



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.04.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Машины и технологии сварочного производства</u>
Специализация	<u>Машины и технологии сварочного производства</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Формирование сварного шва при сварке двухслойных «феррито-перлитная+ аустенитная» сталей

УДК 621.791.7.037.053.01

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Сюй Цинфу		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Антоневич О.А.	к.б.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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



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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая 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

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки	15.04.01 Машиностроение
ООП/ОПОП	Машины и технологии сварочного производства
Специализация	Машины и технологии сварочного производства
Отделение	электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.С. Гордынец
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1ВМ11	Сюй Цинфу

Тема работы:

Формирование сварного шва при сварке двухслойных «феррито-перлитная+ аустенитная» сталей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	93-53/с от 03.04.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p><i>Комплект сварных соединений из двухслойных сталей «аустенитная - феррито-перлитная», выполненных различным сочетанием покрытых электродов.</i></p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников 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)</p>	<p>1. Литературный обзор 2. Методика и материалы исследования 3. Экспериментальная часть 3.1. Исследования макроструктуры 3.2. Исследования микроструктуры 3.3. Измерения твердости Заключение</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Титульный лист. Цели и задачи. Материалы и методы. Макроструктура Микроструктура Твердость Заключение</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Английский язык	Щеголихина Ю. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Обзор литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.06.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Сюй Цинфу		

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 ООП/ОПОП Машины и технологии сварочного производства
 Специализация Машины и технологии сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1ВМ11	Сюй Цинфу

Тема работы:

Формирование сварного шва при сварке двухслойных сталей «феррито-перлитная+аустенитная»

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
...

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Сюй Цинфу		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 124 _____ с., _____ 17 _____ рис., _____ 28 _____ табл.,
_____ 35 _____ источников.

Ключевые слова: сварка, макроструктура, микроструктура, аустенит, феррито-перлитная структура, мартенсит, металлография, твердость.

Объектом исследования являются образцы сварных соединений из двухслойных сталей «аустенитная - феррито-перлитная», выполненных различным сочетанием покрытых электродов.

Цель работы – изучение структуры сварного шва, формирующегося при ручной дуговой сварке покрытыми электродами различного состава труб из двухслойных сталей «аустенитная – феррито-перлитная».

В ходе работы проводились исследования структуры сварного шва, формирующейся при использовании покрытых электродов различного состава для сварки двухслойных сталей «аустенитная – феррито-перлитная».

В результате исследования на основании полученных данных в работе

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Низкая стоимость, коррозионная стойкость

Область применения: Нефтепровод

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Двухслойная сталь (Композитная доска) – композитная конструкция, состоящая из низкоуглеродистой высокопрочной стали и аустенитной нержавеющей стали.

XRD-Рентгенодифракционный анализ

СЭМ (SEM) – Сканирующий электронный микроскоп

EDS– Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

HV – Микротвердость

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 10885-85. Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионностойкая. Технические условия.

ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.

ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Анतिकоррозионная защита.

ГОСТ 12.3.003–86. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда работы электросварочные Требования безопасности.

ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.038-82* «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда.

ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Система стандартов безопасности труда.
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.035–81. Система стандартов безопасности труда.
Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.

ГОСТ 12.4.250-2019. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования.

ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Антискоррозионная защита.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	17
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	20
1.1 Трубопроводы	20
1.2 Применение низкоуглеродистых высокопрочных сталей	21
1.3 Применение коррозионностойких сталей	22
1.4 Двуслойные стали	22
1.5 Сварочные характеристики двухслойной стали	24
1.5.1 Влияние состава материала на качество сварки	25
1.5.2 Влияние физических свойств материала на качество сварки	25
1.5.3 Принципы процесса сварки плакированных листов из коррозионностойкой стали	26
1.6 Характеристики сварки аустенитной нержавеющей стали	26
1.7 Способы сварки аустенитной нержавеющей стали	29
1.7.1 Сварка в среде инертного газа	29
1.7.2 Плазменная сварка	29
1.7.3 Импульсная ручная дуговая сварка	30
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
2.1 Методика выполнения сварных соединений	31
2.2 Методы металлографического исследования структуры	33

2.2.1 Подготовка металлографических образцов	33
2.2.2 Металлографический анализ	34
2.2.3 Анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа	35
2.2.4 Рентгеноструктурный анализ	36
2.2.5 Измерение микротвердости	37
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	38
3.1 Исследования макроструктуры	38
3.2 Исследования микроструктуры	39
3.3 Измерения твердости	44
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	47
4.1 Предпроектный анализ	47
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	47
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
4.2 Быстрый анализ	49
4.2.1 Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом	49
4.2.2 Определение значимости выполняемых функций объектом	51
4.2.3 Определение значимости функций	55

4.2.4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования	57
4.2.5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ	61
4.2.6 Оптимизация функций, выполняемых объектом	61
4.3 SWOT – анализ	62
4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	64
4.5 Методы коммерциализации результатов научно технического исследования	67
4.6 Инициация проекта	67
4.7 Планирование управления проектом	69
4.7.1 Структура работ в рамках научного исследования	69
4.7.2 Определение трудоемкости выполнения работ	71
4.7.3 Разработка графика проведения научного исследования	73
4.8 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты	79
4.9 Расчет фонда заработной платы	80
4.10 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	85
4.10.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	85
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	91
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	91

5.2 Производственная безопасность	92
5.2.1 Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего	94
5.2.2 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов	95
5.2.3 Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	96
5.2.4 Повышенный уровень локальной вибрации	101
5.2.5 Чрезмерное загрязнение воздушной среды	102
5.2.6 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего	103
5.2.7 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)	103
5.2.8 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума)	104
5.3 Экологическая безопасность	104
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований, и ЧС, которые могут произойти на рабочем месте	105
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	110
Приложение А(справочное)	113

ВВЕДЕНИЕ

С непрерывным развитием общества и экономики и непрерывным прогрессом науки и техники применение новых материалов, новых процессов и нового оборудования становится все более и более обширным и люди предъявляют все более высокие требования к комплексным характеристикам материалов. Первичный показатель заключается в том, чтобы сосредоточиться на энергосбережении и снижении потребления с последующим повышением безопасности и срока службы, на этой основе добиться общего обновления функциональности конструкции или оборудования [1-2]. В практических приложениях одному материалу трудно удовлетворить сразу двум требованиям: высокой эксплуатационных характеристик и низкой стоимости, которые необходимы для промышленного производства [3-5]. Поэтому возникла технология изготовления трубопроводов из низколегированных сталей с внутренним эмалевым покрытием и вставкой из нержавеющей стали в зоне стыков. Таким образом в зоне сварного соединения формируется двухслойная сталь из разнородных по свойствам материалов [6-9].

Аустенитная нержавеющая сталь обладает преимуществами очень хорошей пластичности и ударной вязкости и широко используется в нефтехимии, автомобилестроении, судостроении и биомедицине [10]. Низкоуглеродистая сталь обладает отличными механическими свойствами, способностью к холодной обработке и свариваемостью, широко применяется в строительных конструкциях и имеет относительно невысокую цену [11].

Композитная конструкция из низкоуглеродистой стали вместо части нержавеющей стали позволяет снизить себестоимость изготовления, тем самым расширив область ее применения.

Однако, двухслойная сталь типа низкоуглеродистая-аустенитная требует особого подхода при сварке. Ввиду формирования хрупкой межфазной микроструктуры происходит снижение механических свойств сварного соединения.

Аустенитная нержавеющая сталь является термочувствительным материалом, который более склонен к термическим трещинам при сварке. В то же время некоторые физические свойства малоуглеродистой стали и аустенитной нержавеющей стали существенно различаются, например, коэффициент линейного расширения и теплопроводность, что приводит к большим напряжениям на границе раздела после нагрева.

В настоящее время для соединения двухслойных сталей разработан ряд сварочных материалов переходного состава. Однако, характер формирования структур в зоне перемешивания низколегированной и высоколегированной сталей не достаточно изучен.

Поэтому целью работы является изучение структуры сварного шва, формирующегося при ручной дуговой сварке покрытыми электродами различного состава труб из двухслойных сталей «аустенитная – феррито-перлитная».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить литературный обзор существующих способов сварки двухслойных сталей «аустенитная – феррито-перлитная».
2. Подобрать сварочные материалы для выполнения экспериментальных образцов сварных соединений труб из двухслойных сталей.
3. Провести эксперименты по ручной дуговой сварке труб из двухслойных сталей 09Г2С-12Х18Н10Т покрытыми электродами различного состава.
4. Провести металлографическое исследование полученных сварных соединений.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Трубопроводы

С быстрым развитием сегодняшней мировой экономики нефть стала не только упором национальной энергетической безопасности, но и упором конкуренции мировой энергетической стратегии. Поскольку энергетическая безопасность является важным стратегическим вопросом, связанным с национальным экономическим развитием и национальной безопасностью, она привлекла широкое внимание во всех странах мира. Поэтому нефть называют «кровью экономики».

Нефтяная и газовая промышленность ценится странами всего мира как важная основа национального экономического развития. Россия – богатая энергоносителями страна, и экспорт энергоносителей является основным источником российской экономики. Поэтому особенно важно искать недорогие способы транспортировки нефти. Трубопроводный транспорт, несомненно, лучший способ, по сравнению с железнодорожным транспортом. Трубопроводный транспорт имеет больший объем перевозок, более высокую безопасность и лучшую экономичность, так как инвестиции в его строительство составляют лишь 1/2 от инвестиций в строительство железных дорог, и стоимость перевозки составляет всего 1/3 стоимости железной дороги. Особенно в последние годы резко возросли доказанные запасы нефти, что привело к существенному увеличению прокладки нефтепроводов.

1.2 Применение низкоуглеродистых высокопрочных сталей

Большая часть нефтегазовых ресурсов России распределена в отдаленном сибирском регионе с суровыми природными условиями, который проходит через тундру[12]. Поэтому передача под высоким давлением и суровые условия предъявляют к трубопроводам строгие требования к техническим характеристикам. На основе всесторонней оценки тенденций развития нефтегазопроводов, условий эксплуатации трубопроводов, основных видов отказов и причин отказов основными эксплуатационными требованиями к стали для трубопроводов являются: высокая прочность, высокая ударная вязкость, отличная свариваемость и коррозионная стойкость.

Исходя из соображений безопасности, технология нефте- и газопроводов становится все более и более жесткой, особенно в отношении повышения требований к ударной вязкости материалов. Поэтому было принято много мер в составе стали и процессах плавки, литья, прокатки, и т. д., такие как контроль примесей кислорода, водорода, азота и серы. С точки зрения состава: низкое содержание серы и высокое содержание марганца. Другим примером является использование принципа дисперсионного упрочнения для производства трубопроводной стали с мелким зерном, высокой прочностью, высокой ударной вязкостью и низкой температурой вязко-хрупкого перехода и т. д.[13]

1.3 Применение коррозионностойких сталей

Нефтегазопроводы в процессе эксплуатации неизбежно подвергаются изменениям геологической среды и вредных сред в нефти и газе, что приводит к коррозии и повреждениям. Поэтому в состав стали добавляют большое количество легирующих элементов, таких как никель и хром, для образования однофазной аустенитной структуры, благодаря чему достигается эффект коррозионной стойкости.

1.4 Двуслойные стали

Двуслойная сталь является уникальным материалом, который не только относится к классу биметаллов, что подразумевает включение конструкционной стали в основном слое и плакирующий слой который является коррозионностойким. Данные стали прекрасно сочетают в себе как необходимые механические свойства, так и обеспечивает нужную нам защиту от коррозии.

Основными показателями качества двухслойного проката, определяющими его технологичность при изготовлении оборудования и эксплуатационные свойства изделия, являются сплошность и прочность соединения слоев, а также специальные свойства плакирующего слоя (коррозионная стойкость, износостойкость и др.). В настоящее время в России требования к листовым двухслойным сталям регламентируются ГОСТ 10885-85, ориентированном на биметалл, получаемый по схеме пакетной прокатки. Возрастающие потребности в высокопроизводительном

оборудовании для нефтегазоперерабатывающих и химических производств, работающем в самых экстремальных условиях (высокие и низкие температуры, давление, действие агрессивных сред, циклические нагрузки), вызывают необходимость применения надежных биметаллов, обеспечивающих соблюдение требований.

Для обеспечения амортизационного срока службы достаточен слой коррозионностойкого материала толщиной в несколько миллиметров, а для обеспечения условий прочности нужна стенка значительной большей толщины.

Применение двухслойных металлов кроме экономии дефицитных металлов и сплавов даёт возможность получить такое сочетание нужных свойств, которого нельзя достичь при использовании какого-либо одного металла.

Наиболее широкое использование получили двухслойные стали с плакирующим слоем из аустенитных хромоникелевых сталей 08X18H10 и 12X18H10, стабилизированных титаном или ниобием, а также хромистой ферритной стали 08X13 и хромоникелевой стали с молибденом (10X17H13M2T).

Способность плакирующего слоя двухслойной стали противостоять коррозии в той или иной среде определяет области ее применения. Сталь 12X18H10T относится к сталям для применения в средах средней агрессивности. Сталь способна к сопротивлению с органическими кислотами

и такого рода кислот как фосфорная, азотистая. к растворам многих солей и щелочей, морской воде, влажному воздуху; неустойчивы в соляной, серной, плавиковой, горячей фосфорной, кипящих органических кислотах. Сама по себе сталь достаточно хорошо выдерживает коррозия [14].

1.5 Сварочные характеристики двухслойной стали

Стальной лист, плакированный нержавеющей сталью, состоит из двух слоев стальных листов с различными свойствами, полученных в результате специального производственного процесса, и имеет свои особенности при сварке:

- основной слой должен соответствовать требованиям прочности сварной конструкции, а плакирующий слой, контактирующий с рабочей средой, должен соответствовать требованиям коррозионной стойкости;
- для основного слоя необходимо избегать увеличения содержания таких сплавов, как хром и никель. Из-за увеличения содержания хрома и никеля в основном шве будет образовываться твердая и хрупкая структура, склонная к растрескиванию и влияет на прочность сварного шва;
- для плакирующего слоя необходимо предотвратить миграцию углерода из основного слоя в него, разбавить химический состав плакирующего шва, чтобы уменьшить состав аустенита и значительно снизить коррозионную стойкость плакирующего слоя.

1.5.1 Влияние состава материала на качество сварки

Химический состав основного слоя и плакирующего слоя двухслойной стали сильно различается, что создает следующие трудности при сварке плакированного стального листа:

- химический состав сварного шва при плакирующем слое легко разбавляется основным слоем;
- легко создать слой науглероживания с высокой твердостью и слой обезуглероживания с низкой твердостью, вызванный миграцией углерода на стыке базового слоя и плакирующего слоя;
- в зоне сплавления легко получить затвердевшую и хрупкую структуру [15].

