтористый водород, горячий пар, водород, серосодержащие отходящие газы.</p>	<p>устройства для паров, в коксовании, в химической, соляной, пищевой и парфюмерной промышленности.</p>
<p>CastoTig 45656 W</p>	<p>Присадочный пруток на основе аустенитного сплава. Металл сварного шва коррозионностойкий к едкому натру, аммиаку и различным органическим кислотам.</p>	<p>Для сварки однородных соединений, а также для смешанных соединений с нелегированными и низколегированными сталями. Кроме того, для сварки разнородных соединений и наплавов (чугун - холодная сварка) чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом, аустенитных чугунов, белого и черного ковких чугунов, а также для сварки соединения со сталью или литой сталью, кроме того, для автоматической сварки. Типичные примеры применения: трубопроводы, фитинги, емкости, аппараты, змеевики, испарительные элементы, насосы, детали арматуры, части смесителей, теплообменники, а также прессовальные и вытяжные штампы, крупная арматура и задвижки, цилиндры валкового оборудования и уплотнительные кольца из чугуна. В основном используется для сплавов на основе никеля и железа.</p>

3.3 Износостойкие прутки для аргодуговой наплавки

Отличительной особенностью износостойких присадочных прутков для аргодуговой наплавки является получение в шве аустенитной, мартенситной либо ледебуритной структуры. Такие сплавы обладают высокой твёрдостью и износостойкостью; в основном требуют термическую обработку после наплавки. В таблице 3.3 приведены некоторые износостойкие прутки с их свойствами и областью применения.

Таблица 3.3 – Износостойкие прутки для аргодуговой наплавки [11]

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45355 W	Наплавленный металл имеет мартенситную структуру, может обрабатываться режущим инструментом. Повышенные износостойкость, твердость и сопротивление деформации путем термического упрочения. Азотируется.	Для наплавки режущих кромок вырубных штампов и ножниц холодной резки, а также для износостойкой наплавки на тисильные, волочильные и окантовочные штампы и пресс-формы для литья алюминия под давлением. В основном используется для защиты от износа и восстановления инструмента.
CastoTig 45353 W	Наплавленный металл имеет мартенситную структуру, Термо- и окалиностойкий до 900°C. Устойчив к отпуску до 550°C. Высокая стойкость к абразивному, адгезионному износу и кавитации, а также к комбинированному износу. Хорошая коррозионностойкость против многих солевых растворов и особенно морской воды.	Для наплавки и сварки коррозионно и окалиностойких хромистых сталей с ферритной или мартенситной структурой, а также для защиты соединений хромистой стали аустенитного класса. Типичные примеры применения: коррозионно- и изнашивающиеся детали в химической промышленности и производстве моющих средств, а также в молочной промышленности (арматура, насосы, турбины, форсунки, трубопроводы, емкости), а также изнашивающиеся детали, которые подвергаются действию высокой температуры, такие как штампы горячей резки (металла) и пресс-формы для резины, стекла или пластмасс. В основном используется для защиты от износа и коррозии

Продолжение таблицы 3.3

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45352 W	Наплавленный металл имеет мартенситную структуру, хорошее сопротивление износу при трении, вальцевании, ударно-отражательной и импульсной нагрузке. Поддается термообработке. Обрабатывается режущим инструментом.	Для наплавки на подверженные износу изделия из стали и стального литья. Типичные примеры применения: беговые колеса, ободья колес, направляющие, катки, сцепления, а также гибочный и окантовочный инструмент.
CastoTig 45351 W	Наплавленный слой на основе хромистой стали с мартенситной структурой и хорошей жаростойкостью. Окалиностойкость до 800°C. Высокая стойкость к износу трением, качения и вальцевания; ударно-отражательный износ, а также износ царапающими частицами. Противостоит ударным и импульсным нагрузкам. Поддается термической обработке.	Для наплавки на стали средней твердости, закаливаемые и термически необработанные стали, а также на аустенитные марганцовистые стали. Для изготовления износостойких рабочих поверхностей и кромок конструкционных деталей из углеродистых сталей. Типичные примеры применения: ролики прокатного стана, тянущие и транспортирующие вальцы, инструмент для холодной и горячей обработки, режущий, гибочный и волочильный инструмент, инструмент горячей и холодной штамповки, зажимные кулачки, элементы (молотки) дробилок, буры и шпалоподбивочный инструмент. В основном используется для защиты от износа и восстановления инструмента при повышенной температуре.
CastoTig 45318 W	Наплавленный металл имеет ледебуритную структуру, высокую стойкость к износу во время резки. Обрабатывается шлифовкой. Поддается термообработке.	Для наплавки на инструмент из инструментальных сталей для холодной работы, а также для изготовления инструмента путем твердого покрытия нелегированных и низколегированных сталей. Типичные примеры применения: инструмент для резки, штампы холодного прессования, инструмент для глубокой вытяжки, матрицы. В основном используется для защиты от износа и восстановления инструмента.

Продолжение таблицы 3.3

Название	Свойства	Применение
CastoTig 45305 W	Омедненный пруток для аргонодуговой наплавки сварки. Наплавленный металл с карбидами и остаточным аустенитом в мартенситной структуре. Высокая стойкость к отпуску и высокая жаростойкость до 500°C. Отличное сопротивление износу против усталости и адгезионного износа. Возможность изменения механических характеристик с помощью термообработки. Обрабатывается режущим инструментом только в отожженном состоянии.	Для ремонта инструмента, выполненного из близкого по химическому составу материала, а также для изготовления термостойкого инструмента из углеродистых и низколегированных сталей. Типичные примеры применения: ножи для горячей резки, штампы горячей обрезки, дорны прессов горячего прессования и пуансоны, штампы и матрицы для изготовления болтов, ковочные и ударные штампы и формы для литья под давлением. В основном используется для защиты от износа и восстановления инструмента при повышенной температуре.
CastoTig 45303 W	Пруток для аргонодуговой сварки на основе быстрорежущей стали с повышенной вязкостью. Наплавленный слой имеет мартенситную структуру с карбидами и остаточным аустенитом. Не склонен к образованию трещин. Хорошая термостойкость к отпуску. Высокая окалиностойкость. Может подвергаться термообработке.	Для наплавки инструментальных и быстрорежущих сталей, а также для изготовления инструмента путем покрытия твердым сплавом углеродистых и низколегированных сталей. Типичные примеры применения: восстановление инструмента холодного прессования, вырубных и тиснильных штампов, ремонт инструментов, таких как фрезы, зуборезные долбяки, спиральные и винтовые буры, ножовки по металлу, ударный и строгальный инструмент, а также твердые покрытия вилок сцепления, кулачков, грейферов, лопастей смесителей, угольных стругов или транспортирующих шнеков.
CastoTig 45301 W	Пруток для вольфрамодуговой сварки, содержащей карбиды в аустенитной структуре. Наплавленный металл имеет стойкость к отпуску и жаростойкость до 500°C, отличную износостойкость против усталости и адгезионного износа.	Для ремонта инструмента, выполненного из близкого по химическому составу материала, а также для изготовления термостойкого инструмента из углеродистых и низколегированных сталей. Ножи для горячей резки, штампы горячей резки, дорны прессов горячего прессования и пуансоны, штампы и

Продолжение таблицы 3.3

Название	Свойства	Применение
	механических характеристик с помощью термообработки. Обрабатывается резанием только в мягко отожженном состоянии.	матрицы для изготовления болтов, ковочные и ударные штампы и формы для литья под давлением.

3.4 Выбор присадочного материала для восстановления поверхности фильеры гранулятора

Каждый из вышеприведённых присадочных прутков для аргонодуговой наплавки имеют свои преимущества и области применения. Однако для восстановления фильеры гранулятора нет какого-то определенного рекомендованного или часто используемого прутка.

Исходя из эксплуатационных требований, зная виды механического воздействия на фильеру гранулятора, можно сказать, что для наплавки может подойти пруток из каждой группы. Для сравнительного анализа выбраны 3 прутка для каждой группы и представлены механические характеристики и химический состав для шва.

Оптимальный вариант для наплавки прутком из высоколегированной стали является CastoTig 45516 WS. Содержание в прутке δ -феррита в аустенитной матрице даёт высокие показатели твёрдости с сохранением достаточной вязкости материала. Механические свойства при комнатной температуре и химический состав для CastoTig 45516 WS представлены в таблицах 3.4 и 3.5 соответственно.

