

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ
ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ И САМОЗАЩИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ НА
ФОРМИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ**

УДК: 621.791.754.042.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Калюжный Григорий Петрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина Анна Александровна	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Дашковский А.Г.	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.С. Киселев	Кандидат технических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Киселев А.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ71	Калюжный Григорий Петрович

Тема работы:

Влияние параметров режима механизированной сварки в среде защитных газов и самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3645/с от 13.05.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Механизированная сварка постоянным током и импульсным питанием дуги. Образцы, выполненные механизированной наплавкой на пластины из стали 09Г2С.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Литературный обзор. 2. Методика и материалы исследования. 3. Результаты эксперимента. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность. 6. Заключение и выводы.										
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Титульный лист (название работы). 2. Актуальность исследования. 3. Цель и задачи исследования. 4. Макроструктура результатов наплавки. 5. Микроструктура результатов наплавки. 6. Графики распределения микротвердости. 7. Рентген стыковых соединений. 8. Материальные затраты исследования 9. Заключение и выводы.										
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> <table> <tr> <th>Раздел</th><th>Консультант</th></tr> <tr> <td>Основная часть магистерской диссертации</td><td>Першина Анна Александровна</td></tr> <tr> <td>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</td><td>Фадеева Вера Николаевна</td></tr> <tr> <td>Социальная ответственность</td><td>Дашковский Анатолий Григорьевич</td></tr> <tr> <td>Часть магистерской диссертации на английском языке</td><td>Смирнова Ульяна Александровна</td></tr> </table>		Раздел	Консультант	Основная часть магистерской диссертации	Першина Анна Александровна	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна	Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич	Часть магистерской диссертации на английском языке	Смирнова Ульяна Александровна
Раздел	Консультант										
Основная часть магистерской диссертации	Першина Анна Александровна										
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна										
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич										
Часть магистерской диссертации на английском языке	Смирнова Ульяна Александровна										
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: 1. Особенности сварки импульсным питанием дуги 2. Процесс сварки модулированным током (СМТ) 3. Порошковая проволока											

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина Анна Александровна	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Калюжный Григорий Петрович		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
Отделение электронной инженерии
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 / 2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.04.2019	1 Литературный обзор	25
14.04.2019	2 Материалы, оборудование и методы исследования	5
02.05.2019	3 Экспериментальная часть	35
16.05.2019	4 Выводы	10
24.05.2019	5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2019	6 Социальная ответственность	10

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	Киселев А.С.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ71	Калюжный Григорий Петрович

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость применяемого оборудования для проведения эксперимента, заработная плата с учетом районного коэффициента, стоимость электроэнергии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	---
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления от заработной платы по единому социальному налогу 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Калюжный Григорий Петрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM71	Калюжный Григорий Петрович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса).	Помещение с искусственной вентиляцией воздуха расположено на 1 этаже. В помещении размещены источники питания для сварки; площадь помещения 375 м ² .
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме.	ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования 1.2. Обоснования мероприятий по защите исследователя от опасных и вредных факторов	- Шум на рабочем месте. - Микроклимат помещения. - Повышенный уровень вибрации. - Освещённость рабочей зоны. - Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. - Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность 2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте 3.2 Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае ЧС	Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является короткое замыкание, а также наличие разбрызгивания расплавленного металла при проведении сварочных работ.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	- Правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. - Социальная защита работников.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Калюжный Григорий Петрович.		

Реферат

Магистерская диссертация – 101 с., 18 рисунков, 28 таблица, 33 использованных источника, 18 листов демонстрационного материала (слайдов), 1 приложение

Ключевые слова: импульсный питание, механизированная наплавка, поверхностное упрочнение, зона термического влияния, твердость.

Объектом исследования является сравнение влияния режимов механизированной сварки сплошной и порошковой проволокой путем наплавки на образцы из стали 09Г2С.

Целью данной работы является исследование влияния параметров режима механизированной сварки сплошной и порошковой проволокой на структуру и свойства формирующихся сварных соединений труб из низколегированной стали, эксплуатирующихся в условиях низких климатических температур.

В процессе исследования подвергали наплавке образцов по средству механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения постоянным током и импульсным питанием дуги, замерили уровень твердости поверхностного слоя образца.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ геометрических параметров наплавленных валиков показал, что при использовании проволоки сплошного сечения глубина проплавления больше, чем при сварке порошковой проволокой. При постоянном питании дуги формируются низкие, но широкие валики. При сварке на постоянном токе формируется валик с большой шириной, но меньшей высотой. Высота валиков с импульсным питанием дуги выше, чем при сварке на постоянном токе, соответственно при сварке больше металла в сварочной ванне.

2. При оценке микроструктуры наплавленного металла выявлено, что структура наплавки, полученная при использовании постоянного тока, имеет

крупнозернистое строение с малым углом разориентации зерен, высоким средним значением микротвердости и неравномерным её распределением по толщине наплавленного металла, а при использовании импульсного переноса металла получаем структуру наплавляемого металла, характеризующуюся наименьшим размером зерен, их дисперсией, и наибольшим углом разориентации.

3. Зона термического влияния имеет повышенную микротвердость. При этом зона оплавления обладает пониженной твердостью по сравнению с исходной твердостью стали. Снижение уровня твердости в зоне оплавления наряду с плохой травимостью свидетельствует о сохранении большего количества феррита в данной области за счет быстрой кристаллизации при охлаждении и снижении точки начала перлитного превращения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Феррит – твёрдый раствор углерода в объёмно-центрированной кубической кристаллической решётке железа.

В настоящей работе применены следующие обозначения, сокращения нормативные ссылки:

- Длина валика – l , мкм;
- Ширина валика – b , мкм;
- Глубина проплавления – h , мкм;
- ЗТВ – Зона Термического Влияния;
- Дисперсия – D ;
- ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;
- ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;
- СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые;
- ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности;
- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей.