1.5.2 Влияние физических свойств материала на качество сварки

Существует большая разница в физических свойствах между плакированным слоем и основным слоем двухслойной стали.

Как правило, теплопроводность аустенитной нержавеющей стали составляет около $1/3$ от теплопроводности углеродистой стали, но коэффициент линейного расширения намного больше, чем у углеродистой стали. По мере повышения температуры разница в расширении соответственно увеличивается [16]. Следовательно, во время процесса сварки из-за большой разницы в коэффициентах линейного расширения двух металлов усадка при охлаждении между двумя металлами разная, что вызывает большое напряжение при сварке, а в тяжелых случаях возникают

сварочные трещины[17].Если сварное соединение подвергается циклическим термическим циклам, возникают знакопеременные термические напряжения, вызывающие его преждевременное разрушение из-за усталости.

1.5.3 Принципы процесса сварки плакированных листов из коррозионностойкой стали

1. Электроды из углеродистой или низколегированной стали нельзя использовать для сварки высоколегированных материалов.

2. При сварке плакирующего слоя следует использовать меньшую подводимую энергию, чтобы предотвратить проникновение основного слоя в плакирующий слой и возникновение дефектов сварки.

3. При сварке плакирующего слоя для уменьшения зоны термического влияния и уменьшения степени разбавления сплава следует использовать небольшой ток.

4. В зависимости от свариваемости материала основное внимание следует уделять слою с плохой свариваемостью (аустенитная нержавеющая сталь).

1.6 Характеристики сварки аустенитной нержавеющей стали

Аустенитная нержавеющая сталь обладает очень хорошей пластичностью и ударной вязкостью. По сравнению с другими конструкционными сталями аустенитная нержавеющая сталь более склонна к образованию горячих трещин при сварке, в основном к кристаллизационным

трещинам, а также могут возникать трещины горячие легкоплавких. Это связано с характеристиками самой аустенитной нержавеющей стали:

- аустенитная нержавеющая сталь имеет небольшую теплопроводность и большой коэффициент линейного расширения. Под действием теплового цикла сварки в соединении легко возникают большие растягивающие напряжения;

- состав сплава аустенитной нержавеющей стали является сложным, примесные элементы, такие как S, P, Sn, Pb, и элементы с ограниченной растворимостью, такие как Nb и Si, могут образовывать легкоплавкие эвтектические жидкие пленки, что приводит к образованию горячих трещин при сварке;

- аустенитная нержавеющая сталь легко кристаллизуется взаимной кристаллизацией, образуя столбчатую структуру зерен с сильной направленностью, что создает условия для образования межкристаллитной пленки жидкости [18].

Микроструктура сварного шва оказывает очень важное влияние на восприимчивость аустенитной нержавеющей стали к образованию горячих трещин, которая зависит от режима затвердевания жидкого металла и сплава сварного шва. Среди четырех режимов затвердевания сплава сплав, затвердевший в режиме F или A, имеет однофазную структуру δ -феррита или однофазную структуру γ -аустенита, а зерна являются крупными, что легко вызывает сегрегацию элементов, тем самым увеличивая склонность к горячему растрескиванию; Когда режим затвердевания сплава является AF,

количество δ -фазы ограничено, чего недостаточно, чтобы препятствовать росту дендритов первичной γ -фазы, а также будут образовываться грубая дендритная структура и сегрегация, тенденция к горячему растрескиванию тоже большая; Только при режиме затвердевания сплава FA первичная δ -фаза имеет червеобразную форму, что играет важную роль в сдерживании развития дендритов γ -фазы, тем самым измельчая зерна и снижая сегрегацию элементов, поэтому он имеет самую низкую горячую склонность к растрескиванию [19].

Лу Динъюань [20] показал, что для аустенитных нержавеющей сталей (таких как 0Cr18Ni9Ti) с массовой долей Ni менее 15 % при наличии в сварном шве небольшого количества δ -феррита (около 5 %), сможет значительно улучшить трещиностойкость сварного шва. Это связано с тем, что небольшое количество δ -феррита может предотвратить рост γ -аустенитных зерен в процессе затвердевания сварного шва, нарушить направленность дендритов, улучшить структуру сварного шва, увеличить площадь границ зерен и избежать жидкой пленки. распределение по границе зерна. Таким образом, в определенной степени уменьшаются недостатки низкоплавкой эвтектической фазы. Кроме того, по сравнению с γ -аустенитом δ -феррит обладает способностью растворять больше примесных элементов. Например, растворимость S в твердом состоянии в δ -феррите составляет 0,18 %, а в γ -аустените — всего 0,05 %, растворимость P в твердом состоянии в δ -феррите — 2,8 %, а в γ -аустените — всего 0,05 %. Следовательно, в

сварном шве присутствует небольшое количество δ -феррита, который может уменьшить сегрегацию примесей, таких как S и P.

1.7 Способы сварки аустенитной нержавеющей стали

1.7.1 Сварка в среде инертного газа

Чтобы лучше оптимизировать и улучшить эффект сварки аустенитной нержавеющей стали, идеально подходит сварка в среде инертного газа, которая может эффективно гарантировать качество сварки аустенитной нержавеющей стали, например, сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах является распространенным методом. Применение аргонно-дуговой сварки при сварке аустенитной нержавеющей стали может лучше сформировать аргонный защитный слой, который идеально контролирует состав сварного шва, а также обладает хорошим охлаждающим эффектом, чтобы лучше контролировать источник тепла. сварного шва без чрезмерного удаления шлака, легко реализуемой механизации. Однако работа сварки в среде инертного газа часто сложна, а оборудование относительно сложно, в то же время необходим источник питания для дуговой сварки постоянным током, поэтому трудно сформировать хорошие экономические выгоды [21].

1.7.2 Плазменная сварка

Для сварки аустенитной нержавеющей стали также может использоваться плазменная дуговая сварка, особенно при сварке аустенитной нержавеющей стали толщиной менее 10 мм Эффект применения часто более

заметен. Поскольку плазменная дуговая сварка может образовывать относительно концентрированное тепло в практических применениях, а затем ее можно сваривать без открытия канавок, и присадочный металл не требуется, и он может быть сформирован за один раз, это имеет хорошую практическую ценность. Однако нужна точность технической работы высока, и также требует больших затрат.

1.7.3 Импульсная ручная дуговая сварка

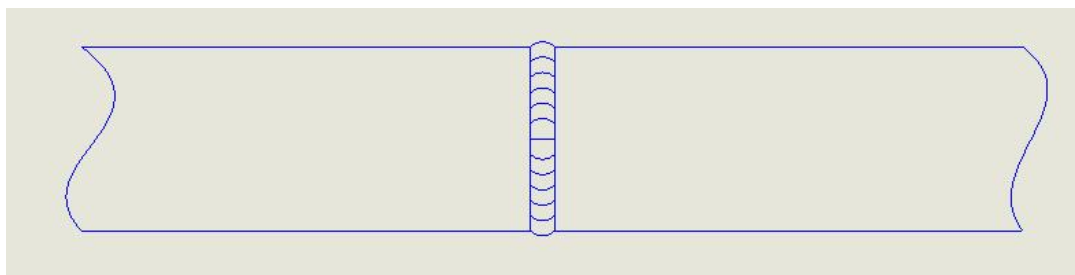
Как относительно зрелый метод сварки, ручная дуговая сварка может дать хороший эффект при сварке аустенитной нержавеющей стали, особенно для аустенитной нержавеющей стали толщиной более 2 мм. При применении ручной дуговой сварки из-за ее высокой температуры возникает серьезная проблема расширения зоны термического влияния и даже деформации из-за чрезмерного остаточного напряжения, что приводит к серьезным проблемам с качеством, поэтому применимость ограничена.

При импульсной сварке ручной дуговой сварке снижается тепловложение, что уменьшает ширину зоны термического влияния, поэтому данный процесс может создать хороший эффект контроля деформации, и его нелегко иметь серьезные проблемы с качеством, поэтому применимость значительно повышается.

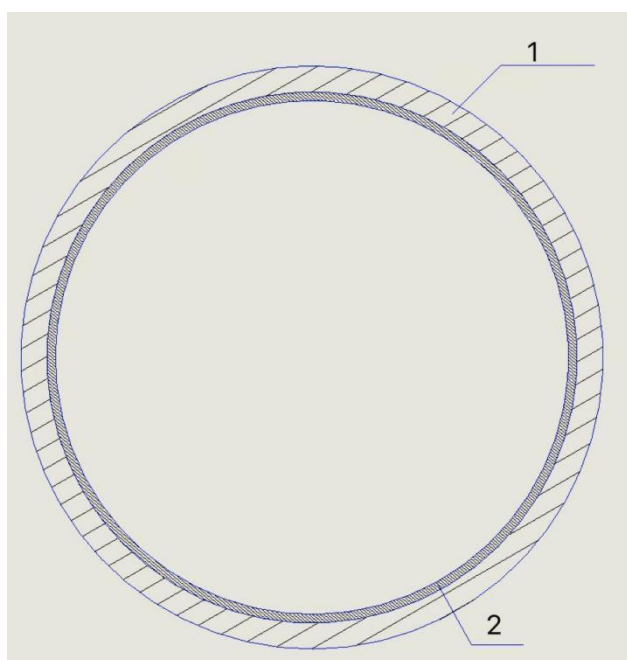
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Методика выполнения сварных соединений

Реальная конструкция сварки в данной работе показана на рисунке 2.1. Внутренний слой трубы - аустенитная нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, наружная труба - сталь 20, которые впоследствии свариваются. Химический состав этих сталей отражен в таблице 2.1.



а



б

Рисунок 2.1. а .Чертеж сборки труб, б. Вид сбоку труб (1 - сталь 20, 2-12Х18Н10Т)

Таблица 2.1- Химический состав Стали 20 и стали 12Х18Н10Т по
ГОСТ 1050-2013

	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
Сталь 20	0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	до 0,25	до 0,0 4	до 0,04	до 0,25	до 0,2 5	до 0,08	~98
12Х18Н10 Т	до 0,12	до 0,8	до 2	9- 11	до 0,0 2	до 0,03 5	17- 19	до 0,3	0,4- 1	~67

В данной работе для сварки композитной пластины используется импульсная ручная дуговая сварка различными электродами. Используемые электроды для заполнения каждого из слоев приведены в таблице 2.2, а химический состав этих электродов — в таблице 2.3.

Таблица 2.2- Выполнение слоев электродами

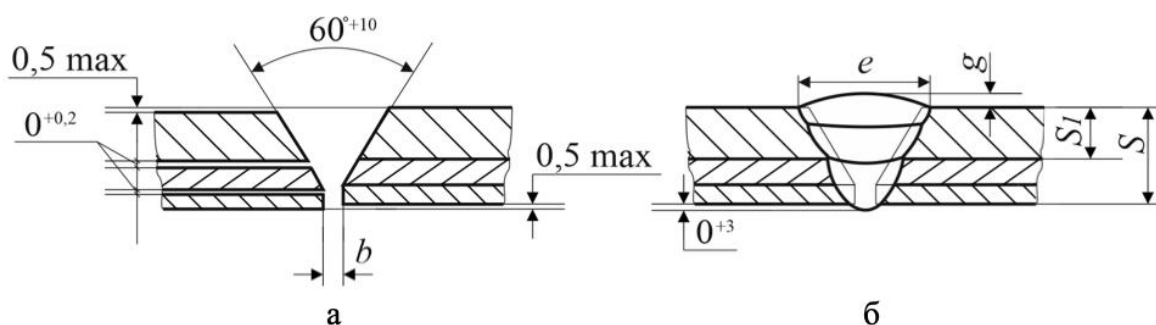
Номер образца	Выполнение слоев электродами		
	1 слой (корень)	2 слой	3 слой
1	ЭА-395/9	LB-52U	LB-52U
2	ЦЛ-9	LB-52U	LB-52U
3	ОК 61.30	ЭА-395/9	LB-52U
4	ОК 61.30	ОК 61.30	LB-52U
5	ЭА-395/9	LB-52U	LB-52U

Таблица 2.3- Химический состав электродов

	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	N	S	P	Nb
ЭА-395/9	0,09	1,2	0,6	25	15,5	5,4	0,12	0,007	0,2	-
ЦЛ-9	0,1	2,2	0,8	12,9	23,2	-	-	0,01	0,02	1,1
ОК 61.30	0,03	0,7	0,9	10	19,3	-	-	-	-	-
LB-52U	0,08	0,86	0,64	-	-	-	-	0,008	0,012	-

Для сварки используется V-образный паз, угол разделки равен 60° .

Форма канавки образца показана на рисунке 2.2.



а – конструктивные элементы стыка, б – конструктивные элементы сварного шва

Рисунок 2.2 – Эскиз сварного соединения.