Таблица 3.4 – Механические свойства шва присадочного прутка CastoTig 45516 WS [11]

Предел текучести при растяжении σ_T , МПа	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение ψ , %	Работа ударной вязкости, Дж	Работа ударной вязкости при -120°C, Дж
420	580	34	80	32

Таблица 3.5 – Химический состав шва присадочного прутка CastoTig 45516 WS, % [11]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe
0,02	0,45	1,8	24	13,5	остальное

Из группы никелевых сплавов наиболее подходящий CastoTig 45612WS в основном за счёт своей дешевизны (по сравнению с аналогичными присадками) и устойчивостью к прямому взаимодействию с хлором. Так же он обладает высокими физико-механическими свойствами. Механические свойства при комнатной температуре и химический состав для CastoTig 45612WS представлены в таблицах 3.6 и 3.7 соответственно.

Таблица 3.6 – Механические свойства шва присадочного прутка CastoTig 45612WS [11]

Предел текучести при растяжении σ_T , МПа	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение ψ , %	Работа ударной вязкости, Дж	Работа ударной вязкости при -198°C, Дж
360	600	35	80	60

Таблица 3.7 – Химический состав шва присадочного прутка CastoTig 45612WS, % [11]

C	Si	Mn	Cr	Nb	Fe	Ni
0,025	0,3	4	19	2	3	остальное

Износостойкие прутки интересны за счёт высокой твердости, возможности термообработки для получения желательных механических свойств, хорошему сопротивлению износу в том числе адгезионному. Наиболее подходящий под наши задачи является пруток CastoTig 45353W. Механические свойства при комнатной температуре и химический состав для CastoTig 45353WS представлены в таблицах 3.8 и 3.9 соответственно.

Таблица 3.8 – Механические свойства шва присадочного прутка CastoTig 45353WS [11]

Предел текучести при растяжении σ_T , МПа	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение ψ , %	Работа ударной вязкости, Дж
690	490	15	21

Таблица 3.7 – Химический состав шва присадочного прутка CastoTig 45353WS, % [11]

C	Si	Mn	Cr	Nb	Fe
0,01	0,3	0,3	17	2	остальное

Следующим показателем пригодности прутка для ремонта служит прочность связи на границе шва и основного металла. Так как материал фильеры – без вольфрамовый тверды сплав, сложно оценить прочность и свариваемость. Точные данные можно получить при экспериментальной проверке.

Вывод по главе

Для восстановления поверхностей трения существует большое количество электродов. Основываясь на данных поставщиков электродов, были выбраны три присадочных электрода, в теории подходящие для наплавки на фильеру гранулятора. Для подтверждения теории требуется экспериментальная проверка.

4 Разработка технологии восстановления фильеры гранулятора

4.1 Обоснование выбора электрода для аргонодуговой наплавки

Вольфрамовый электрод представляет собой пруток из чистого вольфрама, либо вольфрама с добавлением присадок. В зависимости от состава присадки различают несколько марок электродов. Пруток имеет шлифованную поверхность. За счёт сильно тугоплавкости вольфрам выдерживает высокие тепловые сварочные нагрузки показывая превосходную износостойкость [12].

Для легирования вольфрамового электрода используют редкоземельные металлы и их оксиды. Например, оксид церия используется для сварки на небольших токах, он даёт повышенную стабильность дуги как на постоянном, так и на переменном токе. Добавление оксида церия улучшает эмиссию электрода и начальный запуск дуги, однако недостаток цериевых электродов – концентрация на раскалённом конце.

Оксид циркония вводят для сварки на значительных силах тока. Эти электроды используют на переменном токе сварки и обладают повышенной стабильностью в сравнении с чистым вольфрамом. Чувствительны к попаданию мусора в зону сварки.

Электроды, содержащие в своём составе оксид лантана, обеспечивают высокую устойчивость дуги и лёгкий розжиг, обладают свойством быстрого повторного зажигания. Использование этих прутков уменьшает вероятность прожога, значительно увеличивается рабочий ток; возможна сварка металла любого химического состава. Электроды обладают хорошей долговечностью и по сравнению с чистым вольфрамом меньше загрязняют сварочную ванну.

Добавление оксида тория в вольфрамовые электроды даёт высокий показатель устойчивости даже при сверхвысоких токовых нагрузках. Швы, выполненные ториевыми электродами, обладают минимальными показателями коррозии. Данными электродами выполняют сварку и наплавку

активных металлов. Сварку можно вести только на постоянном токе, так как на переменном дуга скачет по выступающим поверхностям. Кроме того, торий радиоактивен. Для защиты при заточке и сварке необходимо использовать вентиляцию и индивидуальные средства защиты.

Добавка иттрия в вольфрамовый электрод повышает устойчивость дуги. Такие электроды считаются самыми устойчивыми среди вольфрамовых и их используют при производстве конструкций особой ответственности. Сварку осуществляют на постоянном токе.

Чистые вольфрамовые электроды используют при сварке алюминия, так как они обладают наилучшей устойчивостью при переменном токе.

Аргонодуговая наплавка одиночными импульсами требует высокой устойчивости дуги при средних токах и многократное зажигание. Такими свойствами обладает вольфрамовый электрод с добавлением оксида лантана. Так как электроды с содержанием (1,3-1,7) % оксида лантана обладают такой же проводимостью что и ториевые электроды и часто идут на замену последним в Европе и Японии, выбрана марка электрода WL15.

Так как электроды поставляются с завода с прямым срезом торцов, необходимо выполнять заточку рабочего конца. Геометрия заточки влияет на стабильность горения, глубину проплавления, мощность дуги; плотность энергии на аноде, стойкость изделия к эрозии, чистоту шва. При сварке на среднем токе выбирают угол заточки (20-30) °С.

4.2 Выбор защитного газа

Сварку неплавящимся электродом производят в аргоне согласно ГОСТ 10157 - 2016 и гелии или их смесях. Обусловлено это тем, что эти газы не взаимодействуют с металлом сварочной ванны. Из—за дороговизны гелия чаще используют аргон. Однако использование гелия в качестве защитного газа гораздо дороже, чем аргона.

Для наплавки на фильеру гранулятора используется аргон высшего сорта с чистотой не менее 99,99 %. Химический состав и его основные характеристики приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Химический состав аргона высшего сорта согласно ГОСТ 10157 - 2016 [13]

Ar, %, не менее	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Объемная доля водяных паров, %, не более
99,993	0,0007	0,005	0,0005	0,0009

4.3 Расчёт параметров режима

Расчёт расплавления присадочного материала от одиночного импульса имеет ориентировочный характер. Необходимо условно посчитать режим и объём расплавленного металла. Для этого необходимо рассмотреть энергозатраты по формуле:

$$E = t \cdot I \cdot U, \quad (1)$$

где t – время импульса в секундах,

I – ток импульса в амперах,

U – напряжение дуги в вольтах.

Для приблизительных расчётов количества введённого тепла возьмём параметры режима аналогичной работы $I=120$ А, $t=40$ мс, $U=12$ В.

$$E = 0,04 \cdot 120 \cdot 12 = 57,6 \text{ Дж.}$$

Далее необходимо определить объём расплавленной присадки:

$$V = \frac{E \cdot \eta}{C \cdot \rho \cdot K}, \quad (2)$$

где C – удельная теплоёмкость в Дж·К/кг,

ρ – плотность в кг/м³,

K – температура плавления в кельвинах,

η – КПД дуги.

Для хромоникелевой стали, из которой изготовлен пруток CastoTig 45516 WS, значения теплоёмкости $C=502$ Дж/кг, плотности $\rho=7900$ кг/м³, температура плавления $K=1535^{\circ}K$.

$$V = \frac{57,6 \cdot 0,5}{502 \cdot 7900 \cdot 1535} = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 = 0,47 \text{ мм}^3.$$

Масса расплавленного металла будет вычисляться по формуле:

$$m = \rho \cdot V = 7900 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6} = 0,004 \text{ г.}$$

Исходя из полученных данных была составлена маршрутная карта для процесса аргодуговой наплавки фильеры гранулятора одиночными импульсами, приведённая в приложении Б.

Выводы по главе

В ходе анализа типов вольфрамовых электродов был обоснован выбор электрода с добавлением оксида лантана, а также указана точная марка электрода и его обработка перед сваркой. Выбран защитный газ и приведены его характеристики.

Произведён расчёт параметров режима сварки. Исходя из данных составлена технологическая карта.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии упрочнения фильеры гранулятора полиэтилена» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой, подающей питание одиночным импульсом. В таблице 5.1 приведены сегментные показатели рынка для рассматриваемых способов сварки.