Содержание

Введение	13
1. Особенности сварки импульсным питанием дуги	15
1.1 Импульсная сварка	15
1.2 Импульсная сварка в защитных газах	16
1.2.1 Преимущества импульсной MIG/MAG сварки	17
1.3 Механизированная сварка труб с использованием процесса STT	18
1.3.1 Область применения	19
1.4 Процесс сварки модулированным током (CMT)	20
1.5 Порошковая проволока	21
1.5.1 Классификация сварочных порошковых проволок	22
1.5.2 Функции флюса сердечника порошковой проволоки	23
1.5.3 Легирующие элементы	24
2 Методика и материалы исследования	26
2.1 Материалы исследования	26
3 Результаты эксперимента	32
3.1 Анализ результатов наплавки	32
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
4.1 Предпроектный анализ	42
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	42
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
4.1.3 FAST – анализ	45
4.1.4 SWOT-анализ	55
4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации	58
4.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	61
4.2 Инициация проекта	62
4.3 Планирование управления проектом	64
4.3.1 План проекта	64
4.3.2 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты	65
4.3.3 Расчет фонда заработной платы	65

4.4.1	Оценка сравнительной эффективности проекта	68
5	Социальная ответственность.....	71
5.1	Производственная безопасность	71
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	72
5.1.2	Расчет искусственного освещения	77
5.2	Экологическая безопасность	79
5.2.1	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	79
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
5.3.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	81
5.3.2	Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	81
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	83
5.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	83
5.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	84
5.4.3	Социальная защита работников на предприятии.....	86
	Заключение.....	88
	Список использованных источников	89
	Приложение А.....	92

Введение

Интенсивное развитие техники и технологий в области сварочного производства и машин способствует проведению широкого ряда исследований в области сварки [1-4]. В настоящее время особо актуальным является исследование механизированных способов сварки в среде защитных газов, выполняемых с использованием сплошной и порошковой проволоки, при постоянном и импульсном питании сварочной дуги.

Механизированная сварка сплошной проволокой широко применяется в энергетике при сварке паропроводов и бойлеров, работающих при температуре до 500°C, судостроении, химическом машиностроении, для сварки конструкций, работающих при низких температурах, а также для сварки газопровода в условиях Крайнего Севера [2-5].

Механизированная сварка порошковой проволокой широко применяется при сооружении большинства доменных комплексов, ее используют при сварке кожухов доменных печей, воздухонагревателей и пылеуловителей, сосудов газоочистки, кровли литейных дворов, воздухопроводов. При сооружении вертикальных цилиндрических резервуаров механизированную сварку порошковой проволокой применяют для выполнения кольцевого упорного шва и монтажных швов кровли и днища.

Данные способы являются наиболее производительными по сравнению с ручной дуговой сваркой.

При строительстве магистральных трубопроводов, прокладываемых в условиях Крайнего Севера, где расчетная температура составляет минус 50°C и ниже, особое значение имеет выбор способа сварки. От выбранных параметров режима при сварке и сварочных материалов зависит прочность соединения при низких температурах окружающего воздуха.

В настоящее время существуют стандартные технологии [5-7], которые используют большинство нефтегазодобывающих компаний при строительстве

трубопроводов в низкотемпературных условиях. Однако, человеческий фактор наряду со сжатыми сроками строительства, приводит к нарушению технологий в части соблюдения требований подогрева, охлаждения и количества слоёв сварного шва.

В связи с этим перед технологами стоит задача свести к минимуму человеческий фактор и разработать технологический процесс на основе исследований по механизированной сварке труб из низколегированной стали, сплошной и порошковой проволокой.

Поэтому целью данной работы является исследование влияния параметров механизированной сварки при постоянном и импульсном питании дуги в среде защитного газа, при использовании порошковой проволоки и проволоки сплошного сечения на формирование соединения из низколегированной стали.

1. Особенности сварки импульсным питанием дуги

1.1 Импульсная сварка

В сварочном деле появляются все более совершенные технологии. Одна из них – импульсная сварка [1]. Используется импульсная сварочная технология в различных сферах: в строительстве современных трубопроводов, в промышленном и гражданском строительстве и в быту. Этот вид сварки эффективен в работе с конструкциями, выполненными из сталей и сплавов меди, алюминия, никеля, титана и других цветных металлов. Она используется в сварке стыковых соединений при обработке кромок с узкими щелями из толстолистового металла. Импульсно дуговая сварка была разработана в качестве альтернативы дуговой сварке, у которой много нареканий по качеству и производительности.

Суть импульсной сварочной технологии – соединение металлических поверхностей посредством коротких импульсов, за счет запаса энергии аккумулятора, подключаемого к электрической цепи. Ее отличительной особенностью является возможность выполнения неразъемных соединений металлов, имеющих разнородный состав. Для выполнения сварки импульсным током необходимо специальное оборудование – импульсный сварочник и расходные материалы.

Импульсная сварка представляет собой циклический контролируемый процесс переноса металла в среде защитного газа:

- мощный импульс отделяет и переносит одну каплю металла сварочной проволоки на изделие;
- сила тока падает до значения, позволяющего только поддерживать дугу, но недостаточную для отделения и переноса капли металла;
- в сварочной ванне идет остывание;
- повторение цикла.

Конденсаторная сварка осуществляется агрегатами, как малой, так и большой мощности. Максимально выдаваемый ток мощных агрегатов может достигать 100 000 А и больше. Сварочные аппараты конденсаторного типа отличаются большой точностью дозирования энергии, затрачиваемой на сварочный импульс. Эта сварка осуществляется путем сильного выплеска энергии и предназначена для соединения алюминия и нержавеющей сталей [2].

Сварочное оборудование магнитно-импульсного типа преобразует электрическую энергию в механическую. Это происходит за счет наведения магнитного поля. Под его действием, и под действием высокого давления, происходит сварное соединение между деталями. Магнитно-импульсная сварка применяется в соединении любых материалов как однородных, так и разнородных по составу.

В аппаратах, предназначенных для аккумуляторной сварки, используются щелочные аккумуляторы. Они имеют прочную конструкцию и хорошо выдерживают короткие замыкания.

1.2 Импульсная сварка в защитных газах

Импульсная сварка в защитных газах (pulsed MIG/MAG) реализуется при помощи импульсного источника сварочного тока для управления переносом расплавленного присадочного материала в дуге (капельным переносом) таким образом, чтобы стабилизировать процесс горения дуги и минимизировать разбрызгивание [1-2].

Импульсная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG) используется, главным образом, для сварки алюминия и нержавеющей стали, хотя также используется для сварки обычной углеродистой стали. Контроль за переносом капель металла осуществляется при наложении на базовый ток импульсов частотой 30 — 300 Герц, что делает возможным расширить диапазон струйного переноса металла при более низких значениях сварочного тока [1-2].

Процесс обеспечивает устойчивое горение дуги и отсутствие разбрызгивания, в отличие от сварки короткой дугой.

Использование импульсов преследует две цели: обеспечение плавления присадочной проволоки и, затем, создание и отрыв только одной расплавленной капли для каждого импульса. Это означает, что при возрастании скорости подачи проволоки частота импульса должна также увеличиться. Этим обеспечивается поддержание постоянным объема капли в течение всего процесса. Низкий ток паузы поддерживает горение дуги между импульсами [2]. Хотя амплитуда тока каждого импульса высока, среднее значение тока и, таким образом, подвод тепла к соединению может сохраниться низким.