Параметры режимов сварки показаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Параметры режимов сварки

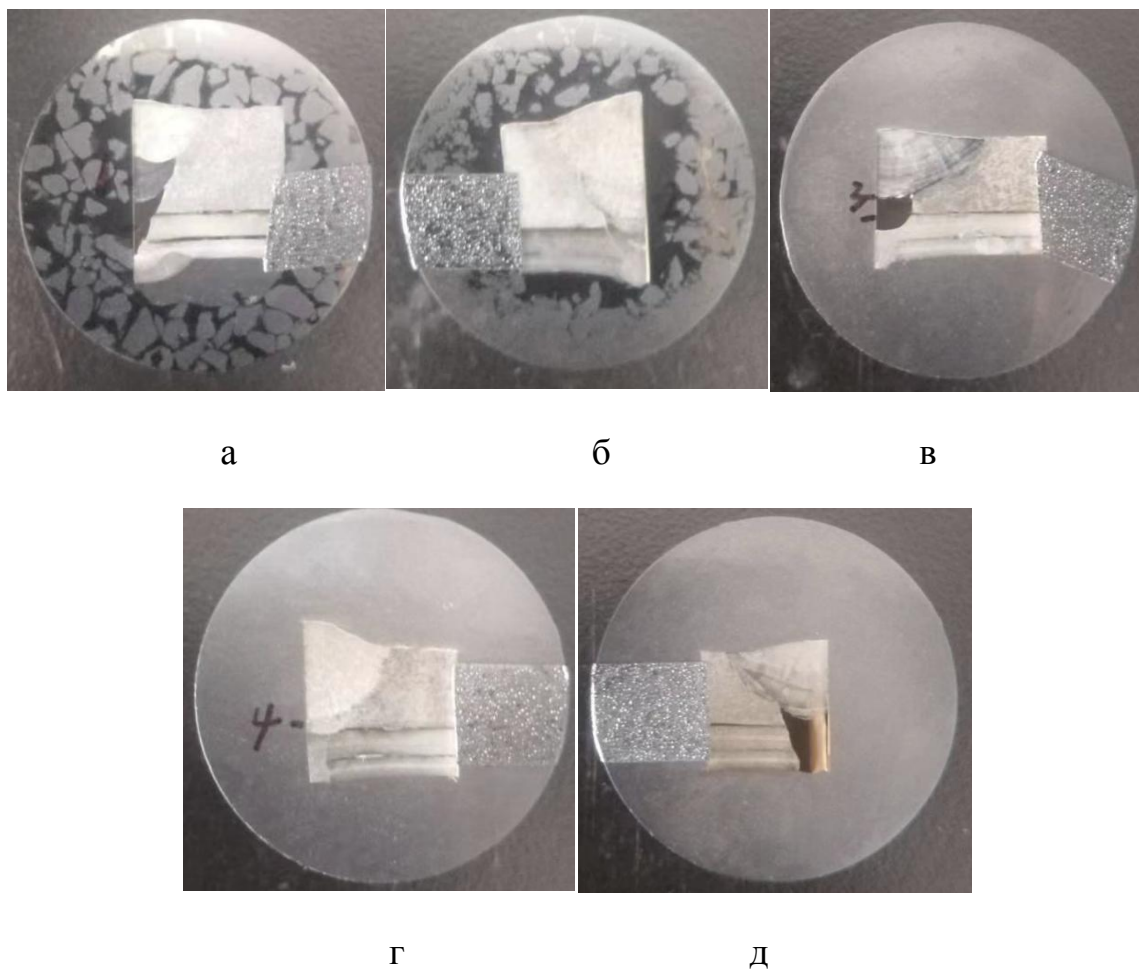
Параметры	Корневой слой шва			Заполняющий слой шва	Облицовочный слой шва
	ЭА-395/9 Ø3,0	ОК 61.30 Ø2,5	ОК 61.30 Ø3,2		
Сила тока, А	75-85	45-50	55-60	90-110	90-110
Напряжение на дуге, В	23-24	22-23	22-23	24-25	24-25

2.2 Методы металлографического исследования структуры

2.2.1 Подготовка металлографических образцов

Образцы размером $10 \times 10 \times 5$ мм вырезались из стыков труб с помощью проволочной электроэрозионной резки. Поверхность полученных образцов полировалась наждачной бумагой различной зернистости. Затем образцы полировались алмазным полировальным составом 2,5 мкм и суспензией SiO_2 50 нм. Для выявления структурных составляющих использовали

химические реактивы: 2% раствор HNO_3 в H_2O , $\text{HCl}:\text{HNO}_3=1:3$. После травления образцы промывались чистой водой и высушивались для дальнейшего исследования. Металлографические образцы показаны на рисунке 2.3.



а – Образец 1, б – Образец 2, в – Образец 3, г – Образец 4, д – Образец 5.

Рисунок 2.3 – Металлографические образцы:

2.2.2 Металлографический анализ

Металлографический микроскоп - это высокотехнологичный продукт, разработанный путем идеального сочетания технологии оптического микроскопа, технологии фотоэлектрического преобразования и технологии компьютерной обработки изображений. Он может легко наблюдать

металлографические изображения на компьютере и анализировать металлографические карты. В данной работе зона сварки наблюдалась с помощью исследовательского цифрового микроскопа (ZEISS imager.a2m) для определения состава межфазной составляющей.



Рисунок 2.4 – Исследовательский цифровой микроскоп (ZEISS imager.a2m)

2.2.3 Анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа

Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) представляет собой метод наблюдения между просвечивающим электронным микроскопом и оптическим микроскопом. Он использует сфокусированный узкий высокоэнергетический электронный пучок для сканирования образца, стимулирует различную физическую информацию за счет взаимодействия между лучом и веществом, а также собирает, усиливает и повторно

отображает информацию для достижения цели характеристики микроскопической морфологии вещества [22]. Сканирующую электронную микроскопию ZEISS evo18 использовалась для наблюдения за зоной сварки, а для анализа состава реакционной фазы использовалась ЭДС энергетического спектра.



Рисунок 2.5 – Сканирующая электронная микроскопия ZEISS evo18

2.2.4 Рентгеноструктурный анализ

Для анализа фазы сварной детали использовался рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO. Ширина его сканирования составляет 20-120°, а скорость сканирования - 4°/мин. Фаза интерметаллического соединения, присутствующая в зоне сварки, обнаруживается для определения интерметаллического соединения, присутствующего на границе раздела.



Рисунок 2.5 – Рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO

2.2.5 Измерение микротвердости

Микротвердость (HV) покрытий и основного металла непосредственно прилегающей к наплавке (2 мм) измеряли на приборе HVS-1000 (ГОСТ 9450-76) с шагом по глубине 200 мкм при нагрузке 0,981 Н.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

3.1 Исследования макроструктуры

При использовании электродов ЦЛ-9 наблюдается повышенная жидкотекучесть расплавленного металла, что не позволяет сформировать корень шва в пространственных положениях, отличных от нижнего.

В виду большой длины электродов ЭА-395/9 происходит перегрев стержня и отслаивание покрытия. Также наблюдается затрудненное формирование шва в положениях отличных от нижнего. При выполнении корневого слоя шва электродами марки ОК 61.30, затруднений не наблюдается.

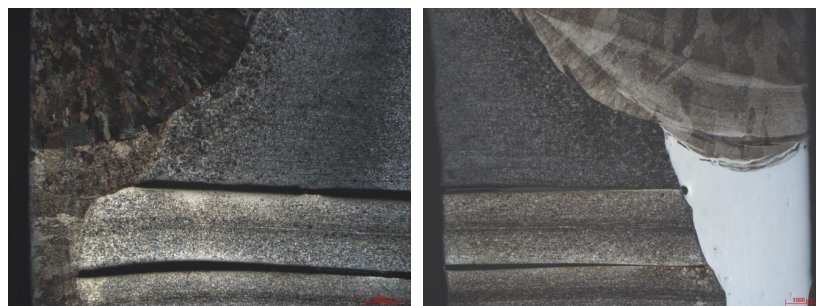
Для металлографических исследований используются участки сварного шва, выполненные в нижнем положении (рисунок 3.1).



а

б

в



г

д

Рисунок 3.1 - Макроструктура поперечного сечения сварных швов исследуемых образцов: а – образец 1, б – образец 2, в – образец 3, г – образец 4, д – образец 5.

При анализе поперечного сечения сварных швов образцов прослеживается формирование различных слоев, которые имеют отличие по цвету при протравливании реактивами $\text{HNO}_3:\text{HCl}=1:3$.

3.2 Исследования микроструктуры

Для удобства описания формирующихся структур сварного шва на рисунке 3.2 представлено их обозначение на примере образца 1.



Рисунок 3.2 - Зоны сварного шва после травления (образец 1)

Облицовочный слой шва всех исследуемых образцов (зона 1) имеет феррито-перлитную структуру (рисунок 3.3), что связано с уменьшением доли участия высоколегированного металла в металле сварного шва, выполненного низколегированными электродами LB-52U.

В зоне 2, имеющей переходный состав за счет увеличения доли участия высоколегированного металла в металле шва, выполненного низколегированными электродами, наблюдается изменение феррито-перлитной структуры (рисунок 3.3). Наблюдается формирование сотовой

структуры, основу которой составляют пластины цементита, проросшие разветвленными кристаллами аустенита, что может быть связано с перераспределением углерода в матрице наплавленного металла.

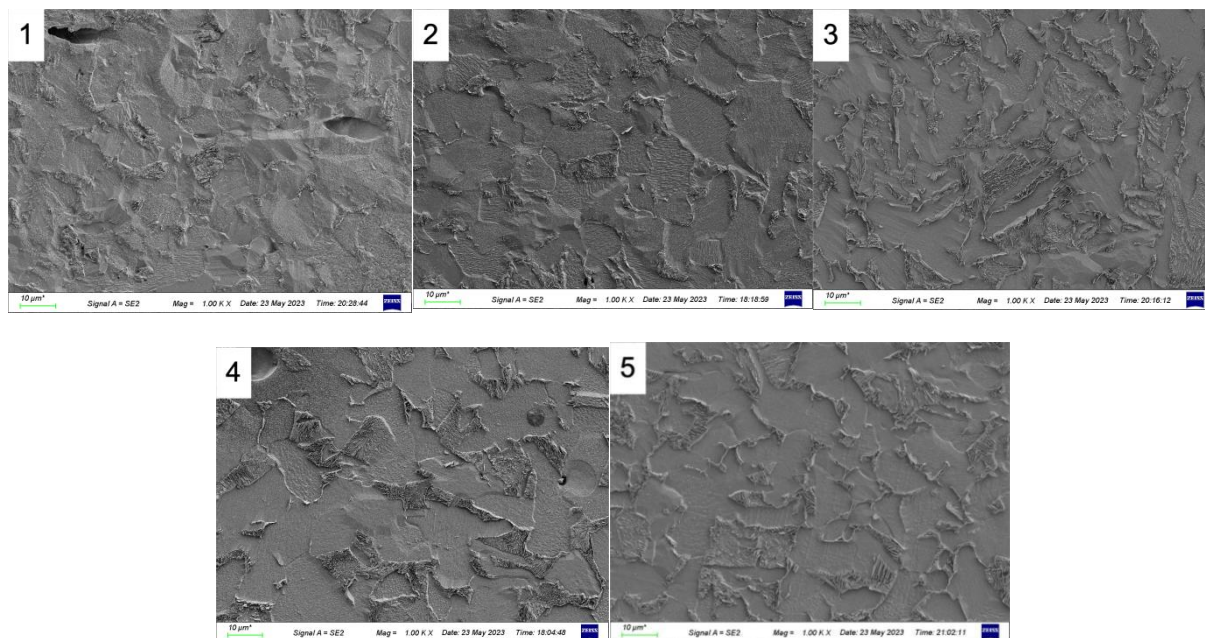


Рисунок 3.3 - Микроструктура облицовочного слоя шва. 1-5 – номера образцов сварных соединений

В зоне 3 сварного шва формируется хрупкая диффузионная прослойка (рисунок 3.4), которая характеризуется двумя типами структур (рисунок 3.4,а,б).

Структурная составляющая, расположенная вблизи границы сплавления с зоной 2 (рисунок 3.4, а), характеризуется распределением очень мелких зернистых карбидов в ферритной матрице. Слабо прослеживается игольчатая форма кристаллов. Мелкие фазы определяются только методом электронной микроскопии (рисунок 3.5). При увеличении в 5000 крат, обнаруживаются карбиды средний размер которых составляет 2 мкм. Матрица металла представляет собой отпущенный сорбит. Структурная

составляющая, расположенная ближе к корневому слою шва в зоне 3 характеризуется игольчатым строением. Микроструктура представляет собою мартенсит (рисунок 3.4).

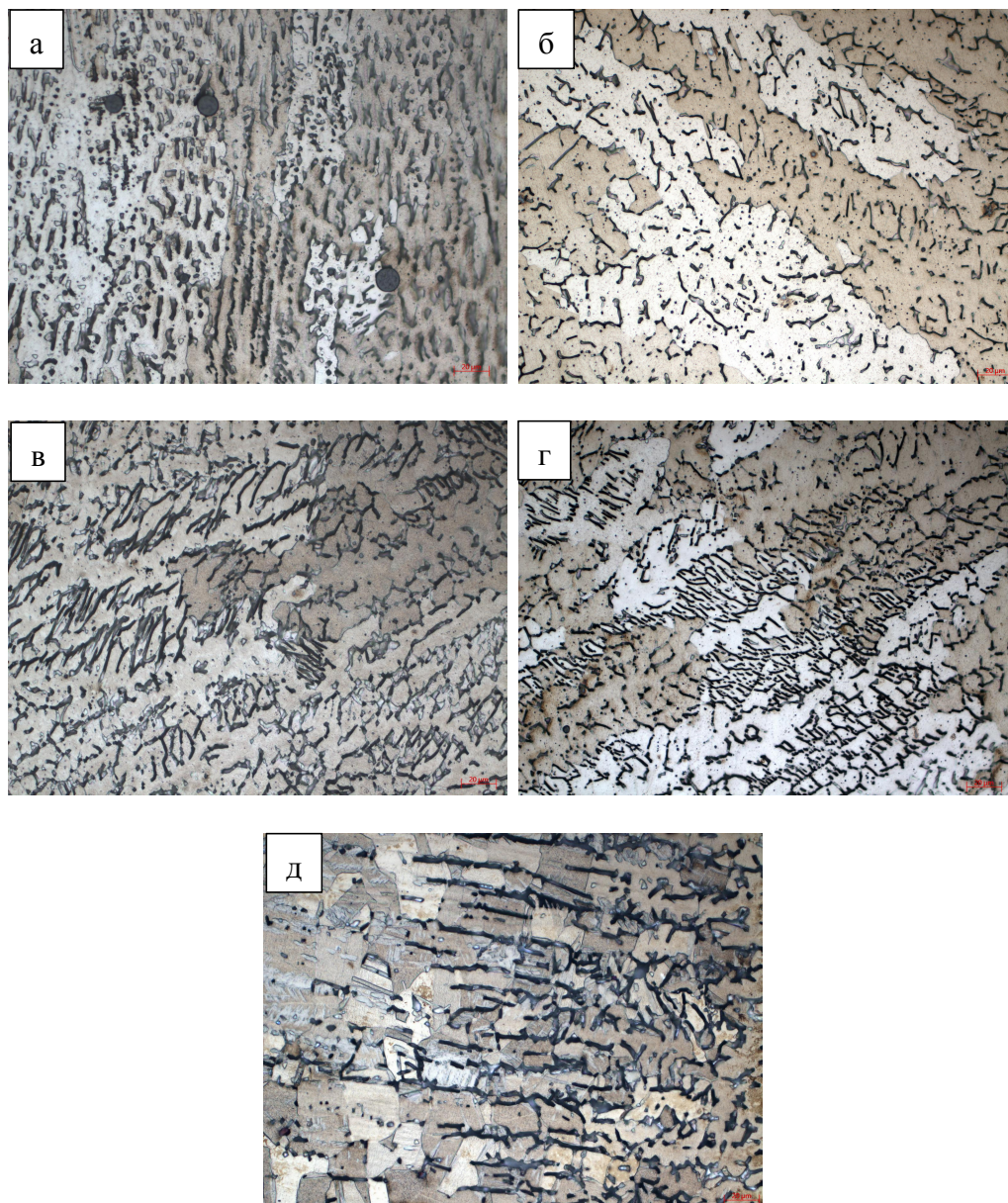


Рисунок 3.3. Микроструктура зоны 2 сварных швов исследуемых образцов:

а – образец 1, б – образец 2, в – образец 3, г – образец 4, д – образец 5.