Таблица 5.1–Сегментирование рынка

	Показатели		
	Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Качество сварного шва	3	2	1
Скорость сварки	2,3	2	1
Возможность сварки тонкостенных труб малого диаметра	3	2	1,2

где 1 – Автоматическая аргонодуговая сварка в импульсном режиме;

2 –полуавтоматическая аргонодуговая сварка;

3 –ручная дуговая сварка.

По данным результата сегментирования можно сделать вывод, что уровень конкуренции низок. Автоматически запрограммированная аргонодуговая сварка в импульсном режиме –хороший способ сварки, благодаря которому можно получать качественные сварные соединения при сварке труб малых диаметров.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для этого составлена оценочная карта, приведенная в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	3	0,5	0,2	0,3
2.Затраты сварочного материала	0,2	5	3	4	1	0,2	1
3.Качество сварного соединения	0,1	5	4	3	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,25
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,3
3.Конкурентоспособность работы	0,25	5	5	3	1,25	0,5	1
Итого	1	28	26	21	5	2,35	3,75

где сокращения: Б_ф– Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горячей в импульсном режиме;

Б_{к1} – Аргонно-дуговая сварка;

Б_{к2}– Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 5, в то время как двух других аналогов 2,35 и 3,75 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство в эксплуатации, затраты на сварочные материалы, качество сварного соединения, цена и предполагаемый срок эксплуатации. Итогом данного анализа является то, что метод, предложенный в нашей научно-исследовательской работе эффективнее методов конкурентов.

5.3 SWOT анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Преимущества SWOT анализа заключаются в том, что он позволяет достаточно просто, в правильном разрезе взглянуть на положение компании, товара или услуги в отрасли, и поэтому является наиболее популярным инструментом в управлении рисками и принятии управленческих решений.

Результатом проведения SWOT анализа предприятия является план действий с указанием сроков выполнения, приоритетности выполнения и необходимых ресурсов на реализацию (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none">- Отсутствие данного процесса для повышения эффективности сварки неплавящимся электродом (отсутствие конкурентов на рынке).- Широкая область применения- Использование современного оборудования- Актуальность проекта	<ul style="list-style-type: none">- Развитие новых технологий- Перенастройка оборудования- Отсутствие квалифицированного персонала.

Продолжение таблицы 5.3

- Наличие опытного руководителя - Экономия электроэнергии	
Возможности	Угрозы
- Получение качественных сварных соединений - Регулирование производительности	- Появление новых технологий - Государство не даст средства для реализации темы.
Сильные стороны	Слабые стороны
- Повышение стоимости конкурентных разработок - Повышение эффективности сварки неплавящимся электродом	- Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы. - Зависимость, незначительная от поставщика
- Применения для оборудования, работающего в полевых условиях.	

Периодичность проведения SWOT анализа. Рекомендуется проводить SWOT анализа минимум 1 раз в год в рамках стратегического планирования и при формировании бюджетов. SWOT анализ очень часто является первым шагом бизнес-анализа при составлении маркетингового плана.

5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес (таблица 5.4).

Реализация метода предусматривает следующие этапы:

- точная формулировка проблемы исследования;

– раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования;

– раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.

Таблица 5.4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	1	1	1
Б. Марка электрода	ЭВЛ-2 Ø 3-150-ТУ	ЭВЛ-2 Ø 4-150-ТУ	ЭВЧ Ø 3-200-ТУ
В. Плазмообразующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Г. Стабилизирующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Д. Защитный газ	Ar	CO ₂	Ar + CO ₂

Возможные варианты решения технической задачи:

– А1Б1В2Г2Д3 – В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.

– А2Б2В2Г2Д3 – Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал.

– А3Б3В1Г1Д1 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

5.5 Планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

5.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для разработки структуры работ необходимо определить их этапы, представленные в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

5.5.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения работ определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} . Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i} \quad (5)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (6)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (таблица 5.6).

После заполнения таблицы 5.6 строим календарный план-график (таблица 5.7).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 5.6– Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожl}$, чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

Таблица 5.7– Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3	★										
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2	★	◆									
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		★									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2		◆									
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3			◆								
6	Изучение литературы по теме	Студент	15				★	★	★					
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5				★	◆						
8	Изучение установки	Студент	6						★					
9	Моделирование сварочной ванны	Студент	3							★				
10	Изучение результатов	Студент	3									★		
11	Проведение расчетов по теме	Студент	10									★		
12	Анализ результатов	Студ.-рук.	2									★	◆	
13	Вывод по цели	Студент	1											★

★ – студент; ◆ – руководитель.

5.5.4 Расчёт материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (8)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах (15-25) % от стоимости материалов. Материальные затраты представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Обечайки труб Ø42-60 мм марки стали Ст3	кг	1	1	1	50	50	50	1300	1300	1300
Сварочная проволока Св-08Г2С Ø1 мм	кг	0,5	0,5	0,5	160	160	160	2080	2080	2080
Защитный газ (высший сорт)	л	–	–	1	–	–	20	–	–	520
Защитный газ аргон (1-ый сорт)	л	–	1	–	–	18	–	–	468	–
Защитный газ в виде смеси аргона с CO ₂	л	1	–	–	15	–	–	390	–	–
Итого								3770	3848	3900

5.5.5 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

ТЕМЫ

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение темы	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2	Анализ актуальности темы	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8	Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9	Модернизация установки	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									71,6	83,2	84,1

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере (20 –30) % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.9.

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата ((12-20) % от $Z_{осн}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 50400 рублей, а студента 31000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15)).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 48384 рублей, студента – 28000 рублей.

5.5.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Сумма отчислений во внебюджетные фонды представлена в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	43200	50400	50400	5184	6048	6048
Студент	25000	30000	31000	3000	3600	3720
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2 %					
Итого						
Исполнение 1	23068 руб.					
Исполнение 2	27195 руб.					
Исполнение 3	27533 руб.					

5.5.7 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$Z_{\text{накл}} = 103222 \cdot 0,16 = 16516 \text{ руб.}$$

5.5.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчёт бюджета затрат представлен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	3770	3848	3900	Таблица 5.8
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	68200	80400	81400	Таблица 5.10
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8184	9648	9768	Таблица 5.10
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23068	27195	27533	Таблица 5.10
5. Накладные расходы	16516	19375	19616	16 % от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	119738	140466	142217	Сумма ст. 1-5

5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{119738}{142217} = 0,84; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{140466}{142217} = 0,99;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{142217}{142217} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. Защитный газ	0,15	4	4	4
4. Модернизация способа сварки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-\text{исп1}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-\text{исп3}} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}i} = \frac{I_{\text{р-исп}i}}{I_{\text{финр}}}, \quad (15)$$

$$I_{\text{исп}1} = \frac{4,5}{0,84} = 5,35; \quad I_{\text{исп}2} = \frac{3,15}{0,99} = 3,18; \quad I_{\text{исп}3} = \frac{3,8}{1} = 3,8.$$

Сравнительная эффективность проекта (таблица 5.13):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп} \max}} \quad (16)$$

Таблица 5.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,35	3,18	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,6	0,71

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии первого исполнения наилучшая с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрено исследование формирования структуры мартенситно-старяющей стали в процессе вакуумной электронно-лучевой наплавки, данный эксперимент проводится в офисных помещениях 16а корпуса НИТПУ, кабинета 112. Входе научного основная часть работы была выполнена с использованием ЭВМ, а также специальных электронных оборудований для проведения испытания, поэтому в данном разделе ВКР рассматриваются вопросы анализа и выявления возможных опасных и вредных факторов на рабочем месте инженера-лаборанта. Площадь занимаемого помещения составляет 40 м², на которых располагаются 6 человек.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Также, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

6.1 Анализ выявленных вредных факторов

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. В результате идентификации выявлены следующие вредные производственные факторы:

- Электромагнитные поля в производственных помещениях;
- Производственный шум;
- Освещенность рабочей зоны;
- Микроклимат в помещении.

6.2 Электромагнитные поля в производственных помещениях

Основным вредным фактором является электромагнитное поле (ЭПМ). Находясь в электромагнитном поле, человек поглощает его энергию, в тканях возникают высокочастотные токи с образованием теплового эффекта.

Биологическое действие электромагнитного излучения зависит от длины волны, напряженности поля, длительности и режима воздействия. При воздействии на человека электромагнитного поля возникают нарушения электрофизиологических процессов в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах. Функций щитовидной железы, генеративной функции организма.