1.2.1 Преимущества импульсной MIG/MAG сварки

Имеется ряд преимуществ импульсной сварки по отношению к другим [2]:

- процесс переноса металла в сварочную ванну полностью управляем, отсутствует разбрызгивание, что обеспечивает эстетический вид облицовочного шва;
- имеется возможность расширения диапазона параметров MIG/MAG сварки со струйным переносом до более низких параметров тока, чем при традиционной сварке, особенно таких материалов как нержавеющая сталь или алюминий;
- способ позволяет сваривать тонкие материалы или выполнять сварку в различных пространственных положениях с лучшими результатами, чем при сварке короткой дугой;
- импульсная MIG/MAG сварка иногда используется там, где применяется традиционная MIG/MAG сварка со струйным переносом, для обеспечения лучшего проплавления металла;
- при импульсной MIG/MAG сварке стабильного горения дуги можно достигнуть даже при использовании более толстой присадочной проволоки. Это

необходимо при сварке алюминия, когда бывает трудно подавать проволоку из-за ее мягкости;

- эффективное сжатие капель расплавленного металла при импульсной MIG/MAG сварке уменьшает перегрев металла, приводя к меньшему дымообразованию.

1.3 Механизированная сварка труб с использованием процесса STT

Аббревиатура STT расшифровывается как "Surface Tension Transfer" - это так называемый механизм переноса капли с помощью сил поверхностного натяжения [3-4]. Это одна из разновидностей процесса переноса короткими замыканиями, которая реализуется при механизированной сварке в среде защитного газа с одним важным отличием - расплавленный металл переносится из-за поверхностного натяжения сварочной ванны, которая вытягивает в себя в жидкую металлическую каплю с конца проволоки. Электромагнитное давление сжатия (Пинч-эффект) дополнительно помогает отделить каплю, но это не основной механизм передачи, как это наблюдается при обычной сварке коротким замыканием. Этот тип переноса может значительно уменьшить разбрызгивание и образование дыма, в отличие от традиционных методов. Процесс прост в использовании, обеспечивает контроль сварочной ванны и может снизить вероятность отсутствия несплавления. Для качественной сварки не требуется высококвалифицированный сварщик. Кроме того, простота метода STT сокращает время обучения сварщиков. «Линкольн Электрик» специально разработал для этого процесса инверторный источник питания на 2250 А «Invertec STT II», реализующий технологию управления сварочным током. При сварке путем регулировки выходного тока (аналогично импульсной дуговой сварке) достигают вышеуказанных преимуществ. «Invertec STT II» отличается от обычных сварочных источников. Это ни источник с жесткой характеристикой, ни источник с круто падающей характеристикой [4]. Аппарат имеет обратную связь, которая отслеживает основные этапы переноса капли и мгновенно реагирует на процессы,

происходящие между электродом и сварочной ванной, изменяя величину сварочного тока. “Invertec STT II” во многом отличается от обычных машин.

1.3.1 Область применения

Сварка с использованием процесса STT предназначена для односторонней механизированной сварки корневого слоя сварного шва стыков труб сплошным сечением проволоки в среде углекислого газа труб диаметром 325–1220 мм и толщиной стенки до 20 мм включительно, а также для сварки всех слоев сварного шва из трубных соединений аналогичных диаметров до 8 мм включительно [4]. Процесс STT рекомендуется для выполнения корневого слоя сварных швов при сварке труб с зазором, а также для сварки тонколистового металла [4]. Это позволяет сваривать всю сталь, начиная с углеродистых, заканчивая сплавами с высоким содержанием никеля.

Основные параметры [4]:

- скорость подачи сварочной проволоки;
- пиковый ток;
- базовый ток;

Длительность заднего фронта импульса.

Напряжение, необходимое для дуги, автоматически устанавливается источником питания. Это приводит к тому, что количество тепла, вводимого в сварочную ванну, не зависит от скорости подачи проволоки. Кроме того, улучшены условия контроля формирования сварочной ванны. Стадия пинч-эффекта также автоматически контролируется источником.

Сварка корневого шва неповоротных стыков труб [4].

Сварка корневого слоя швов стыков труб является сложным этапом сварочно-монтажных работ при строительстве трубопроводов. Использование сварки STT, которая имеет возможность управлять механизмом переноса и контролировать формирование сварочной ванны, позволяет значительно облегчить

реализацию сварки корневого слоя шва. Режимы сварки процесса STT имеют более широкий диапазон, чем обычная сварка в среде защитного газа [4]. Если во время обычной сварки труб для получения высококачественного соединения используются конкретные значения напряжения дуги и скорости подачи сварочной проволоки, тогда STT может использовать различные варианты для этих целей. В процессе сварки аппаратом Invertec STT II можно воспользоваться проволокой большего диаметра по сравнению с проволокой, используемой при работе с источником, имеющим жесткие характеристики.

1.4 Процесс сварки модулированным током (СМТ)

Возможно периодическое, предварительно запрограммированное изменение энергетических параметров источника питания системы - сварочной дуги между высоким (импульсным) и низким (пауза) уровнями [5]. Во время импульса тока основная часть электрода и свариваемый металл расплавляется, и в последующий период паузы большая часть сварочной ванны кристаллизуется. Эта особенность SMT значительно облегчает сварку. При выполнении сварки, сварщик вынужден регулировать текучесть ванны и выполнять различные манипуляции концом электрода, чтобы обеспечить удовлетворительное формирование шва. В этом случае, сварщик находится в напряженном состоянии и не может обеспечить стабильность качества сварного шва. Модуляция сварочного тока освобождает сварщика от операции измерения тепла, вводимого в сварочную ванну, и передавать его на специальное устройство – модулятор [5]. Сварщику необходимо заполнить только шов, техника сварки упрощается и становится доступной даже новичку.

Наложение импульсов тока на дугу малой мощности при сварке плавящимся электродом позволяет получить контролируемый точечный перенос металла электрода. Если значение амплитуды импульсного тока превышает критическое значение для этих условий и частота повторения импульсов

составляет ≥ 25 Гц, то один импульс металла электрода передается в сварочную ванну с каждым импульсом [5]. Под термином «критический ток» понимается такая величина сварочного тока, при которой размер металлических капель, переносимых через дуговой разрядник, резко уменьшается, и частота их образования соответственно увеличивается. Средний ток на 30-40 % меньше номинального значения. Благодаря устранению коротких замыканий дугового промежутка с каплями электродного металла, стабильность процесса сварки значительно улучшается, характер переноса капель практически не зависит от пространственного положения сварного шва.

1.5 Порошковая проволока

Механизированные и автоматизированные процессы дуговой сварки и наплавки порошковой проволокой все шире используются во многих странах при производстве и ремонте различных изделий и конструкций во многих отраслях промышленности и отраслях. Рассмотрены преимущества процесса MAG с порошковой проволокой по сравнению с процессами MMA и MAG со сплошной проволокой. Область эффективного применения порошковой проволоки - это, в частности, строительство магистральных трубопроводов [6].