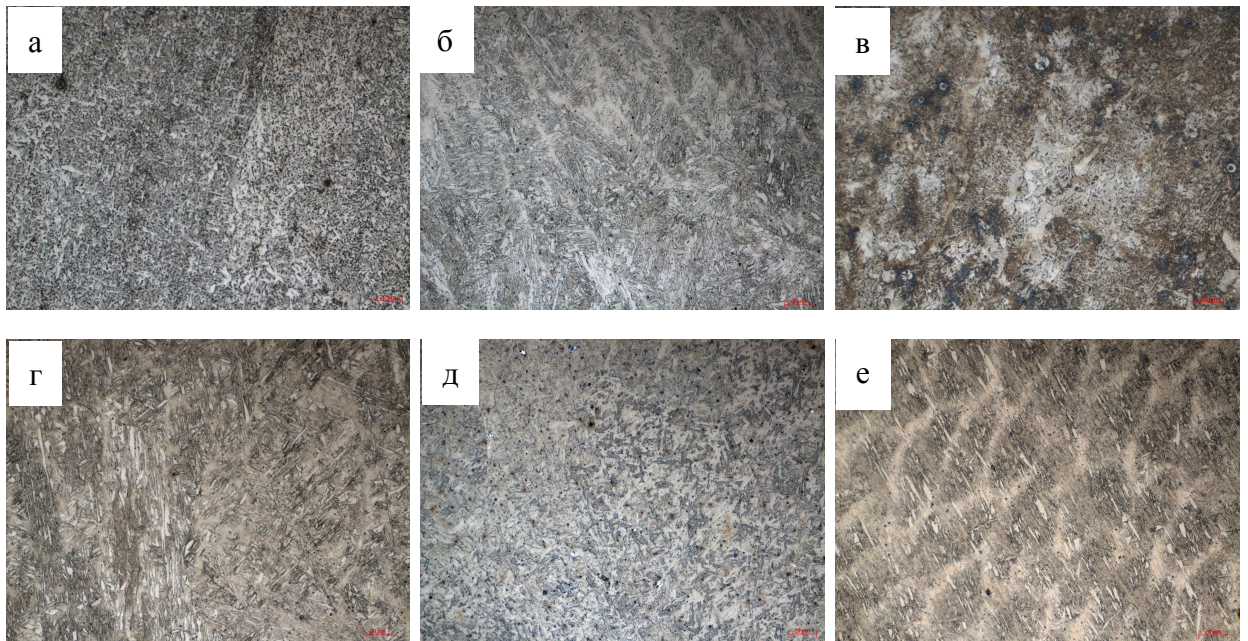


Рисунок 3.4. Микроструктура зоны 3 сварных швов исследуемых образцов:
 а, б – образец 1, в – образец 2, г – образец 3, д – образец 4, е – образец 5.

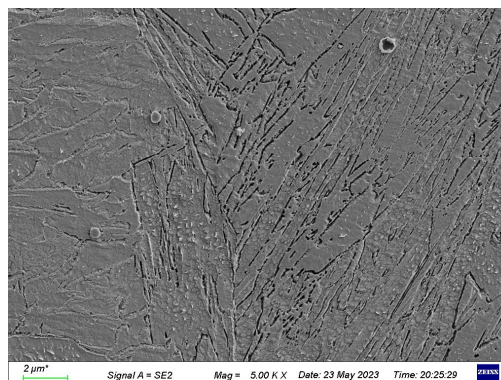


Рисунок 3.5. Микроструктура зоны 3 вблизи границы сплавления с зоной 2,
 полученная методом электронной микроскопии

Формирование мартенситной структуры в зоне 3 подтверждается данными рентгенофазового анализа (рисунок 3.6)

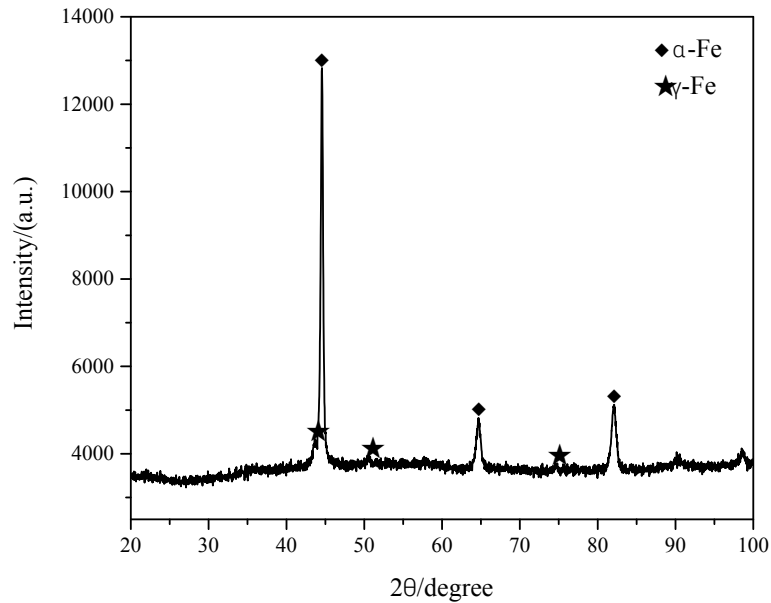


Рисунок 3.6. Рентгенограмма образца 1

Формирование сорбита в верхней части слоя обусловлено термическим нагревом наплавленного металла при наложении следующего прохода и отпуском мартенситной структуры в приповерхностной области.

Зона 4 сварного шва, выполненная аустенитными электродами по аустенитному слою двухслойной стали представляет собой аустенит и ледебурит (рисунок 3.7).

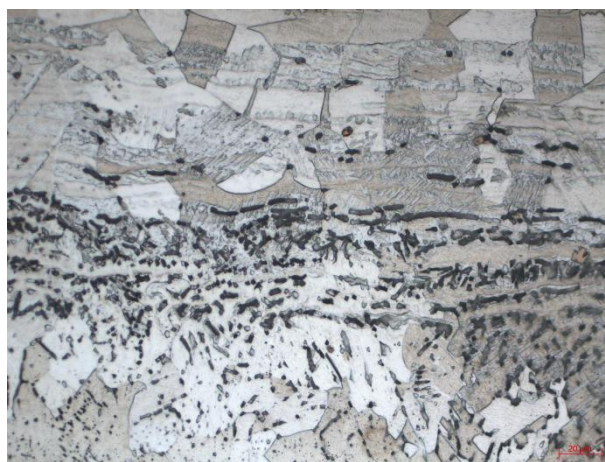


Рисунок 3.7 - Микроструктура зоны 4 сварного шва

Таким образом можно сделать вывод, что при сварке шва второго слоя образуется мелкодисперсная мартенситная структура за счет быстрого остывания шва за счет малого и концентрированного тепловложения. При сварке третьего слоя сварной шов второго слоя повторно нагревают до достижения температуры высокотемпературного отпуска мартенсита, в результате чего образуется отпущенный сорбит.

3.3 Измерения твердости

Микротвердость можно рассчитать по следующей формуле [22]:

$$H = \frac{P_{\max}}{A_c} \quad (1)$$

где H - нанометровая твердость;

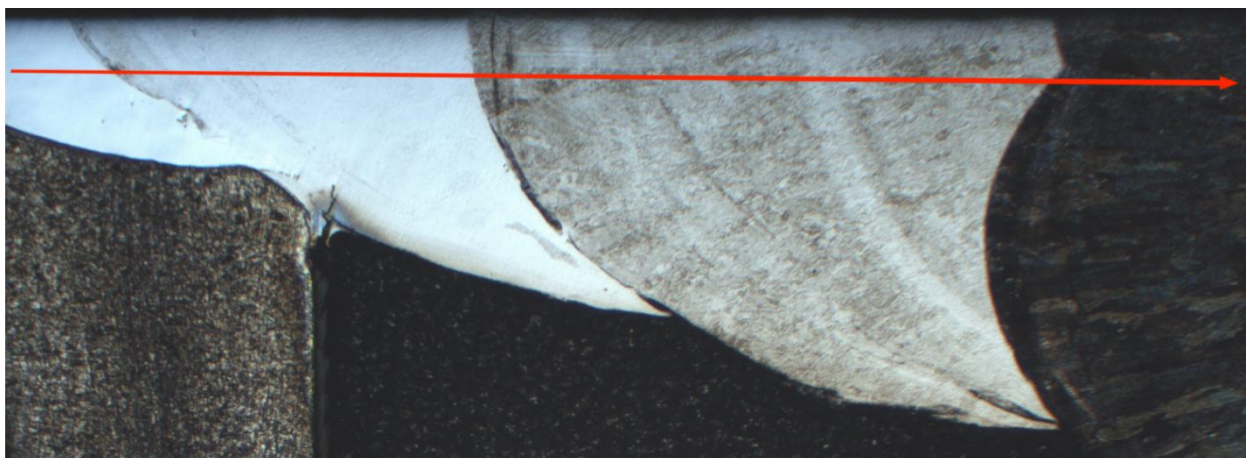
P_{\max} - максимальная нагрузка;

A_c - площадь проекции контакта.

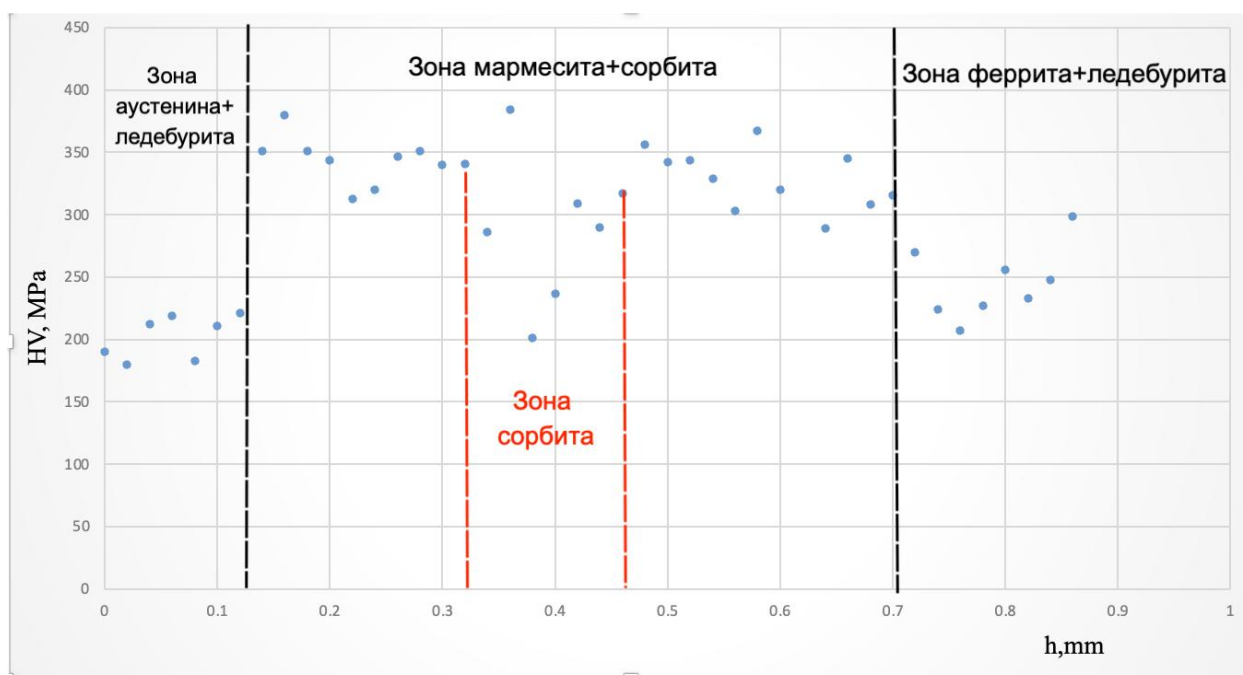
На рисунке 3.8 показано распределение микротвердости в поперечном сечении сварного шва двухслойной стали (направление измерения микротвердости показано на рисунке 3.8, а).

Из полученных результатов видно, что значение микротвердости существенно изменяется в разных зонах сварного шва. Можно выявить три явных плато (рисунок 3.8, б), свидетельствующих о формировании зоны аустенита и ледебурита, зоны мартенсита и сорбита (следа) и зоны феррита и перлита. Микротвердость в области аустенита и ледебурита в основном составляет 180–220 МПа, микротвердость в области мартенсита и сорбита

(следы) составляет от 200 до 380 МПа, а в области феррита и перлита большая часть микротвердости находится в пределах 200–250 МПа.



а



б

Рисунок 3.9 - Микротвердость сварного шва двухслойной стали:

а – направление измерения, б – график распределения микротвердости

Таким образом по результатам экспериментальных исследований можно сделать вывод, что не зависимо от марки применяемых аустенитных

электродов для сварки корневого слоя шва двухслойной стали 09Г2С-12Х18Н10Т, в зоне перемешивания с низколегированной сталью формируются структуры мартенсита, сорбита и ледебурита за счет диффузии углерода в сталь с большим содержанием хрома.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Предпроектный анализ

На сегодняшний день с развитием науки, непосредственно развиваются и все отрасли промышленности. Конкуренция технологий и разработок, внедряются и замещают устаревшую продукцию с рынка. Внедрение новой технологии происходит тем больше чем больше надежность и экономическая эффективность.

Все то что мы видим вокруг, создано из различных материалов, различающихся своим назначением, свойством и ценой. И большинство желает иметь самое лучшее, что может позволить себе по доступной цене. Крупные компании не являются исключением ведь независимо от надежности разработки, главным успехом любой компании является увеличение дохода путем снижения затрат.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данное исследование посвящено изучению исследования технологии свариваемости трубопроводов из двуслойных сталей. Данное исследование позволит разработать оптимальную технологию свариваемости трубопровода из двуслойных сталей. Результаты исследования целесообразно применить в производстве для прокладки труб в любых зонах, в особенности подверженных коррозии.

И так, целевой рынок результатов исследования будет включать в себя все отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой коррозионной стойкости и прочности изделия.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время строительство магистрального трубопровода является сложной технической задачей, при выполнении которой должны строго соблюдаться все требования, заложенные на стадии проектирования и все требования в соответствии со строительными нормами и правилами [24]. Кроме того, для указанного региона характерно наличие участков многолетнемерзлых грунтов, при оттаивании которых нарушатся устойчивость трубопровода и трубопровод испытывает дополнительные нагрузки, приводящие к изменению его напряженно-деформированного состояния [25- 26].

Коррозия трубопроводов, пожалуй, самый хорошо изученный и систематизированный вид коррозии трубопроводов. По крайней мере, магистральные трубопроводы - это единственный вид трубопроводов, защита от коррозии которых регламентируется отдельным национальным стандартом ГОСТ Р 51164-98* «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии». Конечно, ГОСТ Р 51164-98* в основном посвящен методам противокоррозионной защиты, а не механизмам коррозионного разрушения, однако, при его внимательном изучении можно

выделить и определенную систематизацию опасности коррозии магистральных трубопроводов в зависимости от ее механизма. Сразу следует отметить, что магистральные трубопроводы используются для транспорта подготовленных коррозионно-инертных продуктов, поэтому для них опасность представляет только наружная коррозия, причем на участках надземной прокладки только сравнительно неопасная атмосферная коррозия [27]. Таким образом сварка двуслойных сталей для магистральных трубопроводов будет очень важна для дальнейшего её изучения с целью применения и внедрения в производство, что очень важно, как с практической точки зрения, так и с экономической.