Основным и источниками электромагнитного излучения во время разработки проекта были электронный ускоритель, ЭВМ, а также электронный микроскопи испытательная машина.

Согласно [16], временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ, составляют:

– напряженность электрического поля в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, 25 В/м,

– напряженность электрического поля в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц, 2,5 В/м,

– плотность магнитного потока в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, 250 нТл,

– плотность магнитного потока в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц, 25 нТл,

– электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 Предельно допустимые уровни облучения:

– при восьмичасовой работе ПДУ магнитного поля составляет 10 мкВт/см²,

– при двухчасовой работе (10-100) мкВт/см²,

– при двадцати минутной работе > 100 мкВт/см².

Исходя из исследования [14], безопасным расстоянием от токоведущего кабеля до жизненно важных органов сварщика являются расстояния 0,1; 0,25 и 0,35 м при токах 200, 300 и 400 А соответственно. Экспериментальные исследования показали, что индукция поля вблизи корпуса выпрямителя ВДУ-506 при токах до 400 А на порядок ниже ПДУ. Это связано с тем, что выпрямитель экранируется металлическим корпусом.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется посредством средств коллективной защиты:

– защита временем,

– защита расстоянием,

– снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения,

– экранирование источника заземленным металлическим ограждением.

Так же применяют средства индивидуальной защиты, которые включают в себя очки из металлической решетки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами. Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спец обувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

Основным коллективным средством защиты от воздействия ЭМП является экранирование источника электромагнитного излучения или же объекта защиты. При возможности эффективной защитой является удаление источника излучения из рабочей зоны. В качестве средств индивидуальной защиты, при значительном действии электромагнитного поля, используют одежду, которая изготавливается из металлизированной ткани или другой ткани с высокой электропроводностью. Ограничение времени пребывания в зоне действия ЭПМ так же является эффективной защитой.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спец обувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

В процессе выполнения научного исследования не были превышены нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года) [14].

6.3 Производственный шум

Шум является общебиологическим раздражителем и вне которых условиях может оказывать влияние на системы организма человека. Шум на рабочем месте инженера-лаборанта возникает от работы ПК, а также может проникать извне. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению.

Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" [15].

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром, для офисных помещений уровень звукового давления должен не превышать 82 дБ (СанПиН 3359-16) [16].

Дополнительные средства для коллективной защиты (СКЗ) от шума извне могут служить современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели стен.

Сама панель – это многослойная конструкция (триплекс). Сам ее каркас выполнен из композита на основе натуральных целлюлозных волокон. Плоские слои разделены пространством, которое обеспечивают волнообразные переемычки, по типу гофрированного картона. Все пустоты внутри панели заполнены нереальным гранулятом на базе очищенного кварцевого песка

Шум от работы ПК можно понизить, используя мало шумные вентиляторы охлаждения, либо водяное охлаждение системного блока.

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) можно использовать недорогие шумопоглощающие наушники. Так же источниками шума в лаборатории могут быть работающие микроскопы и испытательные аппараты, для этого рекомендуется защита в виде беруш и специальных наушников.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко и виброизоляции, звуко и вибропоглощающие материалы (резины и мастики, фольгоизол, листовые пластмассы; звукоизоляционные материалы с волокнистым каркасом, ячеистые, смешанные);

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

6.4 Освещённость рабочей зоны

Согласно СП 52.13330.2016 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещённость при системе общего освещения не должна быть ниже 200 лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Освещение рабочего места – важный фактор создания нормальных условий труда. Согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [17], рабочее место инженера должно освещаться как естественным, так искусственным

освещением. Естественное освещение попадает в аудитории через большое окно в светлое время суток. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное освещение отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Слабая освещенность рабочего места инженера не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с нормативной работой и технической документацией согласно действующим нормам СП 52.13330.2016 [17] для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность, а для естественного и совмещенного определены коэффициенты естественной освещенности (КЕО).

Нормативное значение КЕО для третьего пояса светового климата (расположение города Томска) в соответствии с СП 52.13330.2016 [17] при третьем разряде зрительной работы (III г: контраст малый и средний, фон-светлый и средний), при естественном боковом освещении КЕО, $e_n = 1,2 \%$, освещенность при искусственном освещении – 200 лк, ослепленность 40 ед. и пульсации искусственного освещения не более 15 %. Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой с документами 400 лк согласно СП 52.13330.2016 [17].

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен [18].

Для расчета принимаем что длина помещения $A = 5$ м, а ширина $B = 8$ м, высота $H = 3,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м. Требуемая освещенность по СНиП 23-05-95 $E = 400$ лк.

Коэффициент отражения стен $R_c = 50$ %, потолка $R_{п} = 70$ %.

Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$

Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильник типа ОД, $\lambda = 1,4$. принимаем высоту подвеса светильника от уровня потолка $h_c = 0,2$ м; получаем высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью $h = 3,5 - 0,8 - 0,2 = 2,5$ м;

Определим расстояние между рядами светильников, используя соотношение:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (17)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м.}$$

При ширине помещения $A = 5$ м, получаем число рядов светильников:

$$n = A/L = 5/3,5 = 1,4 \sim 2. \quad (18)$$

Определим число светильников в одном ряду:

$$N_p = (B - 2l) / l_{св}, \quad (19)$$

где $l_{св}$ —длина светильника, для светильника типа ОД–2–40 $l_{св} = 1,23$ м.

$$N_p = (8 - 2 \cdot 1,17) / 1,23 = 4,6 \sim 4.$$

Таким образом, общее число светильников N :

$$N = N_p \cdot n, \quad (20)$$

$$N = 4 \cdot 2 = 8.$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 4 светильника типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1230 мм и шириной 266 мм), при этом разрывы между светильниками в ряду составят от 50 до 500 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис. 6.1). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 8 \cdot 2 = 16$.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S/h(A+B), \quad (21)$$

$$i = 40/[2,5 \cdot (5+8)] = 1,23.$$

Расчетным уравнением метода коэффициента использования светового потока является [17]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (22)$$

По таблицам [18] определяем коэффициент использования светового потока для данной формулы $\eta = 0,53$. Отсюда получаем:

$$\Phi = \frac{400 \cdot 40 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,53} = 3113 \text{ лм.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов. По таблице 1 [19] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ40В с потоком 3200 лм. Делаем проверку выполнения условия [19]:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{ст}}} \cdot 100\% \leq 20\%. \quad (23)$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$-10\% \leq \frac{3200 - 3113}{3200} \cdot 100\% \leq 20\%.$$

$$-10\% \leq 2,7\% \leq 20\%.$$

Потребляемая мощность осветительной установки составит:

$$P = 16 \cdot 40 = 640 \text{ Вт.}$$

Таким образом, выбранная система освещения обеспечивает требуемую освещенность рабочего места. К дополнительным мерам, можно отнести использование местного освещения на рабочих местах (настольные лампы).

Для схематического изображения размещения светильников необходимо рассчитать расстояние вдоль стен и от торца помещения:

$$L = Na \cdot L_1 + 2/3 \cdot L_1 + N \cdot L;$$

Соответственно расстояние до ламп от стены длиной 8 метров обозначаем L_1 , а для расстояния от стены длиной 5 метров L_2 .

Согласно «Практикум БЖД 2009» равномерность освещения обеспечивается расстоянием от крайних светильников до стенок = $L/3$.