Порошковая проволока представляет собой сплошной электрод в форме проволоки, заполненной следующими компонентами различного назначения: шлакообразующими, газообразующими, стабилизаторами дуги, легирующими порошками, ферроматериалами и микролегирующими элементами [6]. Порошковая проволока представляет собой сплошной электрод трубчатой или другой более сложной структуры с порошковым сердечником-наполнителем. Сердечник состоит из смеси минералов, руд, ферросплавов, металлических порошков и других материалов. Назначение этих основных компонентов заключается в следующем: защита расплавленного металла от вредного воздействия воздуха, раскисления, легирования металла, связывания азота с

стойкими нитридами, стабилизации дугового разряда и т.д. Кроме того, компоненты сердечника должны соответствовать общепринятым требованиям для всех сварочных материалов: обеспечить хорошее формирование сварного шва, легкое отделение шлаковой корки, минимальное разбрызгивание металла, отсутствие пор, трещин, включений шлака и других дефектов.

1.5.1 Классификация сварочных порошковых проволок

Порошковые проволоки можно классифицировать по назначению, способу защиты металла от воздействия воздуха, типу сердечника, механическим свойствам металла шва. Назначение проволоки определяется классом свариваемого металла. Порошковая проволока используется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, легированных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов. Самая распространенная проволока для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

По способу защиты порошковые проволоки делятся на два вида [6]:

- самозащитные;
- для сварки с дополнительной защитой газом или флюсом.

В зависимости от состава сердечника используемые в нашей стране проволоки можно разделить на пять типов - рутилово-органические, рутиловые, карбонатно-флюоритовые, рутил-флюоритовые, флюоритовые. Рутилово-органическая проволочная сердцевина состоит в основном из рутилового концентрата и алюмосиликатов (полевой шпат, слюда, гранит и т.д.).

Ферромарганец используется в качестве раскислителя, а крахмал или целлюлоза используются в качестве газообразующих материалов. Рутилово-органические сердечники используются в качестве самоэкралирования.

Сердечник рутиловой проволоки состоит в основном из рутилового концентрата, алюмосиликатов и руд. Ферромарганец, ферросилиций, ферротитан, ферроалюминий служат раскислителями. Проволоки рутилового типа используются с дополнительной защитой от углекислого газа.

В сердечник проволоки типа карбонат-флюорит в качестве газообразующих материалов вводятся карбонаты кальция, магния и натрия. В качестве шлакообразующих материалов используются рутиловый концентрат, алюмосиликаты, оксиды щелочноземельных металлов, флюоритовый концентрат. Металл раскисляется ферромарганцем, ферросилицием. Для дополнительного раскисления металла и связывания азота с нитридами титан и алюминий иногда вводят в сердечник проволоки этого типа. Проволока с сердечником типа карбонат-флюорит чаще всего используются в качестве самозащитных, но они также используются в сочетании с дополнительной защитой от углекислого газа. Сердечник рутилово-флюоритовой проволоки состоит в основном из рутилового и флюоритового концентратов, оксидов щелочноземельных металлов, алюмосиликатов, иногда вводимых в виде шлакообразующих. Ферромарганец и ферросилиций служат раскислителями [6]. Проволока с сердечником этого типа используются, как правило, с дополнительной защитой от углекислого газа. Сердечник проволок флюоритового типа состоит в основном из флюоритового концентрата, а оксиды щелочноземельных металлов вводятся в небольших количествах. Ферромарганец, алюминий, магний используются для раскисления металлов. Алюминий также связывает металл сварного шва с нитридами. Проволоки сердечника типа флюорита используются в качестве самозащитных. Железные сердечники вводятся в сердечники всех типов проволоки с целью повышения производительности сварки и придания благоприятных сварочно-технологических свойств.

1.5.2 Функции флюса сердечника порошковой проволоки

Состав флюса разработан в соответствии с областью применения порошковой проволоки. Основной функцией флюса является очистка металла шва от газов, таких как кислород и азот, которые отрицательно влияют на механические свойства шва [7]. Чтобы уменьшить содержание кислорода и азота в металле

сварного шва, кремний и марганец добавляются к флюсу проволоки, которые являются раскислителями, а также способствуют улучшению механических свойств металла. Такие элементы, как кальций, калий и натрий, вводятся во флюс для придания свойствам шлака, которые помогают улучшить защиту расплавленного металла от воздействия атмосферного воздуха во время кристаллизации металла.

1.5.3 Легирующие элементы

Легирование металла сварного шва через порошковую проволоку является более предпочтительным по сравнению с легированием металла сварного шва через сплошную проволоку (технически проще ввести легирующие компоненты в сердечник порошковой проволоки, чем изготавливать сплошную проволоку из легированного металла). Часто используются следующие легирующие элементы [7]: молибден, хром, никель, углерод, марганец и т.д. Добавление этих элементов в металл сварного шва повышает его прочность и пластичность, и в то же время предел текучести, а также улучшает свариваемость металла порошковые проволоки с высоким содержанием металлического порошка (металлокорд). Флюс из порошковой проволоки этого типа содержит большое количество железного порошка, а также добавки кремния и марганца, которые обычно содержатся в сплошных проволочных проволоках. Некоторые проволоки также содержат до 2 % никеля, что увеличивает ударную вязкость при низких температурах [7]. Металлопрокатные проволоки используются для сварки стыковых и угловых сварных швов во всех пространственных положениях. Они обеспечивают высокую производительность наплавки. Классификация проволоки по механическим свойствам металла шва еще не утверждена. Обычно на этой основе свойства швов, выполненных из порошковой проволоки, сравнивают со свойствами швов, выполненных с электродами различных типов, регламентированных ГОСТом 9467-60. Для механизированной сварки открытой дугой без дополнительной

защиты зоны сварки используются специальные порошковые проволоки, которые представляют собой гибкую стальную трубу диаметром $1,0 + 3,2$ мм и заполненную сердечником из порошкового флюса, который используется для защиты зоны сварочной дуги и ванны против воздействия кислорода, а также для легирования металла шва и его раскисления. Порошковая проволока имеет хорошие сварочные и технологические свойства, минимальную токсичность газов и пыли, обеспечивает низкое разбрызгивание металла, хорошее образование сварного шва и отделение шлаковой корки [7]. Сварка производится на постоянном токе обратной полярности. Подготовка кромки к сварке такая же, как при сварке сплошной проволокой в среде CO_2 .

Существует два основных вида порошковой проволоки [6]:

- бесшовная;
- вальцованная.