4.2 Быстрый анализ

В качестве предмета исследования выбран микротвердомер ПМТ-3М, так как с помощью него производились часть исследования и измерения микротвердости.

4.2.1 Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

Таблица 4.1 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняема функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1.Основание	1	Обеспечение устойчивости микротвердомера			X

Продолжение таблицы 4.1

2.Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса		X	
3.Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса			X
4.Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна			X
5.Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса		X	
6.Барашек микрометрического движения	1	Обеспечивает микрометрическое движение тубуса		X	
7.Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса			X
8.Барашек	1	Определяет высоту			X
9.Предметный столик	1	Обеспечивает установку рассматриваемого образца		X	
10.Винт	1	Обеспечивает перемещение в двух взаимно перпендикулярных плоскостях столика			X
11.Стопорный винт	1	Обеспечивает стопорение столика			X
12.Рукоятка	1	Обеспечивает поворот столика			X
13.Призма	1	Обеспечивает исследование поверхностей цилиндрических предметов		X	
14.Пластина	1	Обеспечивает поместить предмет любой конфигурации		X	

Продолжение таблицы 4.1

15.Механизм нагружения (шток)	1	Обеспечивает необходимое нагружение		X	
16.Оправка с алмазной пирамидой	1	Обеспечивает нанесение укола на исследуемый объект	X		
17.Гирька	1	Обеспечивает необходимое усилие		X	
18.Рукоятка арретира	1	Обеспечивает опускание штока	X		
19.Осветитель	1	Обеспечивает освещение исследуемого предмета	X		
20.Светофильтры	1	Обеспечивают контрастность исследуемого предмета		X	
21.Трансформатор	1	Обеспечивает питание	X		
22.Винтовой окуляр-микрометр	1	Обеспечивает наблюдение исследуемого предмета	X		

4.2.2 Определение значимости выполняемых функций объектом

Таблица 4.2. – Матрица смежности

	Основание	Колонна	Гайка	Зажимнойвинт	Барашек грубного движения	Барашек микрометрического движения	Рукоятка
Основание	=	>	>	>	<	<	>
Колонна	<	=	>	>	<	<	>
Гайка	<	<	=	<	<	<	

Продолжение таблицы 4.2

Зажимной винт	<	<	>	=	<	<	>
Барашек грубого движения	>	>	>	>	=	<	>
Барашек микрометрического движения	>	>	>	>	>	=	>
Рукоятка	<	<	>	<	<	<	=

Таблица 4.3. – Матрица смежности

	Барашек	Предметный столик	Винт	Стопорный винт	Рукоятка	Призма	Пластина
Барашек	=	<	>	>	>	<	>
Предметный столик	>	=	>	>	>	<	>
Винт	<	<	=	<	<	<	>
Стопорный винт	<	<	>	=	>	<	>
Рукоятка	<	<	>	>	=	<	>
Призма	>	>	>	>	>	=	>
Пластина	<	<	>	<	<	<	=

Таблица 4.4. – Матрица смежности

	Механизм нагружения(шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окуляр микрометр
Механизм нагружения(шток)	=	<	>	>	<	>	<	<
Оправка с алмазной пирамидой	>	=	>	>	>	>	<	<
Гирька	<	<	=	<	<	>	<	<
Рукоятка арретира	<	<	<	=	<	>	<	<
Осветитель	>	<	>	>	=	>	<	<
Светофильтры	<	<	<	<	<	=	<	<
Трансформатор	>	>	>	>	>	>	=	>
Винтовой окуляр микрометр	>	>	>	>	>	>	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 4.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Основание	Колонна	Гайка	Зажимной винт	Барашек грубого движения	Барашек микрометрического движения	Рукоятка	Итого
Основание	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	8
Колонна	0,5	1	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	7
Гайка	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Зажимной винт	0,5	0,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	6
Барашек грубого движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	9
Барашек микрометрического движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	10
Рукоятка	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	5
								$\Sigma=50$

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Таблица 4.6 – Матрица количественных соотношений функций

	Барашек	Предметный столик	Винт	Стопорный винт	Рукоятка	Призма	Пластина	Итого
Барашек	1	0,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	8,5
Предметный столик	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	9
Винт	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Стопорный винт	0,5	0,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	7
Рукоятка	0,5	0,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	7
Призма	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	9,5
Пластина	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4
								$\Sigma=50$

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Таблица 4.7 – Матрица количественных соотношений функций

	Механизм нагружения(шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окуляр микрометр
Механизм нагружения(шток)	1	0,5	1,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5
Оправка с алмазной пирамидой	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5
Гирька	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5
Рукоятка арретира	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,5	0,5
Осветитель	1,5	0,5	1,5	1,5	1	1,5	0,5	0,5
Светофильтры	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Трансформатор	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5
Винтовой окуляр микрометр	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1

Таблица 4.8 – Матрица количественных соотношений функций

	Итого	
Механизм нагружения(шток)	8,5	0,14
Оправка с алмазной пирамидой	9,5	0,16
Гирька	5,5	0,09
Рукоятка арретира	5,5	0,09
Осветитель	8,5	0,14
Светофильтры	5,5	0,09
Трансформатор	11,5	0,19
Винтовой окуляр микрометр	10,5	0,17

4.2.3 Определение значимости функций

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Так, для

основания $8/50=0,16$; колонны $7/50=0,14$; $5/50=0,1$; зажимного винта $6/50=0,12$; барашка грубого движения $9/50=0,18$; барашка микрометрического движения $10/50=0,2$; рукоятки $5/50=0,1$; барашка $8,5/50=0,17$; предметного столика $9/50=0,18$; винта $5/50=0,1$; стопорного винта $7/50=0,14$; рукоятки $7/50=0,14$; призмы $9,5/50=0,19$; пластины $4/50=0,08$; механизма нагружения (шток) $8,5/50=0,17$; оправки с алмазной пирамидой $9,5/50=0,19$; гирьки $5,5/50=0,11$; рукоятки арретира $5,5/50=0,11$; осветителя $8,5/50=0,17$; светофильтров $5,5/50=0,11$; трансформатора $11,5/50=0,23$; винтового окуляр-микрометра $10,5/50=0,21$ [28].

4.2.4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Таблица 4.9 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого
Основание	1	Обеспечение устойчивости микротвердомера	0,21	0,2	34,6	27,4	40,1	102,1
Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса	2	1,75	80,2	80,1	88	248,3
Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса	0,67	0,9	73,6	25,5	75,8	174,6
Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна	0,78	0,34	67,1	24,7	69,2	161

Продолжение таблицы 4.9

Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса	0,82	0,87	70,5	27,7	76,8	175
Барашек микрометричес кого движения	1	Обеспечивает микрометрическо е движение тубуса	0,9	0,78	74,3	29	79,9	183,2
Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса	0,32	0,45	50,8	22,7	55,7	129,2
Барашек	1	Определяет высоту	0,25	0,5	45,1	26,7	48,9	120,7
Предметный столик	1	Обеспечивает установку рассматриваемого образца	1	1	50,2	29,7	55,7	135,6

Продолжение таблицы 4.9

Винт	1	Обеспечивает перемещение в двух взаимно перпендикулярных плоскостях столика	0,45	0,76	34,5	22,8	38,3	95,6
Стопорный винт	1	Обеспечивает стопорение столика	0,44	0,32	45,2	32,4	50,1	127,7
Рукоятка	1	Обеспечивает поворот столика	0,34	0,44	42,1	30,1	47,2	19,4
Пластина	1	Обеспечивает поместить предмет любой конфигурации	1	0,76	54,2	44,1	59,7	158
Механизм нагружения (шток)	1	Обеспечивает необходимое нагружение	0,7	0,43	45,7	34,9	50,1	130,7
Оправка алмазной пирамидой	с 1	Обеспечивает нанесение укола на исследуемый объект	0,8	0,67	67,2	45,5	72,9	185,6

Продолжение таблицы 4.9

Гирька	1	Обеспечивает необходимое усилие	0,45	0,62	43,3	33,8	46,7	123,8
Рукоятка арретира	1	Обеспечивает спускание штока	0,32	0,67	46,5	40,1	48,9	135,5
Осветитель	1	Обеспечивает освещение исследуемого предмета	0,8	0,9	57,5	50,2	62,5	170,2
Светофильтры	1	Обеспечивает контрастность исследуемого предмета	0,25	0,31	45,7	38,2	48,4	132,3
Трансформатор	1	Обеспечивает питание	1,57	1,2	67,9	58,9	77,7	204,5
								$\Sigma=3265,7$

4.2.5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта

и ее анализ

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимости диаграммы (рис. 4.1)

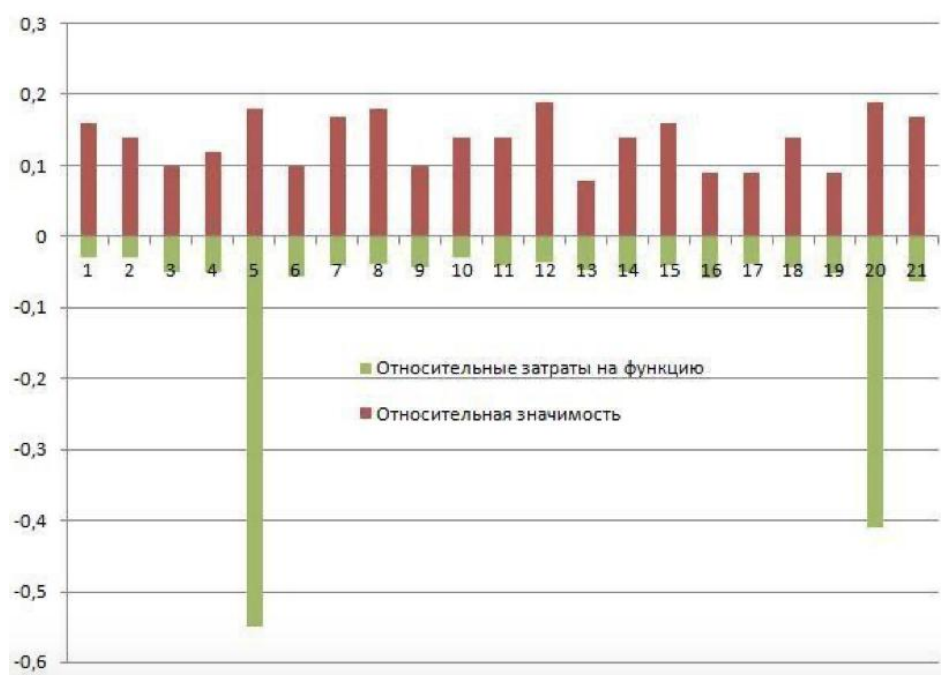


Рисунок 4.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ, приведенный выше ФСД, показывает явное наличие рассогласования по функциям 5, 20, которые являются: барашек грубого сечения и светофильтры. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций [29].

4.2.6 Оптимизация функций, выполняемых объектом

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- применения принципиально новых конструкторских решений;

- унификации сборочных единиц и деталей;
- использование новых заготовок и материалов;
- оптимизация параметров надежности.

4.3 SWOT – анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Сильные стороны проекта.

Во-первых, научное исследование является фундаментальным, на сегодняшний день, согласно обзору литературных источников, развитие магистральных трубопроводов является очень важно для нефтедобывающих компаний. На сегодняшний день очень много времени затрачивается на отработку ремонта магистральных трубопроводов после дефекта – коррозии.

Во-вторых, результаты исследования могут быть применены не только в нефтегазовой промышленности, но и других видах промышленности связанных с прокладкой труб в зонах с повышенной коррозией для металла

Слабые стороны проекта.

Данное исследование зависит от дорогостоящего оборудования для исследования структуры после сварки двуслойных сталей, и очень важный риск, это выход из строя этого оборудования.

Конкуренция, на сегодняшний день состоит только в том, что уже существуют методы по которым работают предприятия и уход от них для них будут взывать опасения, но если продолжиться исследовательская работа в этом направлении, то это приведёт к несомненному развитию и Результаты данного исследования будут широко применяться.

С уверенностью можно сказать, что все сильные стороны проекта оказывают очень сильное влияние на возможность его успешного завершения и последующего внедрения в производство. А именно такие сильные стороны как: фундаментальность исследования, финансовая поддержка, практическое внедрение результатов исследования в производство.

Таблица 4.10 – SWOT – анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Финансирование из государственного бюджета.	Сл1. Дорогостоящее использование оборудования для исследования
	С2. Фундаментальность исследования.	
	С3. Возможность практического внедрения результатов исследования в высокопроизводительное нефтегазовое дело	Сл2 Замена труднодоступных и дорогостоящих элементов

Продолжение таблицы 4.10

Возможности:	Поддержка со стороны СО РАН очень сильно скажется на продвижении исследования и ускорит темпы внедрения результатов исследования в производство	Помощь СО РАН может выражаться в уменьшении стоимости пользования установкой до той величины, которую сможет финансировать государственный бюджет для данного исследования
<p>В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и СО РАН о взаимной помощи в этом исследовании.</p> <p>В1. Приобретение дополнительного оборудования в ИШНКБ ТПУ: РЭМ и ПЭМ, которое может приносить прибыль.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования.</p> <p>У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования для исследования.</p>	Государство заинтересовано в развитии науки и всё больше средств вкладывать в финансирование научной деятельности. Чем быстрее результаты исследования будут внедрены в производство, тем быстрее исчезнут факторы, угрожающие развитию исследования. В дальнейшем возможна заинтересованность производственной стороны в финансировании проекта и его развития.	На данный момент слабые стороны связаны с выходом из строя дорогостоящих элементов оборудования, нехваткой финансов для проведения исследования.

4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе проводится оценка текущего исследования и степень его готовности к коммерциализации, а также определение уровня собственных знаний для его проведения. Специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта показана в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический раздел	4	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического раздела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4

Продолжение таблицы 4.11

15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		52	49

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 59 до 45 – то перспективность выше среднего.

Для успешной коммерциализации текущей разработки необходимы небольшие объемы инвестиции в области маркетинговых исследований, детальная проработка вопросов международного сотрудничества с привлечением специалистов из данной отрасли в команду проекта и повышение уровня компетенций разработчика в области маркетинговых исследований рынков сбыта. По результатам оценки готовности научного проекта к коммерциализации его перспективность выше среднего.

4.5 Методы коммерциализации результатов научно технического исследования

Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Методом коммерциализации результатов научно-технического исследования является –передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники ИШНКБ ТПУ. Исследование свариваемости труб, имеющих металлизационное защитное покрытие.

4.6 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [28].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [28].

Устав научного проекта магистерской диссертации имеет структуру, представленную ниже [28].