Составим уравнение с 1 неизвестной:

$$5000 = L_1 + 2/3 \cdot L_1 + 2 \cdot 266,$$

$$8000 = 3 \cdot L_2 + 2/3 \cdot L_2 + 4 \cdot 1230,$$

отсюда:

$$5000 - 2 \cdot 266 = L_1 \cdot (1 + 2/3),$$

$$8000 - 4 \cdot 1230 = L_2 \cdot (3 + 2/3).$$

Следственно получаем уравнения:

$$L_1 = \frac{5000 - 2 \cdot 266}{1 + 2/3} = 2600 \text{ мм} - \text{расстояние вдоль помещения,}$$

$$L_2 = \frac{8000 - 4 \cdot 1230}{3 + 2/3} = 840 \text{ мм} - \text{расстояние от торцов помещения.}$$

Размещаем светильники в 2 ряда по 4 светильника. На рисунке 6.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

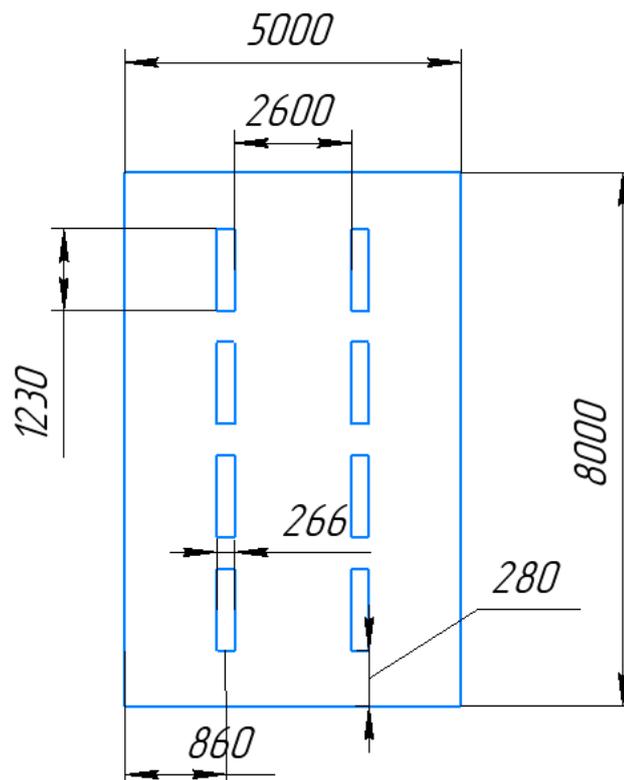


Рисунок 6.1—План размещения светильников с люминесцентными лампами, размеры установлены в мм.

6.5 Микроклимат в помещении

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещения, который определяется влияющими на человека сочетаниями температуры, влажности и скорости перемещения воздуха, а также температуры окружающих предметов ГОСТ Р 2.2.2006-05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [20]. Согласно ГОСТ 12.1.005-88ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху у рабочей зоны, оптимальные микроклиматические условия создают общее и локальное ощущение теплового комфорта во время восьмичасового рабочего дня, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают условия для высокой производительности труда.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху у рабочей зоны должны отвечать ГОСТ 12.1.005-88 [21]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности скорости перемещения воздуха приведены в таблице 6.1 и 6.2 [21].

Таблица 6.1– Оптимальные параметры микроклимата

Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
19-22	40-60	0,2

Таблица 6.2– Допустимые параметры микроклимата

Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
15-28	20-80	0,5

В нашем случае рассматривается рабочий кабинет размерами 8х5 м, как показано на рисунке 19, высота кабинета 3,5 м.

Согласно, установленным размерам рабочего кабинета в нем располагается 6 человек. Объем помещения 140 м³, общая площадь 40 м², тогда на одного человека приходится 23,3 м³ и 6,7 м², соответственно, что удовлетворяет санитарным требованиям помещения.

Объем и площадь производственного помещения, которые должны приходиться на каждого работающего, по санитарным нормам – 20 м³ и 6,5 м², соответственно. Высота помещения должна быть не менее 3 м [21].

Для категории работ I(б), к которым относится работа лаборанта, характерны такие работы, интенсивность энерго-затрат которых равна (121–150) ккал/ч (140–174) Вт, это работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторыми физическими напряжениями.

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года применяется водяное отопление, а в теплый период года для обеспечения защиты от попадания прямых солнечных лучей применяются жалюзи.

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена с использованием механической приточно-вытяжную вентиляции, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и трубопроводов.

Во время разработки устройства для сварки дугой, горячей в динамическом режиме в 16а корпусе ТПУ микроклимат отвечал нормам, изложенным ниже.

Микроклимат аудиторий поддерживается на необходимом уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

6.6 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

6.6.1 Факторы электрической природы

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [25].

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

– помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность,

– помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой,

– особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования с выше 100 В и до 1000 В при наличии двух и более из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, а так же электрооборудование и электрические сети выполнены в соответствии с

«Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) и оборудование используемое в помещении и там преобразуется входящее переменное напряжение в постоянный ток напряжением +3,3 В, +5 В, +12 В Но в процессе деятельности с ЭВМ и электронных микроскопов и испытательных машин, работающих от источника тока, может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к металлическим конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. Для предотвращения опасности поражения электрическим током следует соблюдать правила электрической безопасности:

- перед включением ЭВМ в сеть, необходимо визуально проверить ее электрическую часть, на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие токопроводящих частей на корпусе компьютера,

- рабочее место инженера с ЭВМ, электронных микроскопов и испытательных машин, не должны быть размещены вблизи силовых кабелей и высоковольтных трансформаторов,

- ЭВМ, электронный микроскоп и испытательная машина, подключается через блок питания или питающее устройство, которые имеют сетевой фильтр, конденсаторы которого предназначены для шунтирования через провод зануления, и соответствующие трехполосные вилку и розетку высокочастотных помех питающей сети на землю,

- при выявлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической цепи ЭВМ, электронный микроскоп или испытательную машин,

- запрещается подключать корпус ЭВМ к батареям отопления, т.к. при неисправности источника питания ЭВМ батареи могут оказаться под напряжением,

- запрещается при работающей ЭВМ в тоже время прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, малые напряжения, электрозащитные средства.

В корпусе 16а ТПУ используются следующие защитные меры от поражения электрическим током при работе с электроустановками:

- защитное заземление – предназначено для предотвращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю» с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током),

- зануление при замыкании на корпус электроустановок – отключение участка электрических цепей,

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус,

- защитное разделение сетей,

- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, старше 18 лет, изучившие инструктаж и обученные безопасным приемам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

Сейчас безопасным для человека считается напряжение электрической сети 42 В (до недавнего времени было 36 В), используемое для переносных осветительных и бытовых приборов на воздухе и в доме и 12 В, при условии использования переносных светильников и приборов внутри котлов, металлических резервуаров и пр.

Допустимым же для человека током принято считать сил у тока, при которой он самостоятельно может освободиться от его воздействия. И он так допуски будут соответствовать $I=0,1\text{А}$, а $R_{\text{заземления}}$ – не более 4 Ом.

Максимально допустимая величина тока, проходящего через тело человека, зависит от времени его воздействия. Для тока переменного, с его частотой 50 Гц допустимое напряжение прикосновения по ГОСТ 12.1.038-82 составляет всего 2 В, а сила тока - всего 0,3 мА [26]. Для постоянного тока – допустимое напряжение прикосновения всего-то 8 В, при силе тока в 1,0 мА (данные приведены для времени воздействия менее 10 мин в сутки).

Безопасные для человека уровни напряжения электрической сети в доме получают из нашей бытовой осветительной сети напряжением 220 В, используя при этом понижающие трансформаторы, или напрямую – используя для этого аккумуляторные батареи номинальным напряжением 12 и 24 В.

Так как используется оборудование с напряжением до 1000 В то применяются следующие СИЗ:

В условиях работы на оборудовании с напряжением, не достигающим 1000 В, используются:

- специальные прорезиненные перчатки, выполненные с использованием современным полимеров, которые способны длительное время выдерживать большое напряжение;

- изолирующие штанги, выполненные с использованием диэлектрического металла, которые прикрепляются к источнику электричества и служат в качестве основного заземлителя, в результате чего обеспечивается безопасная работа;

- специальные клещи, которые могут использоваться в места, где применение штанги невозможно. С помощью данных клещей так же осуществляются ремонтные мероприятия; специальное оборудование с указателями напряжения, для измерения силы и напряжения тока.

- специальное оборудование с указателями напряжения, для измерения силы и напряжения тока.

Так же используются дополнительные средства защиты. К материалам, которые применяются в качестве дополнительных устройств с оборудованием при напряжении менее 1000 В относятся:

- специальная прорезиненная обувь, выполненная с применением современных полимеров, которая надежно обеспечивает защиту персонала,
- подставки, выполненные из дерева для осуществления работы с оборудованием без использования штатного заземления,
- специальные лестницы, выполненные из не проводимого металла, которые применяются при проведении работы на определенной высоте.

При выполнении мер защиты в электроустановках напряжением до 1 кВ классы применяемого электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТИ изделия электротехнические. Общие требования безопасности» [21] следует принимать в соответствии с таблицей 6.3.

Таблица 6.3–Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ.

Класс по ГОСТ12.2.00 7.0 РМЭК536	Маркировка	Назначение защиты	Условие применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитный зажим – знак  или буквы РЕ, или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знак 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты принятых в электроустановке
Класс III	Знак 	От прямого и косвенного прикосновения	Питание от безопасного разделительного трансформатора

В результате проведенного анализа для предотвращения случаев электротравматизма на рабочем месте, рекомендуется применение электрооборудования класса 0. Помимо этого в качестве дополнительной защиты использовать сетевые фильтры, источники бесперебойного питания, использование закрытых розеток.