Использование порошковой проволоки обеспечивает следующие преимущества:

- выполнение швов высокого качества сварщиками более низкой квалификации;
- обучение в короткие сроки сварщиков технике сварки в различных пространственных положениях;
- минимизация чувствительности качества проплавления и формирования сварного шва к непреднамеренным изменениям настроек режима сварки;
- снижение затрат на исправление дефектов.

2 Методика и материалы исследования

2.1 Материалы исследования

В процессе выполнения магистерской диссертации для механизированной наплавки плавящимся электродом, было использовано следующее оборудование:

- источник питания Maxi 405;
- механизм подачи проволоки WF-4.
- для управления переносом металла Invertec STT-2+LF37;
- скорость подачи проволоки: 4м/мин.

Для оценки влияния марки сварочной проволоки и параметров режима сварки на формирование структуры и свойств наплавленного металла была выполнена наплавка ниточных валиков на пластины из стали 09Г2С толщиной 10 мм. Длина наплавленного валика составляла 250...300 мм.

В качестве сварочного материала в работе использовались проволоки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Электродная проволока, применяемая для сварки экспериментальных образцов

Марка проволоки	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %	KCV, Дж/см ²	σ_B , МПа	Отн. уд-е δ_5 , %
Проволока сплошного сечения ER709-6	0,08-0,15	1,5-1,85	1,4-1,85	-	0,5-0,6	$\leq 0,025$	$\leq 0,025$	90	500	≥ 22
Порошковая проволока K-71TLF, KisWel	0,03	0,38	1,35	-	-	$\leq 0,015$	$\leq 0,010$	80	570	28

Наплавку осуществляли с помощью оборудования для МП:

- источник питания Maxi 405;

- механизм подачи проволоки WF-4.

Параметры режима наплавки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры режимов наплавки

Номер образца	Сварочные материалы	Род и полярность тока	Сила тока, А	Напряжение, В	Длительность импульсов, с
8НС	Проволока сплошного сечения ER709-6, (Сибпром Метиз) Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин	Пост, обр	193	23,8	-
8НФ	Проволока порошковая К-71TLF, KISWEL, Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин	Пост, обр	210	23,3	-
9НС	Проволока сплошного сечения ER709-6, (Сибпром Метиз) Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин	Управляемый перенос металла	I _p =400 I _b =85 I _{ср} =286	29	τ _и =τ _п =0,3
9НФ	Проволока порошковая К-71TLF, KISWEL, Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин	Управляемый перенос металла	I _p =400 I _b =85 I _{ср} =176	25,6	τ _и =τ _п =0,3

Наплавленные валики оценивались визульно-измерительным контролем и металлографическими исследованиями. Визуально-измерительный контроль проводился в соответствии с РД 03-606-03.

Для металлографических исследований подготавливались образцы, вырезанные поперек наплавленного шва. Образцы шлифовались и полировались до шероховатости 1,25 мкм.

Выявление структуры обработанного металла осуществляли методом окунания предварительно отполированной поверхности в реактив, которые имеют следующие состав:

- HNO_3 (мл) : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (мл) = 2 : 100.

Время выдержки металла в растворах варьировалось от 20 до 60 секунд.

Металлографические исследования проводились в соответствии с ГОСТ 5639-82 и ГОСТ Р 57180.

Структуру исследовали с помощью микроскопа OLYMPUS GX51.

Подготовленные образцы после шлифования и полирования подвергались измерению микротвердости в направлении от основного металла до поверхности наплавленного валика.

Микротвердость измеряли на приборе HVS-1000 с шагом по глубине 100 мкм при нагрузке 10 Н.

После анализа формирующихся структур наплавленного металла выполнялись сварные соединения на тех же режимах (таблица 3).

Свариваемые образцы изготавливались из стали 09Г2С в соответствие с эскизами, представленными на рисунке 1[3].

Тип соединения С17 по ГОСТ 5264-80

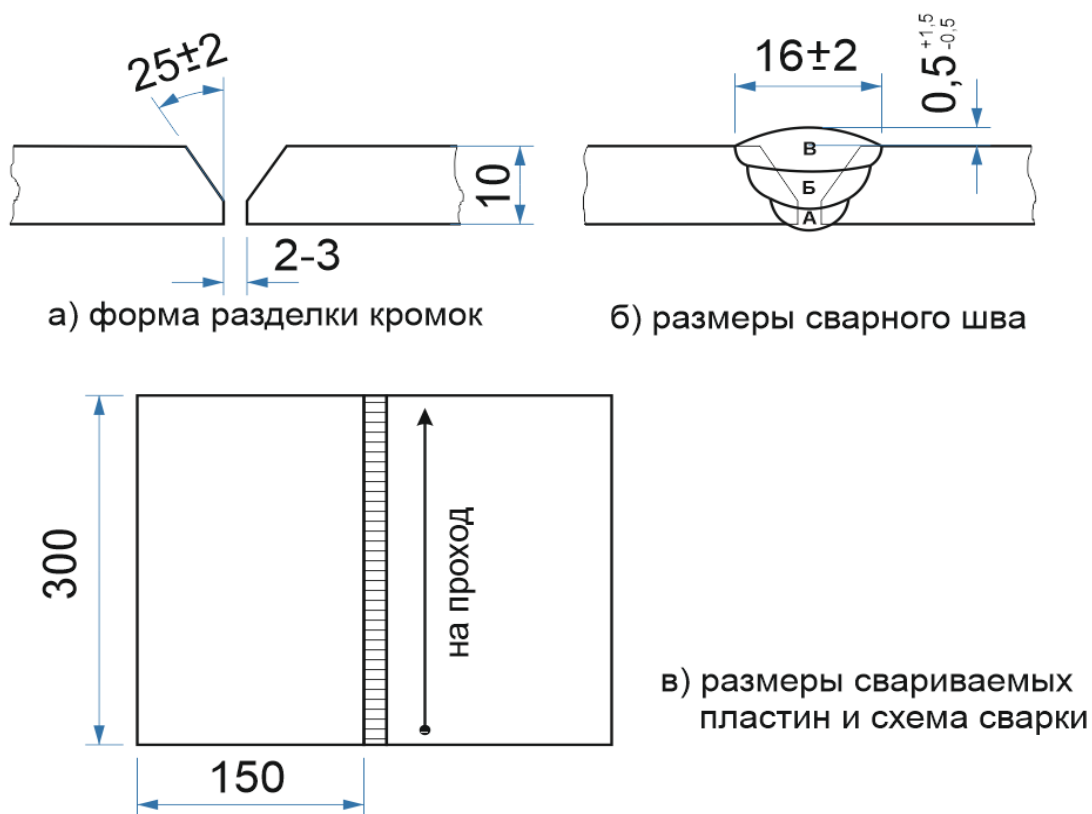


Рисунок 1 – Размеры образцов сварных соединений

В процессе выполнения сварочных работ для исследования магистерской диссертации, были подобраны режимы механизированной сварки в среде защитного газа. Параметры режимов сварки пластин для образцов 9НС, 8НС, 8НФ и 9НФ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры режимов сварки