Цели и результат проекта. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.12

Таблица 4.12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Промышленность направленная на создание магистральных трубопроводов	Исследование позволит получить данные, которые помогут провести углубленный анализ структуры двуслойной стали при сварке и в последствии подверженной коррозии, а также особенности технологии
Нефтегазовая промышленность	

В таблице 4.13, представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.13 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование особенностей сварке двуслойных сталей с последующей коррозией.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение экспериментальных результатов микротвердости сталей после коррозии.
Критерии приемки результата проекта:	Получение четких результатов микросъёмки для проведения анализа
Требования к результату проекта:	Требование: Выполнение поставленных задач Научное объяснение результатов экспериментов Заключение о результатах исследования

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Першина А.А. д.т.н., доцент ИШНКБ ТПУ	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Сюй Ц. магистрант ИШНКБ ТПУ	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части исследовательской части

Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 4.15 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник Финансирования	Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	03.04.2023
3.2.2. Дата завершения проекта	

4.7 Планирование управления проектом

4.7.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научное исследование будет состоять из четырех основных этапов, таких как: разработка технического задания и календарного плана,

теоретическая подготовка, экспериментальные исследования и обобщение и оценка результатов по данной теме. Каждый этап содержит перечень важных работ, которые необходимо выполнить. В зависимости от вида работ будет свой исполнитель.

Таблица 4.16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Научный руководитель
	2	Составление предварительного плана ВКР	Научный руководитель
Теоретическая подготовка	3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Инженер
	4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Инженер
	5	Написание теоретической части ВКР	Инженер
	6	Подбор оборудования и заготовок для проведения процесса	Научный руководитель
Экспериментальные исследования	7	Наплавление металла заготовки	Инженер
	8	Получение результатов исследования	Инженер
	9	Создание базы данных исследования	Инженер
	10	Анализ базы исследования/ получение результатов	Научный руководитель Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оформление итогового варианта ВКР	Инженер
	12	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Научный руководитель Инженер

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

4.7.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используем формулу

$$t_{oti} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (2)$$

где t_{oti} – ожидаем трудоемкость выполненной i -й работы чел. - день.

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -го работы (оптическая оценка в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

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

После того, как рассчитали t_{oti} , рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$t_{pi} = \frac{t_{oti}}{q_i} \quad (3)$$

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

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

Составление предварительного плана ВКР: $t_{maxi}=3$ дня; $t_{mini}= 1$ день.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\text{мини}} + 2t_{\text{макси}}}{5} = \frac{3 + 6}{5} = 1,5 \text{ дня}$$

$$t_{\text{пи}} = \frac{t_{\text{ори}}}{q_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \sim 2 \text{ дня}$$

Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР:

$t_{\text{макси}} = 14$ дней; $t_{\text{мини}} = 7$ дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\text{мини}} + 2t_{\text{макси}}}{5} = \frac{21 + 28}{5} = 9,8 \text{ дней}$$

$$t_{\text{пи}} = \frac{t_{\text{ори}}}{q_i} = \frac{9,8}{2} = 4,9 \sim 5 \text{ дней}$$

Изучение и выбор метода исследований в ВКР: $t_{\text{макси}} = 14$ дней; $t_{\text{мини}} = 10$

дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\text{мини}} + 2t_{\text{макси}}}{5} = \frac{30 + 28}{5} = 11,6 \text{ дня}$$

$$t_{\text{пи}} = \frac{t_{\text{ори}}}{q_i} = \frac{11,6}{2} = 5,8 \sim 6 \text{ дней}$$

Написание теоретической части ВКР: $t_{\text{макси}} = 21$ день $t_{\text{мини}} = 14$ дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\text{мини}} + 2t_{\text{макси}}}{5} = \frac{42 + 42}{5} = 16,8 \text{ дня}$$

$$t_{\text{пи}} = \frac{t_{\text{ори}}}{q_i} = \frac{16,8}{1} = 16,8 \sim 17 \text{ дней}$$

Подбор оборудования и заготовок для проведения эксперимента
 $t_{\max i}=12$ дней $t_{\min i}=7$ дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{21 + 24}{5} = 9 \text{ дней}$$

$$t_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ори}}}{\varphi_i} = \frac{9}{2} = 4,5 \sim 5 \text{ дней}$$

Получение результатов исследования и создание базы данных
исследования $t_{\max i}=14$ дней $t_{\min i}=7$ дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{21 + 28}{5} = 9,8 \text{ дней}$$

$$t_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ори}}}{\varphi_i} = \frac{9,8}{1} = 9,8 \sim 10 \text{ дней}$$

Анализ базы исследования/полученных результатов $t_{\max i}=21$ день $t_{\min i}=7$
дней.

$$t_{\text{ори}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{21 + 42}{5} = 29,4 \text{ дня}$$

$$t_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ори}}}{\varphi_i} = \frac{29,4}{2} = 14,7 \sim 15 \text{ дней}$$

4.7.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования будет использована диаграмма Ганта – 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14}$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 14, после заполнения таблицы построим календарный план-график (таблица 5.6).

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 4.17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож i}$, чел-дни		Руководитель	Инж	Руководитель	Инж
	Руководитель	Инж	Руководитель	Инж	Руководитель	Инж	Руководитель	Инж	Руководитель	Инж
Выбор темы, постановка цели и зад ВКР	3	-	5	-	3,8	-	4	-	6	-
Составление предварительного плана ВКР	1		3		1,4	-	2	-	2	-
Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	7	7	14	14	9,8	9,8	5	5	4	12
Изучение и выбор метода исследований в ВКР	10	10	14	14	11,6	11,6	6	6	2	21
Написание теоретической части ВКР	-	14	-	21		16,8	-	17	-	17
Подбор оборудования и заготовок для проведения эксперимента	7	7	12	12	9	9	5	5	5	5
Проведение эксперимента	7	7	12	12	9	9	-	10	-	10
Полчение результатов исследования	-	7	-	14	-	9,8	-	10	-	10
Создание базы данных исследования	-	7	-	14	-	9,8	-	10	-	10,5

Продолжение таблицы 4.17

Анализ азы исследования-полученных результатов	7	7	21	21	29,8	29,8	5	25	10	35
Оформление итогового варианта ВКР	-	10	-	21	21	14,4	-	14	-	21
Согласование и проверка работы с научным руководителем	2	2	4	4	2,8	2,8	1	1	1,5	1,5

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тки, кол.Дн.	Продолжительность выполнения работ																		
				Январь			Февраль			Март			Апрель			Май						
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Научный руководитель	6		▧																	
2	Составление предварительного плана ВКР	Научный руководитель	2			▧																
3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Научный руководитель, Инженер	4 12			▧																
4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Научный руководитель, Инженер	2 21				▧															
5	Написание теоретической части ВКР	Инженер	17																			
6	Подбор оборудования и заготовок для проведения эксперимента	Научный руководитель, Инженер	5 5																			
7	Проведение эксперимента	Инженер	10																			
8	Получение результатов исследования	Инженер	10																			
9	Создание базы данных исследования	Инженер	10,5																			
10	Анализ базы исследования / получение результатов	Научный руководитель, Инженер	10 35																			
11	Оформление итогового варианта ВКР	Инженер	21																			
12	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Научный руководитель, Инженер	1,5																			

Научный руководитель - ▧ Инженер - ▧▧▧

Рисунок. 4.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

4.8 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты

Затраты на проведение научного исследования приведены в таблице 4.19

Большие затраты потребовались для проведения испытаний на дифрактометре X'Pert PRO, также довольно затратно обошлись услуги растровой электронной микроскопии РЭМ, которая необходима была для проведения исследования, и энергодисперсионный рентгеновский спектрометр(ЭДС)[30].

Стоимость оборудования, используемого при выполнении НИР, имеющегося на кафедре отделения харбинского политехнического университета стоимостью свыше 40 тыс. рублей, учитывалось в виде амортизационных отчислений. В данном случае выбран линейный способ амортизации оборудования, при котором происходит равномерное начисление амортизации с первоначальной до остаточной стоимости (в конце срока службы) в течение всего срока использования. Текущая остаточная стоимость определяется вычитанием суммарной накопленной амортизации основного средства из первоначальной стоимости.

Формула амортизации оборудования для определения ежемесячной суммы (M):

$$\sum M = PC \times n \quad (6)$$

где ПС – первоначальная стоимость оборудования;

n – ежемесячная норма амортизации, рассчитываемая как отношение 1 к сроку полезного использования, выраженному в месяцах.

Расчет затрат по статье «Амортизация оборудования» представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 - Расчет затрат по статье «Амортизация оборудования»

Наименование оборудования	Цена оборудования, руб.	Эксплуатации оборудования, количество лет	Амортизация, руб.
Дифрактометр X'Pert PRO	19500000	5	325000
Исследовательский цифровой микроскоп ZEISS imager.a2m	2600000	5	43300
Сканирующий электронный микроскоп ZEISS evo18	32500000	5	541700

Таблица 4.19– Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Затраты, руб.
Материалы	1000
Алмазные пасты	1500
Итого:	2500

4.9 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [30].

Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{\text{т}}=13150$ руб/мес, для руководителя (профессора с ПКГ ППС 4) - $Z_{\text{р}} = 33162$ руб/мес.

Зарботная плата рассчитывается по формуле 6 [31]:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная зарботная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная зарботная плата.

Основная зарботная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 7[32]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_{\text{раб}} \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ –основная зарботная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.,

$Z_{\text{дн}}$ –среднедневная зарботная плата работника, руб.

Среднедневную зарботную плату можно рассчитать по формуле [33]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T} \quad (9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит T=26 дней.

Месячный должностной оклад работника [34]:

$$Z_m = Z_b \times k_p \quad (10)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{MT} = 13500 \times 1,3 = 17095 \text{ руб.}$$

$$Z_{МП} = 33162 \times 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{дн.т} = \frac{17095}{26} = 657,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн.п} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 100 полных рабочих дней (8 часов в день)

$$Z_{осн.т} = 657,5 \times 100 = 65750 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.п} = 1658,1 \times 100 = 165810 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [30].

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} \quad (11)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$Z_{доп.т} = 0,1 \times 65750 = 6575 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп.п} = 0,1 \times 165810 = 16581 \text{ руб.}$$

И так, определяем полную зарплату работников:

$$C_{зпт} = 65750 + 6575 = 72325 \text{ руб.}$$

$$C_{зпп} = 165810 + 16581 = 182391 \text{ руб.}$$

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 11 [35]:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (11)$$

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

Принимаем $k_{\text{внеб}}=0.302$.

$$C_{\text{внеб.т}} = 0,302 \times 72325 = 21842,15 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{внеб.п}} = 0,302 \times 182391 = 55082,082 \text{ руб.}$$

Накладные расходы примем не более 16% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 12 [31]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (12)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}}=0.8$

$$C_{\text{накл.т}} = 0,16 \times 231560 = 37049,6 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице

4.20

Таблица 4.20 – Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп,д	Заработная плата по тарифной ставке руб./ме с.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗП осн,руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник	1	100	13150	657,5	65750	17095
Руководитель	1	100	33162	1658,1	165810	43110,6
Итого:	2	200			231560	

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	2500
2. Затраты на амортизацию оборудования	910000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	231560
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23156
5. Отчисления на социальные нужды	36508,6
6. Накладные расходы	37049,6
7. Бюджет затрат НТИ	1240774,2

Бюджет научного исследования, который включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате, амортизацию оборудования и отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы и составил 1240774,2руб.

4.10 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

4.10.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

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

В нашем эксперименте экономия будет связана с резким уменьшением затрат на количество потребляемых изделий. К примеру, если взять обычную сталь и двухслойную сталь, которая была разработана в данной работе, провести с ними эксперимент. Конечный результат будет оцениваться по двум критериям:

- срок эксплуатации;
- появление и влияние коррозии на данном образце.

Исходя из данного эксперимента, можно сделать вывод о том, двухслойная сталь, т.е. та, которую мы разработали, имеет гораздо больший срок эксплуатации по сравнению с первой моделью, а также достаточно долгое время противостоит коррозии.

В нашем эксперименте экономия будет связана с уменьшением затрат на механическую обработку наплавленного изделия. К примеру, распредвал, который после наплавки коренных и шатунных шеек подвергается механической обработке и чистовой шлифовки в то время как Механическая обработка и шлифовка для мартенситностареющей наплавленной стали будет менее затратной с точки зрения экономии дорогостоящего инструмента (резцов и алмазных кругов) и время обработки будет в разы меньше, т.к. после окончательной механической обработки необходимо провести старение и деталь готова к эксплуатации, в то время как для обычной наплавки требуется механическая обработка чистовая обработка с использованием дорогостоящих инструментов.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [28]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (13)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась мартенситно - стареющая сталь при вакуумно - электронно лучевой наплавки, в нашем случае для исследования мы измеряем твердость по Виккерсу. В качестве аналогов для проведения эксперимента рассмотрим существующую измерение твердости по Бринелю (аналог 1) и Роквеллу (аналог 2).

Таблица 4.21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность точной постановки эксперимента	0,4	5	4	2
2. Удобство в эксплуатации	0,4	5	6	2
3. Энергосбережение	0,15	3	2	1
4. Безопасность	0,15	3	3	2
5. Стоимость эксперимента	0,2	4	3	2
ИТОГО	1			

По формуле 13 и данным таблицы 4.22 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \times 5 + 0.1 \times 5 + 0.15 \times 3 + 0.15 \times 3 + 0.2 \times 4 = 4.2$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \times 5 + 0.1 \times 5 + 0.15 \times 2 + 0.15 \times 3 + 0.2 \times 3 = 3.85$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \times 2 + 0.1 \times 2 + 0.15 \times 1 + 0.15 \times 2 + 0.2 \times 2 = 1.85$$

где I_m^p – интегральный показатель текущего проекта, I_m^{a1} – интегральный показатель аналога 1, I_m^{a2} – интегральный показатель аналога 2

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность установки, на которой были проведены эксперименты настоящего исследования.

Из таблицы видно, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого

можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет меньше, чем у аналогов исследования.

А значит, на данное исследование был израсходован бюджет, величина которого могла быть больше при проведении исследований с помощью аналогов.

Вывод.

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был проведен технико-экономический анализ исследования свариваемости труб, имеющих металлизационное защитное покрытие. Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах оборонной промышленности и тяжелого машиностроения.

Построена интерактивная матрица SWOT-анализа, в которой показаны слабые и сильные стороны для разрабатываемого проекта. Сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет меньше, чем у аналогов исследования. А значит, на данное исследование был израсходован бюджет, величина которого могла быть больше при проведении исследований с помощью аналогов. Рассчитан бюджет научного исследования, который включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы и составил 1240774,2руб

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;

При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м;

Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2.м;

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека;

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.;

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств;

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты;

Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4);

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности;

Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола;

Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

5.2 Производственная безопасность

В процессе исследования с точки зрения возникающих вредных или опасных факторов общий этап работ может быть разделен на три основных этапа:

1) разработка установки для автоматической сварки под флюсом: проведение теоретических расчетов и составление принципиальной схемы установки (работа на персональном компьютере);

2) сборка установки: пайка разработанной схемы;

3) эксплуатация образцов: проведение сварки экспериментальных образцов, проведение механических испытаний, изучение структуры образцов с помощью микроскопа.