При анализе рабочего места инженера в 16а корпусе ТПУ отклонений от требований, изложенных выше, не выявлено. Используемые средства коллективной защиты:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю» с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током,

- зануление замыкание на корпус электроустановок,

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус,

- защитное разделение сетей,

- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током. Безопасные номиналы $I = 0,1 \text{ А}$, $U = (12-36) \text{ В}$, $R_{\text{заземления}} = 4 \text{ Ом}$

Производственные помещения по степени опасности поражения людей электрическим током в соответствии с ПУЭ подразделяется на три категории. Производственное помещение относится к третьей категории, т.е. к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие

«повышенную опасность» (агрессивная среда) и «особую опасность» (установки, работающие под напряжением свыше 1000 В).

6.6.2 Факторы пожарной безопасности и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания в свою очередь (как сказано в нормативном документе) на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории АН, БН, ВН, ГН и ДН.

Для нашего помещения установлена категория пожарной опасности В. Одна из наиболее важных задач пожарной защиты — защита помещений от разрушений и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования 16а корпуса, а также категорию его пожарной опасности, здания корпуса и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости. [21] Для изготовления строительных конструкций используются, как правило, кирпич, железобетон, стекло, металл и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами [21].

Пожары в корпусах ТПУ представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Характерная особенность 16а корпуса ТПУ — небольшие площади помещений. Как известно, пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ, окислителя и источников зажигания. В помещениях корпуса присутствуют все три основных фактора, необходимые для возникновения пожара [21].

Горючими компонентами помещения 16а корпуса являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей.

Источниками зажигания в 16а корпусе могут быть короткое замыкание и перегрев ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты. При этом возможно оплавление изоляции. Для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции и кондиционирования воздуха. При постоянном действии эти системы представляют собой дополнительную пожарную опасность.

Разработана инструкция с мероприятий и по обеспечению пожарной безопасности. Такая инструкция ПБ должна быть размещена на каждом рабочем месте.

На рабочем месте запрещается иметь горючие вещества В помещениях запрещается:

- зажигать огонь;
- включать электрооборудование, если в помещении пахнет газом;
- курить;
- сушить что-либо на отопительных приборах;
- закрывать вентиляционные отверстия в электроаппаратуре.

Источниками воспламенения являются:

- искра при разряде статического электричества
- искры от электрооборудования
- искры от удара и трения
- открытое пламя

При возникновении пожароопасной ситуации или пожара персонал должен немедленно принять необходимые меры для его ликвидации,

одновременно оповестить о пожаре администрацию. Помещения с электрооборудованием должны быть оснащены огнетушителями типа ОУ-2.

На стене рядом с местом расположения огнетушителя должна находиться таблица с номерами телефонов экстренного вызова местной и городской пожарной команды [21].

Помещение инженера-лаборанта соответствует нормам пожарной безопасности. В качестве дополнительных мер по предотвращению пожаров предлагается использовать автоматизированные системы оповещения и пожаротушения.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

6.7 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды— это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения—это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в ремонтном цеху необходимо осуществлять сбор (установить контейнеры с обозначенным предназначением), сортировку и прессовку металлолома, огарков с по

следующей транспортировкой в перерабатывающие предприятия. Так же с помощью промышленных пылесборников собрать пыль, и упаковать её и транспортировать на ближайший строительный объект.

Вышедшие из работы лампы, подлежащие переработке, необходимо собирать в коробки (до установленного объема) для транспортировки на перерабатывающее предприятие.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, что бы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов. Абразив после очистки швов направлять в строительную промышленность, вольфрамовые электроды – на изготовление крючков и мормышек для рыбаков.

6.8 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, при остановке работы, обморожениям. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели на газе (с катализатором). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В здании должен храниться трехдневный запас воды на всех сотрудников.

В случае отсутствия электроэнергии должны быть предусмотрены генераторы энергии (на дизеле), а также генераторы, способные поддерживать стабильное питание сварочного оборудования.

В сильные морозы возможен выход из строя транспорта. В гаражном парке должны находиться запасные автобусы и микроавтобусы. Также для перевозки людей в удаленные районы нужно предусмотреть менее габаритные автомобили, способные работать в сильные морозы.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видео наблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Перечень нормативно–технической документации

1. СанПиН 2.2.4.54896 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
4. СП 952-72 Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец.
5. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
7. Трудовой кодекс РФ;
8. ГОСТ 12.2.03278. ССБТ. Рабочее место при выполнении работы сидя. Общие эргономические требования
9. ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
10. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
12. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

Заключение

Проведя анализ современного состояния восстановления поверхностей трения. Был выбран оптимальный способ наплавки для восстановления фильеры гранулятора – аргодуговая наплавка неплавящимся электродом в среде защитных газов. Данный метод показал отличные входные данные для восстановления фильеры гранулятора: хорошая защита наплавляемого металла, относительная дешевизна оборудования, прецизионность процесса.

На основании анализа изношенной части фильеры гранулятора полиэтилена были обозначены основные виды износа. Ориентируясь на эти данные, был подобран и обоснован выбор присадочного материала для аргодуговой наплавки одиночными импульсами. Анализ показал, что есть несколько принципиально разных по составу присадочных прутка, которые подходят для восстановления фильеры по их эксплуатационным свойствам. Однако узнать прочность наплавки на материал фильеры, безвольфрамовый твёрдый сплав, теоретически сложно. Точные данные можно получить в ходе экспериментальной проверки.

После определения методики восстановления была разработана технология для восстановления рабочей поверхности фильеры гранулятора посредством аргодуговой наплавки одиночными импульсами. Расчёт параметров режима и тепло вложения показал, что наплавлять данным методом на фильеру гранулятора можно с высокой точностью за счёт малой порционности присадочного материала.

Расчёт и анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения показал необходимые для исследования вложения. По сравнению с перспективой использования технологии необходимые финансовые вложения не велики.

В разделе социальной ответственности была проанализирована рабочая обстановка в лаборатории. Оценены вредные факторы и предложены средства индивидуальной и коллективной защиты. Оценены проблемы защиты в ЧС и охраны окружающей среды.

Результаты работы в полной мере показывают необходимость продолжения исследований по данной теме, так как экспериментальная проверка и корректировка технологии может найти применение в нефтегазовой отрасли, предоставив возможность восстановления дорогостоящих фильтров.

Список использованных источников

1. Малевский, Н. П. Особенности алмазного шлифования безвольфрамовых твердых сплавов / Н. П. Малевский, С. А. Попов, Н. С. Тарахнов // Вестн. машиностроения. – 1976. – № 12. – с. 53-55.
2. Захаренко, И. П. Рациональное использование сверхтвердых абразивных материалов в инструментальном производстве / И. П. Захаренко. – Киев: Наукова думка, 1979. – 160 с.
3. Кабановский, Л. Н. Качество поверхности безвольфрамовых твердых сплавов при шлифовании алмазными кругами / Л. Н. Кабановский, Ф. П. Смагленко, Л. И. Александрова // Сверхтвердые материалы. – 1987. – № 5. – с. 60-65.
4. Урин, А. М. К вопросу заточки пластин из безвольфрамовых твердых сплавов / А. М. Урин, Я. Л. Фельдштейн // Применение в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении лезвийного инструмента из БВТС и СТМ. – Ташкент, 1977. – с. 53-58.
5. ГОСТ 26530-85 «Сплавы твердые спечные безвольфрамовые. Марки»
6. Пантелеенко Ф. И. Восстановление деталей машин: справочник. – М.: Машиностроение, 2003. – 264 с.
7. Гордынец А. С. Особенности теплового воздействия одиночных импульсов тока при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом / А. С. Гордынец, С. И. Скрипко // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, 19-21 мая 2016 г., Юрга. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – [С. 49-52].
8. Басалай И.А. Повышение износостойкоститехнологичейкой оснастки для производства строительных материалов // Геотехнология: Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2016 г., Тула. –Тула: Изд-во ТГУ, 2016. – 8 с.
9. Патон Б.Е., Гвоздецкий В.С., Дудко Д.А. и др. Микроплазменная сварка. Киев: Наук. думка, 1979. – 248 с.

10. Князьков А. Ф., Вережкин А. В., Князьков С. А. Особенности удержания сварочной ванны в положениях отличных от нижнего. // IV Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения» г. Томск Изд-во ТПУ, – 2008. – С. 323-328.