Номер образца	Номер слоя	Параметры режима сварки			Марка электродов
		Длительность сварки, час	Скорость сварки, м/час	Ток / напряжение по осциллограмме	
9НС	Корневой слой шва	0,04	8,4	$I_{св}=138\text{ А};$ $U_{св}=22,7\text{ В.}$	Проволока сплошного сечения ER709-6 Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин
	Заполняющий слой шва	0,06	5,3	$I_{св}=176\text{ А};$ $U_{св}=23,7\text{ В.}$	
	Облицовочный слой шва	0,04	7,1	$I_{св}=215\text{ А};$ $U_{св}=24,3\text{ В.}$	
8НС	Корневой слой шва	0,04	7,5	$I_{св}=140\text{ А};$ $U_{св}=23\text{ В.}$	Проволока сплошного сечения ER709-6 Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин
	Заполняющий слой шва	0,05	6,0	$I_{св}=172,9\text{ А};$ $U_{св}=24,3\text{ В.}$	
	Облицовочный слой шва	0,39	0,77	$I_{св}=205\text{ А};$ $U_{св}=24,6\text{ В.}$	
9НФ	Корневой слой шва	0,03	11,5	$I_{св}=159,6\text{ А};$ $U_{св}=20,6\text{ В.}$	Проволока порошковая К-71TLF Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин
	Заполняющий слой шва	0,03	11,5	$I_{св}=227\text{ А};$ $U_{св}=23,7\text{ В.}$	
	Облицовочный слой шва	0,02	12,9	$I_{св}=215\text{ А};$ $U_{св}=24,8\text{ В.}$	
8НФ	Корневой слой шва	0,02	13,8	$I_{св}=145\text{ А};$ $U_{св}=22,2\text{ В.}$	Проволока порошковая К-71TLF, Ø1,2 мм, защитный газ 100% CO ₂ , Q=25 л/мин
	Заполняющий слой шва	0,03	11,7	$I_{св}=223\text{ А};$ $U_{св}=24,2\text{ В.}$	
	Облицовочный слой шва	0,02	13,0	$I_{св}=230\text{ А};$ $U_{св}=24,7\text{ В.}$	

Сварные соединения оценивались визуально-измерительным и радиографическим контролем.

ВИК выполнялся по методике в соответствии с РД 03-606-03.

К недопустимым дефектам относили:

- трещины;
- подрезы;
- непровар.

РК выполнялся по методике в соответствии с ГОСТом 7512-82.

3 Результаты эксперимента

3.1 Анализ результатов наплавки

На рисунке 2 представлены макрофотографии наплавленных валиков.

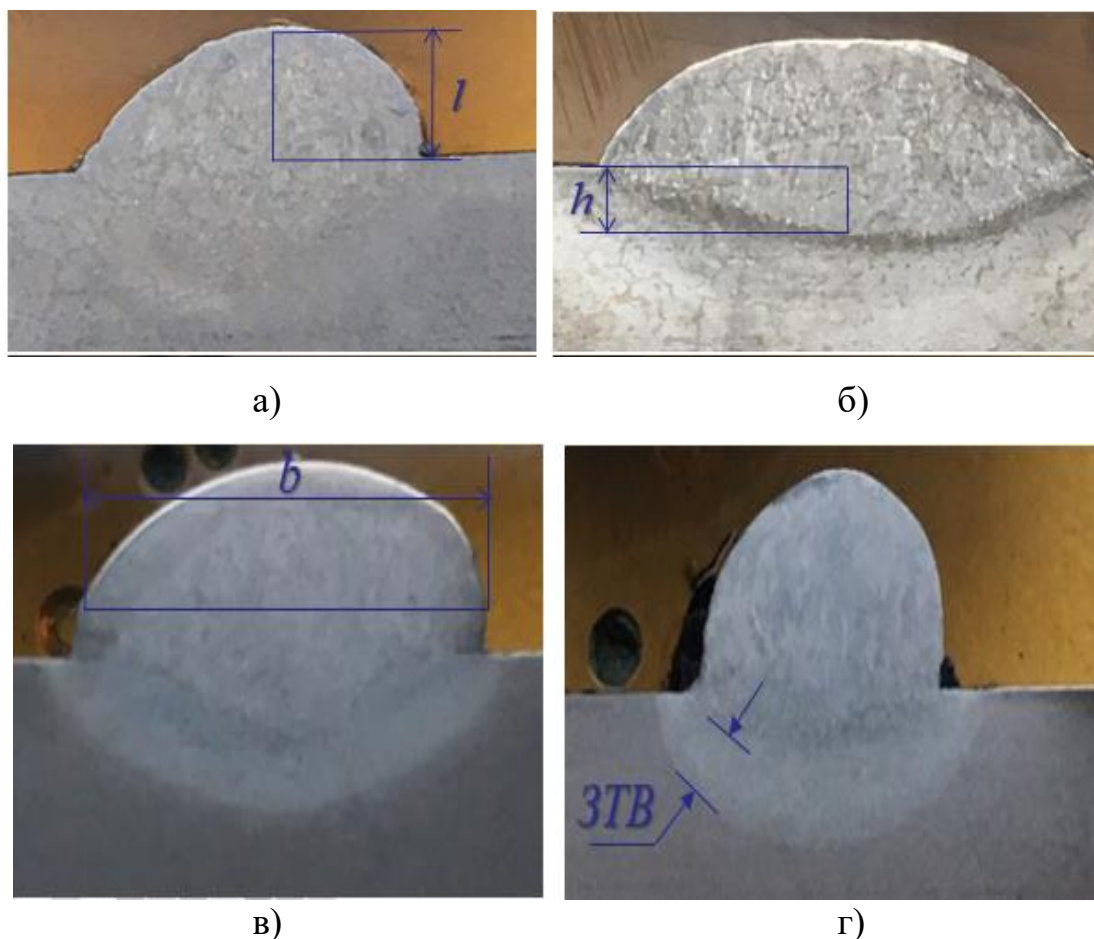


Рисунок 2 – Макрофотографии наплавленных валиков.

а – снимок шлифа 8НС; б – снимок шлифа 8НФ; в – снимок шлифа 9НС;

г - снимок шлифа 9НФ

Видно, что валики отличаются высотой, шириной и глубиной проплавления. Анализ геометрических параметров наплавленных валиков показал (рисунок 3), что при сварке на постоянном токе формируется валик с большей шириной, это хорошо применяется при заполнении и облицовке сварного шва, т.к.