В таблице 5.1 представлены опасные и вредные факторы с нормативной документацией.

Таблица 5.1 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки дугой, горячей в динамическом режиме.

№	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1	Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.»
2	Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.4.250-2019 «Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла» ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
3	Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов	ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность»;
4	Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
5	Повышенный уровень локальной вибрации	СН 2.2.4/2.1.8.566–96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
6	Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Вредные вещества. «Классификация и общие требования безопасности»

Продолжение таблицы 5.1

№	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
7	Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
8	Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»;
9	Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума)	ГОСТ 12.1.035–81 «Оборудование для дуговой и контактной электросварки Допустимые уровни шума и методы измерений»

5.2.1 Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего

При работе применяются автомат для сварки под флюсом, то есть имеется опасность нанесения вреда человеку движущимися частями машин.

В качестве защиты необходимо проводить регулярный инструктаж рабочих по технике безопасности, все движущиеся механизмы должны быть аттестованы.

Проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.

Для большей безопасности работы необходимо выставить предупредительные таблички о наличии передвигающихся механизмов.

6.2.2 Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека

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

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла
ГОСТ 12.4.250-2019.

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

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

Требования по безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91.

5.2.2 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов

При сварке под слоем флюса (как автоматической, так и полуавтоматической) каждый сварочный аппарат должен быть оснащен отдельным заземляющим проводом непосредственно с заземляющей магистралью, все части автоматов и полуавтоматов должны быть надежно заземлены, плавкие предохранители должны соответствовать паспортным данным, шкафы, пульта должны иметь дверцы с блокировкой, отключающей первичное напряжение при их открытии.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

– перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

– при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

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

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают: защитное заземление; зануление; системы защитного отключения; 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.

5.2.3 Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений

освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк.

Для освещения цеха необходимо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол $\geq 30^\circ$. Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах 10... 30°.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой. Освещенность в этих случаях должна быть ≥ 30 лк. При этом трансформатор для переносных светильников нужно устанавливать вне свариваемого объекта с обязательным заземлением вторичной обмотки трансформатора. Не допускается применение автотрансформаторов.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может 70 стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%. Коэффициент естественного освещения для наших сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1.5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного

вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Проведем расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности методом коэффициента светового потока, учитывающего световой поток, отраженный от потолка и стен. Дано помещение с размерами: длина $A = 20$ м, ширина $B = 6$ м, высота $H = 4,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 1$ м. Требуется создать освещенность $E_n = 200$ лк. Расчет произведём по формуле:

$$S = A \cdot B, \#(15)$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 20 \cdot 6 = 120$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $r_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $r_{\Pi} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу холодно-белого света ЛХБ, световой поток которой равен ФЛД = 4400 Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-80. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_c - h_p = 4,5 - 1 - 1 = 2,5, \#(16)$$

где H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

h_p – высота рабочей поверхности над полом;

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 4$ м. Расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 1$ м.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = h \cdot \lambda = 2,5 \cdot 1,1 = 2,75, \#(17)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,75} = 2,18 \Rightarrow 3, \#(18)$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{20}{2,75} = 7,27 \Rightarrow 8, \#(19)$$

Получаем общее число светильников 24.

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется из уравнения:

$$L = N_a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_{lam}, \#(20)$$

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

Составим уравнения с 1 неизвестной:

$$L_1 = \frac{(L - N \cdot L_{lam})}{N_a + \frac{2}{3}},$$

$$20000 = 7 \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 8 \cdot 1230,$$

$$6000 = 2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 266,$$

$$L_1 = \frac{20000 - 8 \cdot 1230}{7 + \frac{2}{3}} = 1325 \text{ мм},$$

$$L_2 = \frac{6000 - 3 \cdot 266}{2 + \frac{2}{3}} = 1950 \text{ мм.}$$

Расстояние от торцов – 1 получим следующим образом:

$$L_1 = \frac{1325}{3} = 442 \Rightarrow 450 \text{ мм,}$$

$$L_2 = \frac{1950}{3} = 650 \text{ мм.}$$

Размещаем светильники в три ряда. На рисунке 5.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

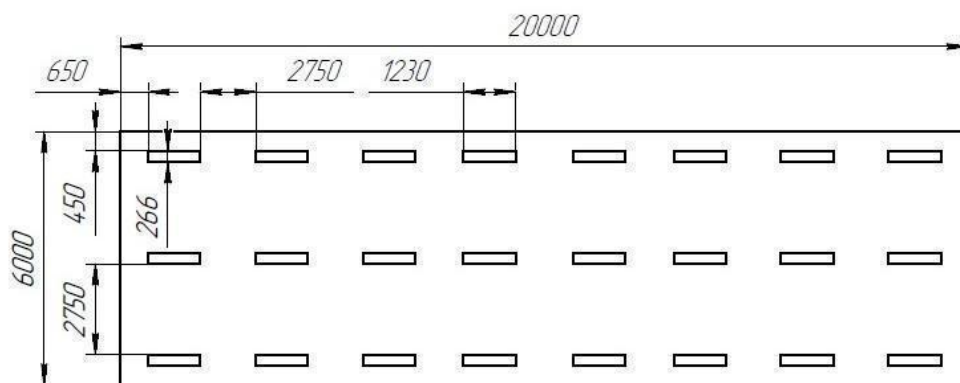


Рисунок 5.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{120}{4,5(20 + 6)} = 1\#(21)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\text{rП} = 70\%$, $\text{rС} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1$ равен $\eta = 0,43$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$X = \frac{E \cdot k \cdot z \cdot S}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 120 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,43} = 3837 \text{ лм.} \quad (22)$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{X_{ЛД} - X_{П}}{X_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\%,$$

$$\frac{4400 - 3837}{4400} \cdot 100\% = 12,8\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 12,8\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Итак, рационально устроенное освещение создает достаточную равномерную освещенность производственного помещения, сохраняет зрение рабочего персонала, уменьшает травматизм, позволяет повышать производительность труда, влияет на уменьшение процента брака и улучшение качества. Освещение рабочей поверхности и помещения в целом достигается равномерным размещением светильников, при котором на рабочей поверхности отсутствуют резкие тени

5.2.4 Повышенный уровень локальной вибрации

Источником вибрации при эксплуатации является электродвигатель, являющийся составной частью каретки для автоматической сварки под флюсом.

Амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более $0,0072 \cdot 10^{-3}$ м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека.

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются

индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

5.2.5 Чрезмерное загрязнение воздушной среды

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные соединения. Стационарные автоматические установки для сварки под слоем флюса должны быть оборудованы пылегазоотсасывающими и флюсоуборочными устройствами.

Основными вредными веществами в составе сварочного аэрозоля при автоматической сварке являются фтористые соединения и их выделение резко возрастает с увеличением содержания фтористого кальция во флюсе. Фтористые соединения относятся ко 2 классу опасности. Нормы и показатели этих соединений должны соответствовать таблице 5.2 (ГОСТ 12.1.007-76).

Таблица 5.2 – Нормы и показатели фтористых соединений

Наименование показателя	Нормы для класса опасности
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м	0,1-1,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	15-150
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	100-500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	500-5000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	300-30
Зона острого действия	6,0-18,0
Зона хронического действия	10,0-5,0

5.2.6 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

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

5.2.7 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)

Из психофизических факторов, возникающих при ремонте нефтепровода в трассовых условиях, можно отметить повышенную нагрузку на органы чувств (зрение, слух), умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки.

Для профилактики возникновения данных факторов предлагается:

- уменьшить плотность рабочего времени;
- исключить случайно возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов;

– организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы. Ссылки на нормативные документы.

5.2.8 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума)

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень звука не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём изоляции источников шумов, проведение акустической обработки помещения, создания дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

5.3 Экологическая безопасность

При выполнении работы образовывались следующие отходы: вредные газы, пыль, шлаковые корки и промышленный мусор. При автоматической

сварке под флюсом таких отходов, как смазывающе-охлаждающие жидкости и масла не наблюдалось.

Загрязнители атмосферы поступают в воздух через вентиляционные выбросы, их концентрация относительно невелика, однако из-за огромных валовых выбросов через вентиляцию атмосфера получает большое количество загрязнения. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Что касается шлаковых корок: можно механически примешивать к флюсу некоторое количество измельченной шлаковой корки, не ухудшая этим заметно качество металла шва или наплавки.

В помещении необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для стружки, стекла, металлических частей, пластика.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований, и ЧС, которые могут произойти на рабочем месте

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека. Наиболее типичной ЧС является пожар.

Сварочный пост относится к категории Г по пожарной опасности (умеренная пожароопасность).

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

Курить только в отведенных для курения местах.

Проверять уровень нормы газа аргона в помещении, проветривать помещение.

В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических

или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

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

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе исследованы микроструктурные характеристики швов, полученные импульсной ручной дуговой сваркой с различными электродными материалами.

Установлено, что при сварке двухслойных сталей методом импульсной ручной дуговой сварки формируется полимодальное распределение по размерам фазы элементарного железа (преимущественно альфа-железа с незначительной долей гамма-железа).

Верхняя и нижняя части металлографической структуры у первого шва представлены аустенитом с крупными равноосными зёрнами, средний слой - ледебуритом, а цементит распределен прерывистыми полосами. Структура вблизи среднего слоя представляет собой дислокационный мартенсит с большим количеством дислокаций вследствие быстрого охлаждения аустенитных зёрен.

В нижней половине второго сварного шва, поскольку основной материал этого слоя относится к высоколегированной стали, подвод тепла невелик, и сварной шов быстро охлаждается, а температура ниже критической температуры M_S мартенсита, следовательно, превращения перлита и бейнита не успевают произойти. Микроструктура конечного шва представляет собой пластинчатый мартенсит.

Верхняя половина второго шва находится в околосшовной зоне третьего шва. Микроструктура показывает, что в ферритовой матрице распределены очень мелкие зернистые карбиды, а иголки постепенно исчезают, но все еще слабо видны. Карбид нельзя различить под оптическим микроскопом, можно наблюдать только ткань темного цвета, а две фазы можно четко различить под электронным микроскопом: видно, что частицы карбида значительно выросли. Микроструктура в этой области трансформируется в закаленный сорбит.

В третьем сварном шве, имеющем переходный состав за счет увеличения доли участия высоколегированного металла в металле шва,

выполненного низколегированными электродами, изменена феррито-перлитной структура; наблюдается формирование сотовой структуры, основу которой составляют пластины цементита, проросшие разветвленными кристаллами аустенита, что может быть связано с перераспределением углерода в матрице наплавленного металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 周细林.对现代材料加工技术发展趋势的探讨[J]. 中国技术纵横, 2013(11): 164-164.
2. 颜鸣皋, 吴学仁, 朱知寿. 航空材料技术的发展现状与展望[J].航空制造技术,2003(12):19-25.
3. 宋庭丰,蒋小松,莫德锋,沈一璋,朱德贵.不锈钢和钛合金异种金属焊接研究进展[J].材料导报,2015,29(11):81-87.
4. 祝要民,李青哲,邱然锋,贺玉刚.钛/钢异种金属焊接的研究现状[J].电焊机,2016,46(11):78-82+106.
5. Findik F.Recent developments in explosive welding[J]. Materials & Design, 2011,32(3):1081-1093.
6. 白于良,刘雪峰,王文静,杨耀华.钛/钢复合板及其制备应用研究现状与发展趋势[J].工程科学学报,2021,43(01):85-96.
7. 崔强,唐支翔.百万吨 PTA 装置 PX 氧化反应器制造与质量控制[J].压力容器,2010,27(08):57-61.
8. 王小华.不同热处理制度对钛-钢复合板的影响[J].材料开发与应用,2010,25(03):66-70+78.
9. 曲文卿,董峰,齐志刚,等.异种材料连接[J].航天制造技术,2006,(3):44-49.
10. 刘效云,张贵亮,程玉君,贾元海,张春雷,张明博.奥氏体不锈钢 CMT 焊接接头组织和性能分析[J].连铸,2019,44(06):61-64.
11. 范伟,杜明.关于低碳钢的焊接性与焊接缺陷的分析[J].湖北农机化,2019(09):54.
12. 汪颖。世界石油运输航线分析[J].世界海运,1998(01):10-11.
13. 王立涛,李正邦,张乔英。高钢级管线钢的性能要求与元素控制[J].钢铁研究, 2004(04):13-17。

14. Яковлев С.С., Кухарь В.Д., Трегубов В.И. Теория и технология штамповки анизотропных материалов / под ред. С.С. Яковлева. М.: Машиностроение, 2012. 400м
15. 何月秋, 金属学与金属工艺 T000071 异种金属焊接技术指南.杨牧之主编,中国图书年鉴,湖北人民出版社,1998,603,年鉴.
16. 武江, 金属学、金属工业 T000112 焊接工程师手册.杨牧之 主编,中国图书年鉴,湖北人民出版社,2003,659,年鉴.
17. 王建军,俞树荣,张永明.高压渣油加氢反应器外部接管裂纹的原因及修复[J].炼油技术与工程,2015,45(02):54-56.
18. 韩瑜.异材焊接——1Cr18Ni9Ti 与 16Mn 焊接工艺分析[J].科技资讯,2010(14):107.
19. 利波尔德, 科特茨基 bD.J.陈剑虹. 不锈钢焊接冶金学及焊接性[M].机械工业出版社, 2008.
20. 鲁定远,马彦东.1Cr18Ni9Ti/GH3044 异种金属焊接裂纹分析[J].物理测试,2013,31(02):50-52.
21. 项力中.奥氏体不锈钢焊接工艺探讨[J].冶金与材料,2021,41(01):90-91.
22. 凌妍,钟娇丽,唐晓山等.扫描电子显微镜的工作原理及应用[J].山东化工,2018,47(09):78-79+83.
23. Li X, Bhushan B. A review of nanoindentation continuous stiffness measurement technique and its applications[J]. Materials characterization, 2002, 48(1): 11-36.
24. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности, Автор: Димов Л.А., Богушевская Е.М. Год: 2010
25. [Статья] Н. А. Махутов, В. Н. Пермяков, Д.О. Резников, «Strength of trunk pipelines with critical damages»
26. BS 7910:2005. Guide on methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures. London: British Standards Institution; 2005.

27. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.

28. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: метод. указания / Том. пол-й. ун-т. – Томск 2014. – 73 с

29. Экономические расчеты в дипломных проектах по техническим специальностям: Метод. указания для студентов / Сост.: Л.И. Горчакова, М.В. Лопатин. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. - 28 с.118

30. Политика доходов и заработной платы. Под ред. П. В. Савченко и Ю. П. Кокина. М.: Юристъ, 2000. 456 с.

31. Ахтямов Р.М., Файрушин А.М., Зарипов М.З. Повышение прочности сварных соединений из двухслойной стали 09Г2С+12Х18Н10Т применением низкочастотной вибрационной обработки в процессе сварки // Техника и технология: новые перспективы развития: Материалы V Международной научно-практической конференции (18.04.2012). – М.: Издательство «Спутник +», 2012. С. 6-8

32. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.»

33. Полуавтоматическая сварка [Электронный ресурс]. – URL: http://masterweld.ru/poluavtomaticheskaya_sva (дата обращения 17.04.2018). 3. ОСТ 26.260.480-2003. Сосуды и аппараты из двухслойной стали. Изд-во стандартов, 2003. – 93 с. 4. Сталь 10Х17Н13М2Т [Электронный ресурс]. – URL: [http://vse-postroimsami.ru/materials/metal/10286_nerzhaveyushhaya-stal-10x17n13m2t/] (дата обращения 10.12.2018). © Гуляев А.А., 2019

34. [Статья] Е.А. Харчевникова, С.В. Болотов. Магнитные поля при сварке и защита от их воздействия. / Белорусско-Российский университет. 2008.

35. Готальский Ю.Н. Сварка разнородных сталей. Изд-во К.: Техника, 1981 184 с.

Приложение А
(справочное)

**Formation of a welded seam when welding two-layer "ferrite-pearlitic +
austenitic" steels**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Сюй Цинфу		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Щеголихина Ю.В.	к.ф.н., доцент		

1 LITERATURE REVIEW

1.1 Pipes

With the rapid development of today's world economy, oil has not only become the focus of national energy security, but also the focus of world energy strategy competition. Because energy security is a major strategic issue related to national economic development and national security, it has attracted widespread attention from all countries in the world. Therefore, oil is known as the "blood of the economy".

The oil and natural gas industry has been valued by countries all over the world. Russia, however, is an energy-rich country, and energy exports are its main economic source. Therefore, it is particularly important to seek low-cost oil transportation methods. Pipeline transportation is undoubtedly the best method. Compared with railway transportation, pipeline transportation has a larger transportation volume, higher safety, and better economy, because its construction investment is only 1/2 of that of railway transportation, and its transportation cost is only 1/2 of that of railway transportation. 1/3 of it. Especially in recent years, the proven oil reserves have risen quickly, resulting in a substantial increase in the laying of oil pipelines.

1.2 High strength low carbon steel

Most of Russia's oil and gas resources are distributed in the harsh remote region, Siberia. This area belongs to the alpine area, and passes through the tundra[12]. Therefore, high-pressure transmission or harsh environments impose strict technical performance requirements on pipelines. From the comprehensive evaluation of the development trend of oil and gas pipelines, pipeline service conditions, main failure modes and failure reasons, the main performance requirements for pipeline steel are: high strength, high toughness, excellent weldability and corrosion resistance.

Based on safety considerations, the technology of oil and gas pipelines is increasingly demanding, especially the improvement of material toughness requirements. Therefore, many measures have been taken in the composition design of steel and the processes of smelting, casting, rolling, etc., such as oxygen, hydrogen, and control of nitrogen and sulfur impurities. In terms of composition design, low sulfur, high manganese and trace alloy elements are added. Another example is to use the principle of precipitation strengthening to produce pipeline steel with fine grain, high strength, high impact value and low ductile-brittle transition temperature, etc[13].

1.3 Corrosion resistant steel

Oil and gas pipelines are inevitably affected by changes in the geological environment and harmful media in oil and gas during their service, resulting in corrosion and damage. Therefore, a large amount of alloying elements such as nickel and chromium are added to the composition of the steel to form a single-phase austenite structure, thereby achieving the effect of corrosion resistance.

1.4 Dual layer steels

Dual layer steel is a unique material that not only belongs to the class of bimetals, which means the inclusion of structural steel in the base layer and a cladding layer that is corrosion resistant. These steels perfectly combine both the necessary mechanical properties and provide the protection against corrosion we need.

The main indicators of the quality of two-layer rolled products, which determine its manufacturability in the manufacture of equipment and the operational properties of the product, are the continuity and strength of the connection of the layers, as well as the special properties of the cladding layer (corrosion resistance, wear resistance, etc.). The current requirements for two-layer sheet steels in Russia are regulated by GOST 10885-85, which is focused on bimetal obtained according to the batch rolling scheme. Increasing demands for high-performance equipment for oil and gas processing and chemical industries, operating

in the most extreme conditions (high and low temperatures, pressure, aggressive environments, cyclic loading), require the use of reliable bimetals that ensure compliance.

A layer of corrosion-resistant material, a few millimetres thick, is sufficient to ensure a shock-absorbing service life, and a wall of a much greater thickness is needed to ensure strength conditions.

The use of two-layer metals, in addition to saving scarce metals and alloys, makes it possible to obtain such a combination of the desired properties that cannot be achieved using any one metal.

The most widely used are two-layer steels with a cladding layer of austenitic chromium-nickel steels 08X18H10 and 12X18H10 stabilized by titanium or niobium, as well as chromium ferritic steel 08X13 and chromium-nickel steel with molybdenum (10X17H13M2T).

The ability of the cladding layer of two-layer steel to resist corrosion in a particular environment determines the scope of its application. Steel 12X18H10T refers to steels for use in medium aggressive environments. Steel is capable of resisting organic acids and such kinds of acids as phosphoric, nitrous. to solutions of many salts and alkalis, sea water, humid air; unstable in hydrochloric, sulfuric, hydrofluoric, hot phosphoric, boiling organic acids. Steel itself resists corrosion quite well [14].

1.5 Welding characteristics of double-layer steel

Stainless steel clad steel plate is composed of two layers of steel plates with different properties through a special manufacturing process, and has its particularity when welding:

- to make the base layer meet the strength requirements of the welded structure, and make the cladding layer in contact with the working medium meet the corrosion resistance requirements;

- for the base layer, it is necessary to avoid increasing the content of alloys such as chromium and nickel. Due to the increase of chromium and nickel content, hard and brittle structures will be formed in the base weld, which is prone to cracks and affects the strength of the weld;

- for the cladding layer, it is necessary to prevent the carbon from the base layer from migrating to it, dilute the chemical composition of the cladding weld, so as to reduce the austenite composition, and greatly reduce the corrosion resistance of the cladding layer.

1.5.1 Influence of Material Chemical Composition on Welding Quality

The chemical composition of the base layer and the clad layer of the stainless steel clad steel plate is very different, which brings the following difficulties to the welding of the clad steel plate:

- the chemical composition of the weld with a cladding layer is easily diluted with the main layer;
- easy to create high hardness carburization layer and low hardness decarburization layer caused by carbon migration at the junction of base layer and cladding layer;
- it is easy to produce hardened and brittle structure in the fusion zone [15].

1.5.2 Influence of Material Physical Properties on Welding

Quality

There is a big difference in physical properties between the clad layer and the main layer of double layer steel.

In general, the thermal conductivity of austenitic stainless steel is about 1/3 of that of carbon steel, and the coefficient of linear expansion is indeed much larger than that of carbon steel. As the temperature increases, the difference in expansion increases accordingly[16].Therefore, during the welding process, due to the large difference in the linear expansion coefficients of the two metals, the cooling contraction between the two metals is inconsistent, which will cause a large welding stress, and in severe cases, it will lead to welding cracks.[17].If a welded joint is subjected to cyclical thermal cycles, alternating thermal stresses are generated, causing it to fail prematurely due to fatigue.

1.5.3 Principles of welding process for stainless steel clad steel plate

5. Do not use carbon steel or low alloy steel welding consumables to weld high alloy materials.

6. When welding the transition layer, a small heat energy should be used to prevent the base metal from penetrating into the cladding layer and causing weld defects.

7. When welding multi-layer welds, in order to reduce the heat-affected zone and reduce the dilution rate of the alloy, it is advisable to use a small current.

8. Depending on the weldability of the material, focus should be placed on the poorly weldable layer (austenitic stainless steel).

1.6 Austenitic stainless steel welding characteristics

Austenitic stainless steel has very good plasticity and toughness. Compared with other structural steels, austenitic stainless steel is more prone to hot cracks during welding, mainly solidification cracks, and liquefaction cracks may also occur. This is related to the characteristics of austenitic stainless steel itself:

– austenitic stainless steel has a small thermal conductivity and a large linear expansion coefficient. Under the action of welding heat cycle, a large tensile stress is easily generated in the joint;

- The alloy composition of austenitic stainless steel is complex, impurity elements such as S, P, Sn, Pb, and elements with limited solubility such as Nb and Si may form low-melting eutectic liquid films, resulting in welding hot cracks;
- austenitic stainless steel is easy to crystallize together, forming a columnar grain structure with strong directionality, creating conditions for the formation of intercrystalline liquid film [18].

The weld microstructure has a very important influence on the hot crack susceptibility of austenitic stainless steel, which depends on the solidification mode of liquid metal and weld alloy. Among the four solidification modes of the alloy, the alloy solidified in the F or A mode has a single-phase δ -ferrite structure or a single-phase γ -austenite structure, and the grains are coarse, which is easy to cause element segregation, thereby increasing Hot cracking tendency; when the solidification mode of the alloy is AF, the amount of δ phase is limited, which is not enough to hinder the growth of primary γ phase dendrites, and it will also produce coarse dendrite structure and segregation, and the hot cracking tendency is also greater; only when When the solidification mode of the alloy is FA, the primary δ phase is worm-like, which plays an important role in hindering the development of γ -phase dendrites, thereby refining the grains and reducing element segregation, so it has the lowest hot cracking tendency [19].

Lu Dingyuan [20] showed that for austenitic stainless steel (such as 0Cr18Ni9Ti) with a mass fraction of Ni less than 15%, if there is a small amount of δ ferrite (about 5%) in the weld, the weld metal can be greatly improved. crack resistance performance. This is because a small amount of δ ferrite can prevent the growth of γ austenite grains during the solidification process of the weld, disrupt the directionality of dendrites, refine the weld structure, increase the grain boundary area, and avoid liquid film It is distributed continuously on the grain boundary, thereby reducing the harmful effect of the low melting point eutectic phase to a certain extent. In addition, δ ferrite has the ability to dissolve more impurity elements than γ austenite. For example, the solid solubility of S in δ ferrite is 0.18%, and only 0.05% in γ austenite; the solid solubility of P in δ ferrite is 2.8%, while only 0.05% in γ austenite. 0.25%. Therefore, there is a small amount of δ ferrite in the weld, which can reduce the segregation of impurities such as S and P.

1.7 Common welding methods for austenitic stainless steel

1.7.1 Inert gas shielded welding

In order to better optimize and improve the welding effect of austenitic stainless steel, the application of inert gas shielded welding is ideal, which can effectively guarantee the welding quality of austenitic stainless steel, such as argon arc welding is a common method. The application of argon arc welding in the welding of austenitic stainless

steel can better form an argon protective layer, which has an ideal control effect on the composition of the weld, and also has a good cooling effect, so as to better control the heat source of the weld without excessive slag removal, the degree of mechanization is relatively high. However, the operation of inert gas shielded welding is often difficult, and the equipment is relatively complicated. At the same time, DC arc welding power supply is needed, so it is difficult to form good economic benefits. [21].

1.7.2 Plasma arc welding

For the welding treatment of austenitic stainless steel, plasma arc welding can also be used, especially in the welding treatment of austenitic stainless steel with a thickness less than 10mm. The application effect is often more prominent. Because plasma arc welding can form relatively concentrated heat in practical applications, and then it can be welded without opening grooves, and no filler metal is required, and it can be formed at one time. It has good application value. However, the precision of its technical operation is high, and it also requires high cost input.

1.7.3 Pulse Manual Arc Welding

As a relatively mature welding method, manual arc welding can form a good application effect in the welding of austenitic stainless steel, especially for austenitic stainless steel with a thickness of more than 2mm. In the application of manual arc welding, because of its high heat, there is

a serious problem of expanding the heat-affected zone, and even deformation due to excessive residual stress, resulting in serious quality problems, so the applicability is limited.

Add pulse current on the basis of manual arc welding, because its heat input is small and relatively concentrated, there is no serious problem of expansion of heat-affected zone, so it can form a good deformation control effect, and it is not easy to have serious quality problems, so the applicability is greatly enhanced.

1.8 The main research content of this paper

The low carbon steel/stainless steel clad plate is welded by the traditional fusion welding method, and the quality of the welded joint obtained is poor. In this paper, pulsed manual arc welding is used to realize the reliable connection of low carbon steel/stainless steel composite structure, and the influence of different electrode materials on the weld performance is analysed. The main research contents include the following aspects:

- (1) Influence on welding quality by welding with different electrodes.
- (2) Through metallographic analysis, the mechanism of weld microstructure transformation is clarified.

LIST OF SOURCES USED

36. Wang Ying. Analysis of world oil shipping routes[J]. World shipping,1998(01):10-11.

37. Wang Litao, Li Zhengbang, Zhang Qiaoying. Performance requirements and element control of high-grade pipeline steel[J].Steel Research, 2004(04):13-17。

38. Yakovlev S.S., Kuhar V.D., Tregubov V.I. Theory and Technology of Stamping of Anisotropic Materials / ed. S.S. Yakovlev. Moscow: mechanical engineering, 2012. 400M

39. He Yueqiu, Metalology and Metal Technology T000071 Guide to Welding Techniques of Dissimilar Metals. Edited by Yang Muzhi, Chinese Book Yearbook, Hubei People's Publishing House,1998,603,yearbook.

40. Wu Jiang, Metallurgy, Metal Industry T000112 Handbook for Welding Engineers. Edited by Yang Muzhi, Chinese Book Yearbook, Hubei People's Publishing House,2003,659,yearbook.

41. WANG Jianjun, YU Shurong, ZHANG Yongming. Causes and repair of cracks in the external connection pipe of high-pressure residue hydrogenation reactor[J].Refining Technology and Engineering,2015,45(02):54-56.

42. Han Yu. Dissimilar material welding——Analysis of welding process between 1Cr18Ni9Ti and 16Mn[J],2010(14):107.

43. Lippold, Kotecki bD.J. Chen Jianhong. Stainless Steel Welding Metallurgy and Weldability[M]. Machinery Industry Press, 2008.

44. Lu Dingyuan, Ma Yandong. 1Cr18Ni9Ti/GH3044 Dissimilar Metal Welding Crack Analysis[J]. Physical Test,2013,31(02):50-52.

45. Xiang Lizhong. Discussion on Welding Process of Austenitic Stainless Steel[J]. Metallurgy and Materials,2021,41(01):90-91.