11. Mamvura T.A. The impact of pipe geometry variations on hygiene and success of orbital welding of brewing industry equipment. // Journal of The Institute of Brewing. – 2017. – №123. – С. 81-97.

12. Lohse M., Trautmann M., Siewert E. Predicting arc pressure in GTAW for a variety of process parameters using a coupled sheath and LTE arc model // Welding in the World. – 2018. – №62. – С. 629-635.

13. Baeva M., Uhrlandt D. Nonequilibrium simulation analysis of the power dissipation and the pressure produced by TIG welding arcs // Welding in the World. – 2019. – №2. – С. 377-387.

Приложение А

Development and technology of hardening of the polyethylene granulator die

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Косогоров Максим Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гордынец А.С.	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федоринова З.В.	к.п.н., доцент		

Introduction

Arc welding, to the widest extent, is suggested utilised for fusion welding. The major remainder; i.e. weld surfacing, is supposed reasonably split into hardfacing and corrosion resistant weld overlay. Economic considerations drive manufacturers to apply high performance weld surfacing processes, such as Submerged Arc Welding (SAW) or Resistance Electro Slag Welding (RESW). Although producing broadly acceptable quality, these processes are specifically limited respectively due to compulsory use of flux (limited out-of-position capabilities), high dilution, or undesirable aspect ratios.

Controlled Gas Metal Arc Welding processes, have been introduced to the industry coping with dilution related issues, e.g. corrosion and thereby partially replacing SAW and RESW. Surfacing applications exist, however, defining zero defect criteria paramount to prevent complicated rework, sustainably assure highest weld surfacing performance and maintaining long-term component durability. Though joined by limited performance in arc efficiency and weld deposition rate Gas Shielded Tungsten Arc Welding (GTAW) is frequently applied in such cases. To overcome lack of performance, systems have been developed modifying the wire feeding process hereby leading to either cold-wire or hot-wire-GTAW. While the former was early revealing process instabilities and noticeably rather difficult deployable; the latter appeared capable of tackling inconsistencies, mainly, by preheating the wire.

The aim of the present work is to develop a technology for strengthening the polyethylene granulator die.

The objectives of the present work are:

- to analyze the current state of additive process methods and justify the choice of electric arc surfacing;
- develop an additive surfacing process in the pulse mode;
- develop a model of the welding bath;
- suggest welding parameters;
- develop a special installation;

– conduct an experimental test.

The research object is the process of welding with a non-consumable tungsten electrode in argon.

The research methods are the development of the process of additive surfacing of a product with a non-consumable electrode by single pulses..

The practical value of the work lies in the fact that the work uses the method of welding with single pulses with the possibility of regulating the volume and shape of the deposited metal.

Structure and volume of the work

The work has 107 pages (excluding appendix) and consists of introduction, seven basic units, conclusion, reference and appendices. Each unit consists of several logically interconnected chapters followed by a conclusion where we enumerate the results of our work concerning that unit. Our references consist of 13 sources represented by books of Russian and foreign authors.

Main body

1.1 Hot-wire GTA Weld cladding automation

Welding Automation beneficially contributes in raising productivity and efficiency, even when employing single hot-wire GTAW surfacing. Advanced equipment (Figure 1), can be used e.g. for internal and external GTAW cladding application.

Separately feeding two electrically insulated wires to the weld pool produced by one tungsten electrode, successfully increases productivity. Appropriate welding torches suitable for automated internal (a) or external (b) hot-wire GTAW weld overlay have been developed for industrial application and overcome ‘single wire’ limitations. Applying such equipment allows to economically weld clad heavy components and simultaneously meet highest quality requirements; i.e. ‘zero defect’ criteria along with providing low dilution ratios [1].



Figure 1 – Endless Torch Rotating ETR GTAW cladding systems lined up for internal borehole GTA weld cladding

1.2 Multi-cathode GTAW

Increasing GTAW performance or weld deposition rate is regularly joined by increasing weld current, rising arc force or arc pressure, respectively [2]. The latter again is susceptible to cause weld defects, such as undercut or bead humping. To cope with these limitations Yamada in the late 1990’s [3] developed and patented a novel high-efficiency GTAW method. Both electrodes, independently operated by two power

supplies and electrically insulated to each other are paired in one weld torch. Feeding hot-wire to the weld pool allows for increased weld performance; i.e. weld deposition rate e.g. in producing large 9 % Ni-steel storage tanks [20]. Electrode geometry and adjustment are stated among the specifics of this method. Multi-cathode GTAW, Figure 3a, has early been tested to improve both process efficiency and weld quality.

Norrish describes multi-cathode GTAW capable of significantly increasing weld travel speed and, by elongating the weld pool, preventing weld defects such as undercut. Figure 3b plots weld travel speed over current in deploying single and multi-cathode GTAW. Considerable differences become noticeable through beneficially raising the number of cathodes. Undesirable but possible arc deflection between the electrodes is overcome by e.g. employing high-frequency pulsing or magnetic arc stabilisation [4].

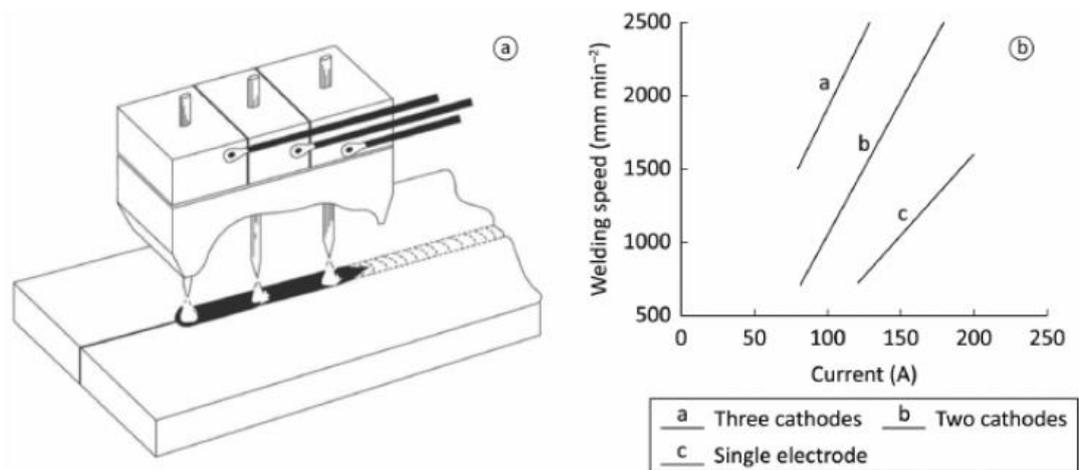


Figure 2 – Schematic multi-cathode GTAW and comparison of weld travel speed. Note for (b) complete penetration weld application of AISI 304 stainless steel wire (\varnothing 1.2 mm)

1.3 The arc shapes and droplet transfer process

The arc shapes under different constraint conditions and different shielding gas flow rates are studied. The arc shapes are shown in figure 3, and the high-speed images of the droplets transfer and arc plasma behaviors are presented in figure 4.

Figure 4 shows the arc shapes under different constraint conditions and different shielding gas flow rates. Figure 3 (a) shows the arc shapes without the

ceramic nozzle. It can be found that the arc length and outline of arc increased gradually with the gas flow rate increasing from 4 L/min to 8 L/min, however the arc did not reach to the substrate. When the gas flow rate exceeded 10 L/min, the burning arc transfer was unstable due to the turbulence of the shielding gas [8].