металла в сварочную ванну поступает больше, но при этом высота валика значительно отличается от высоты валиков с импульсным питанием дуги, но достичь максимальной глубины проплавления возможно при импульсном питании дуги проволокой сплошного сечения. Возможным фактором этого является энергетический характер воздействия на сварочную ванну. Сварка с импульсным питанием дуги способствует тому, что высота валиков гораздо выше, чем при сварке на постоянном токе, соответственно, больше металла в сварочной ванне при сварке, возможно превышение усиления валика. Вместе с тем же, ширина валиков меньше, что нельзя сказать про ширину ЗТВ, которая при сварке импульсным питанием дуги порошковой проволокой имеет максимальное значение.

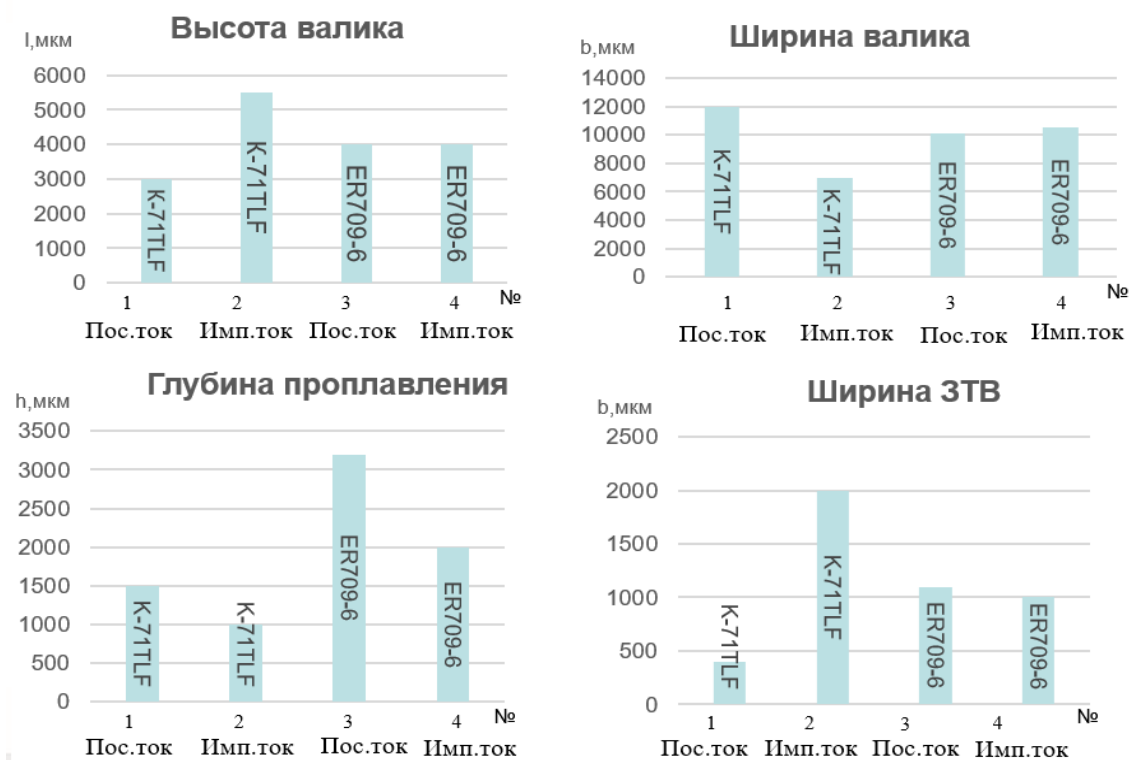


Рисунок 3 – Геометрические параметры наплавленных валиков

Погонная энергия валика сварного шва находится по формуле:

$$q = \frac{\eta \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}} \quad (1)$$

где: η - эффективный КПД нагрева металла, кал/с;

U_d - напряжение на дуге, В;

$I_{св}$ - ток сварки, А;

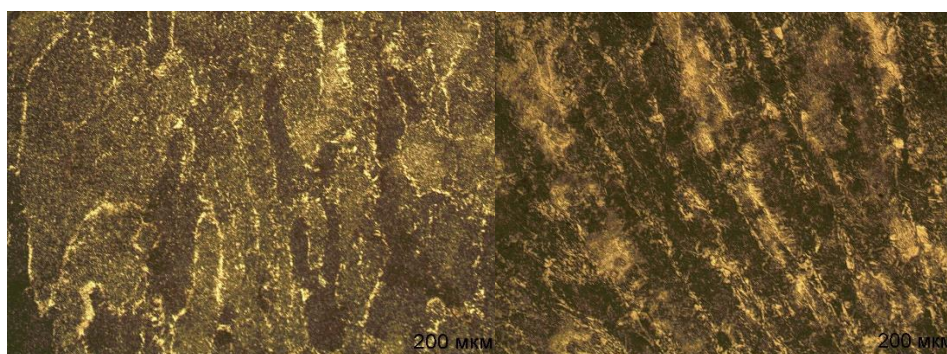
$V_{св}$ - скорость сварки, см/с.

Для образца 9НФ – 265 Дж/см²;

Для образца 9НС – 921 Дж/см²;

Для образца 8НФ – 267 Дж/см²;

Для образца 8НС – 676 Дж/см².

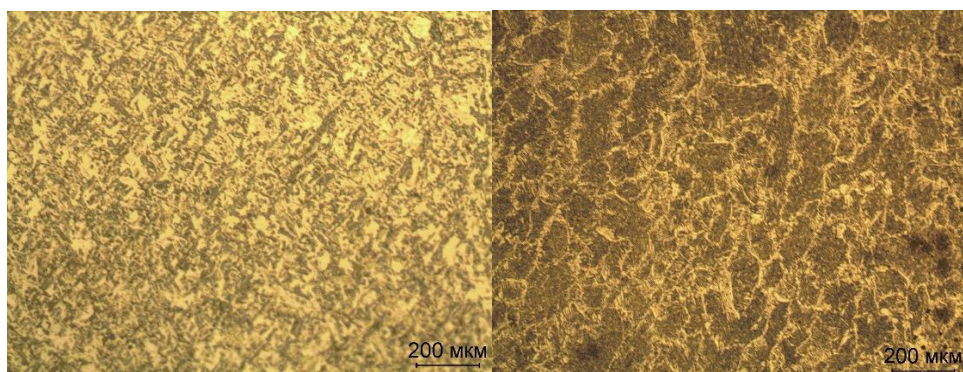


а)

б)

Рисунок 4 – Микроструктура наплавленных валиков.