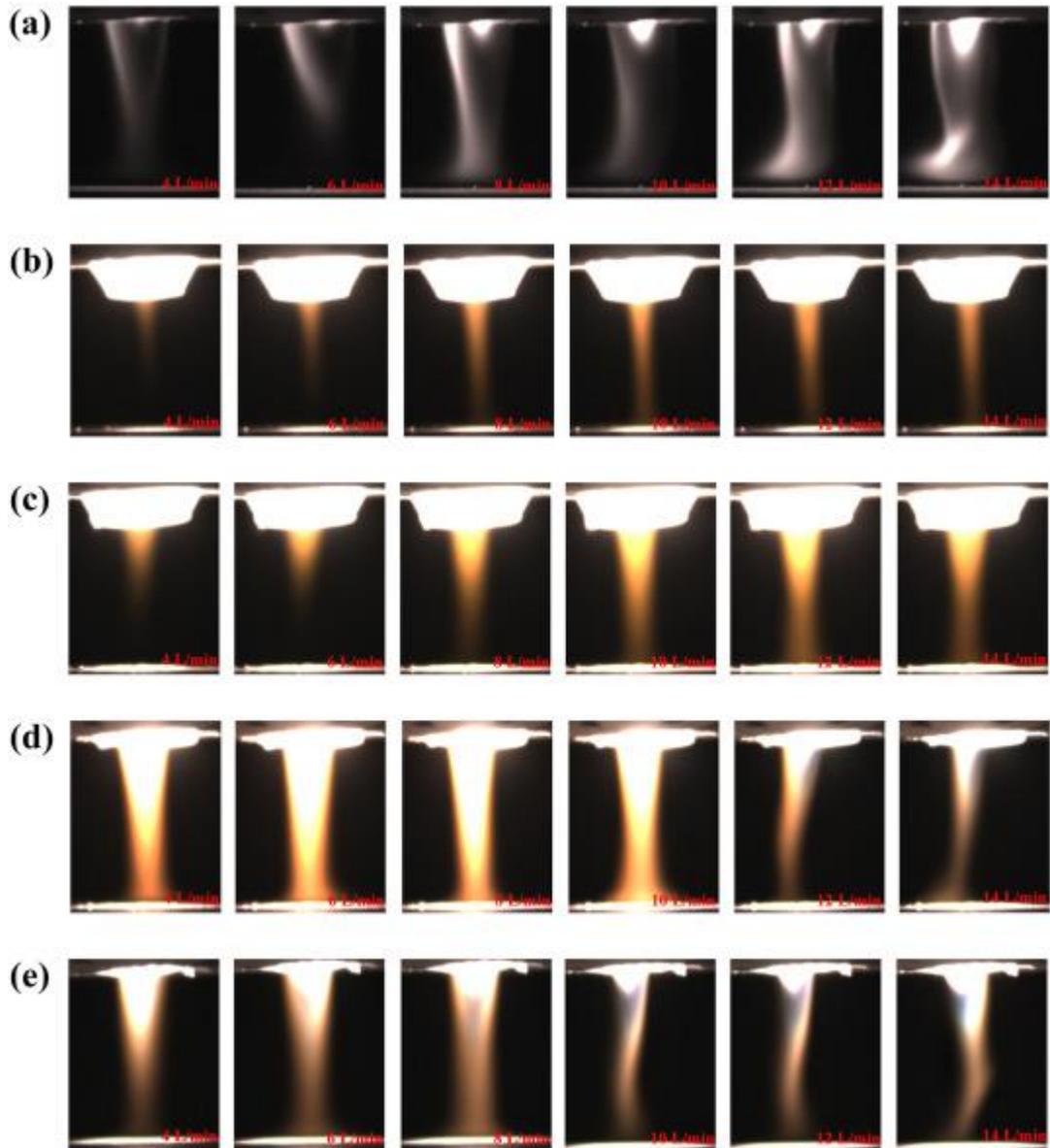


Figure 3 – The arc shapes under different constraint conditions and different shielding gas flow rate. (a) The arc shapes without the ceramic nozzle, (b) the arc shapes under 3 mm ceramic nozzle, (c) the arc shapes under 4 mm ceramic nozzle, (d) the arc shapes under 5 mm ceramic nozzle, (e) the arc shapes under 6 mm ceramic nozzle [9]

Figure 3 (b) and figure 3 (c) show respectively the arc shapes with a 3 mm diameter ceramic nozzle and a 4 mm diameter ceramic nozzle under different shielding

gas flow rate. As the gas flow rate increased, the arc length and stiffness increased, and the arc dispersed phenomenon was not obvious. However, due to the small diameter of the nozzle, the arc might reach to a small part of the substrate, which would not guarantee the melted droplets achieve continuous insulated and metallurgical bonding strength. Figure 3 (d) shows the arc shapes with a 5 mm diameter ceramic nozzle. In the case of the smaller shielding gas flow rate, there were more arc ejected from the ceramic nozzle, and the touching area between the arc and substrate was larger and the burning arc was stable. When the gas rate flow exceeded 12 L/min, the arc was strongly interfered by the shielding gas and became unstable. Figure 3 (e) shows the arc shapes with a 6 mm diameter ceramic nozzle. Compared with ceramic nozzles of other diameters, the restriction effect of 6 mm diameter nozzle was reduced. When the gas flow rate was less than 8 L/min, the arc stiffness was better and the arc was stable. What's more, the arc diameter was slightly larger than the nozzle diameter. When the shielding gas flow rate exceeded 10 L/min, the arc shapes was greatly affected by the flow rate and tended to disperse.

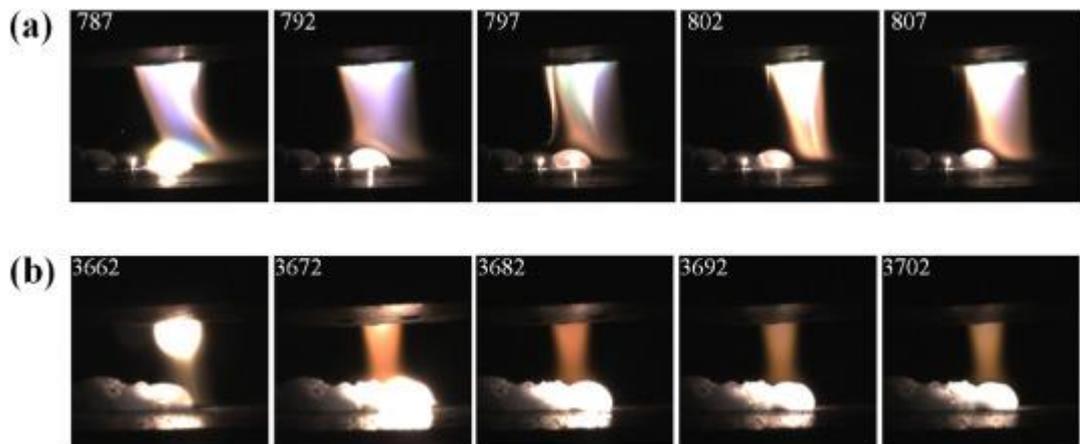


Figure 5 – The high-speed images of the droplets transfer and arc plasma behaviors.
 (a) The droplet transfer process and arc plasma behaviors (without ceramic nozzle),
 (b) The droplet transfer process and arc plasma behaviors (with 5 mm ceramic nozzle and air flow rate 6 L/min) [9]

Through the above analysis, it can be found that when the nozzle diameter is 5 mm or 6 mm with the shielding gas flow rate varies from 4 L/min to 8 L/min, the arc shape is stable, and the substrate and melted droplets can be heated continuously to ensure satisfactory metallurgical bonding strength.

Figure 4 shows the droplets transfer proceedings with or without ceramic nozzle. Numbers on the left top corner of each figure indicate the number of frames and different frame intervals for the two forming processes were selected to show more details. As shown in figure 4 (a), because there was no constraint effect of the ceramic nozzle, the arc was poorly constrained and the its stiffness was poor. In addition, the arc was significantly affected by the shielding gas flow, and there was obvious dispersion and swing, which cannot effectively provide additional heat input to the droplets and the substrate, therefore, the outline between the droplets can be clearly seen. As shown in figure 4 (b), under the effect of mechanical compression of the ceramic nozzle, the stiffness of the arc increased significantly and the restraint became better, the melted droplets were under the protection of the constricted and vertically arc during the entire transfer process, and the liquid droplets can be continuously heated and insulated, and the Droplets transfer trajectory was less affected by arc interference, and the droplet transition was stable. The substrate was also subject to good thermal effects, thereby ensuring an effective metallurgical bond between the additive manufacturing layers. In addition, the presence or absence of ceramic nozzles, there was no significant effect on the droplets transition frequency. After calculation, the droplets transition frequencies are 1.651 Hz with a ceramic nozzle and 1.629 Hz without a ceramic respectively.

Conclusion

Single-cathode gas tungsten arc (GTA) hot-wire weld cladding employing two wires of \varnothing 1.2 mm and typical UNS N06625 chemistry was found reliably leading to weld results safely meeting industrial requirements.

A novel dual-cathode gas tungsten arc welding (GTAW) system was compared with the results obtained from single-cathode GTA weld cladding.

Although not quantitatively approved in this investigation the reduced arc pressure is supposed the major factor in dropping the depth of penetration when employing dual-cathode GTA weld cladding, hereby considerably reducing the dilution ratio vs. single-cathode GTA weld cladding of similar amount of weld current.

Приложение Б

Комплект технологической документации