а – снимок шлифа 8НФ; б – снимок шлифа 8НС



а)

б)

Рисунок 5 – Микроструктура наплавленных валиков.

а – снимок шлифа 9НФ; б – снимок шлифа 9НС

При оценке микроструктуры наплавленного металла на рисунках 4 и 5 выявлено, что при сварке на постоянном токе формируются длинные зерна, а, при импульсном питании дуги происходит измельчение и разориентация зерен. Исходя из данных ширины и длины зерен, представленных на рисунке 6, можно заметить, что наибольшая ширина зерен получилась в процессе наплавки на постоянном токе обратной полярности при помощи проволоки сплошного сечения, а, при выполнении наплавки импульсным питанием дуги порошковой проволокой, длина зерен уступает длине зерен, выполненных постоянным током обратной полярности.

Дисперсия по ширине и длине зерен представлена на рисунке 7. По результатам наплавки на постоянном токе и импульсным питанием дуги при помощи порошковой проволоки и проволоки сплошного сечения, можно заметить то, что максимальное значение дисперсии по ширине получилось в процессе наплавки импульсным питанием дуги проволокой сплошного сечения, а наибольшим значением дисперсии по длине отличился образец, выполненный на постоянном токе обратной полярности при помощи порошковой проволоки.



Рисунок 6 – Длина и ширина зерен наплавленных валиков

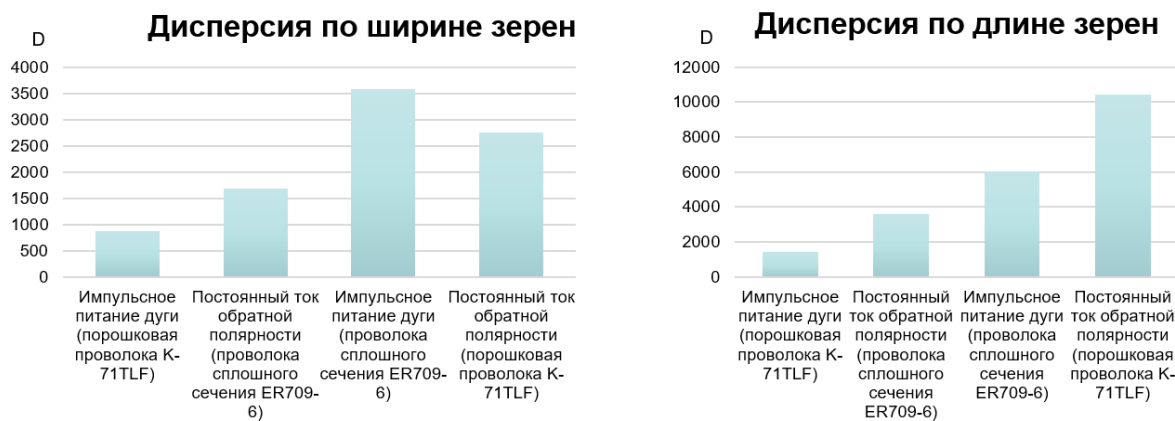


Рисунок 7 – Дисперсия зерен наплавленных валиков

Микроструктура наплавленного металла выглядит в виде пакетов дендритов, отличающихся углом разориентации.

Измельчение структуры при импульсно-дуговой наплавке способствует изменению твердости, что влечет за собой повышенные прочностные характеристик и снижение риска возникновения деформации.

При сварке на постоянном токе и сварке импульсным питанием дуги происходит неравномерная кристаллизация наплавленного металла. В процессе роста дисперсии возможно снижение предела текучести, а в следствии этого способность к деформационному упрочнению увеличивается.

Из этого следует, что структура наплавки, полученная при использовании постоянного тока, имеет крупнозернистое строение с малым углом разориентации зерен, а при использовании импульсного переноса металла позволяет получить структуру наплавленного металла, характеризующуюся наименьшим размером зерен и большим углом разориентации.

На графиках распределения микротвердости, представленных на рисунках 8-11, отчетливо видно, что в зоне термического влияния происходит повышение микротвердости. При этом зона оплавления обладает пониженной твердостью по сравнению с исходной твердостью стали, это отчетливо видно на микротвердости образцов 8НФ и 8НС, выполненных на постоянном токе обратной полярности.

Однако заметно, что зона оплавления на образцах 9НФ и 9НС, выполненных импульсным питанием дуги в значительной мере отличается от образцов 8НФ и 8НС.

Снижение уровня твердости в зоне оплавления наряду с плохой травимостью свидетельствует о сохранении большего количества феррита в данной области за счет быстрой кристаллизации при охлаждении и снижении точки начала перлитного превращения.



Рисунок 8 – График распределения микротвердости образца 8НС

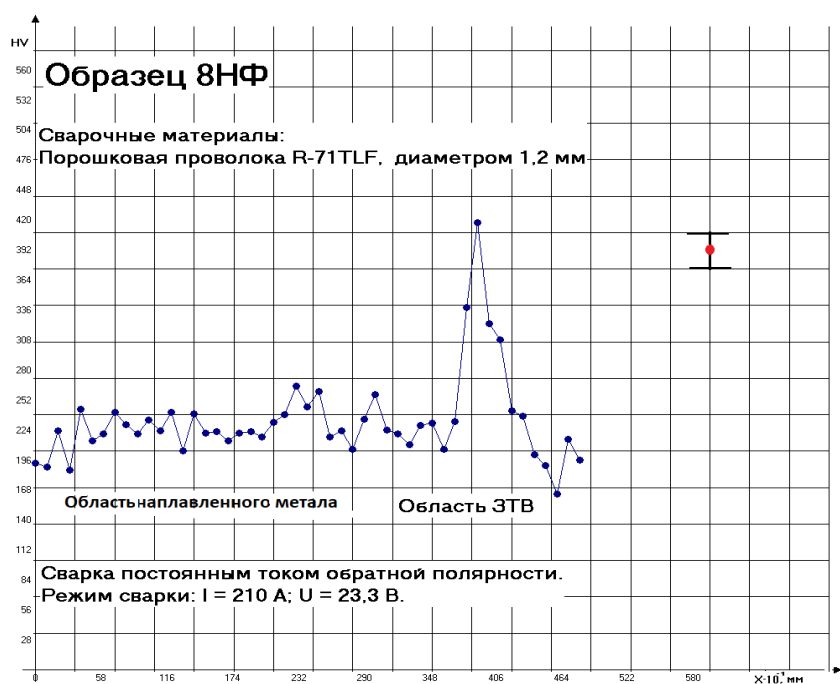


Рисунок 9 – График распределения микротвердости образца 8НФ



Рисунок 10 – График распределения микротвердости образца 9НФ

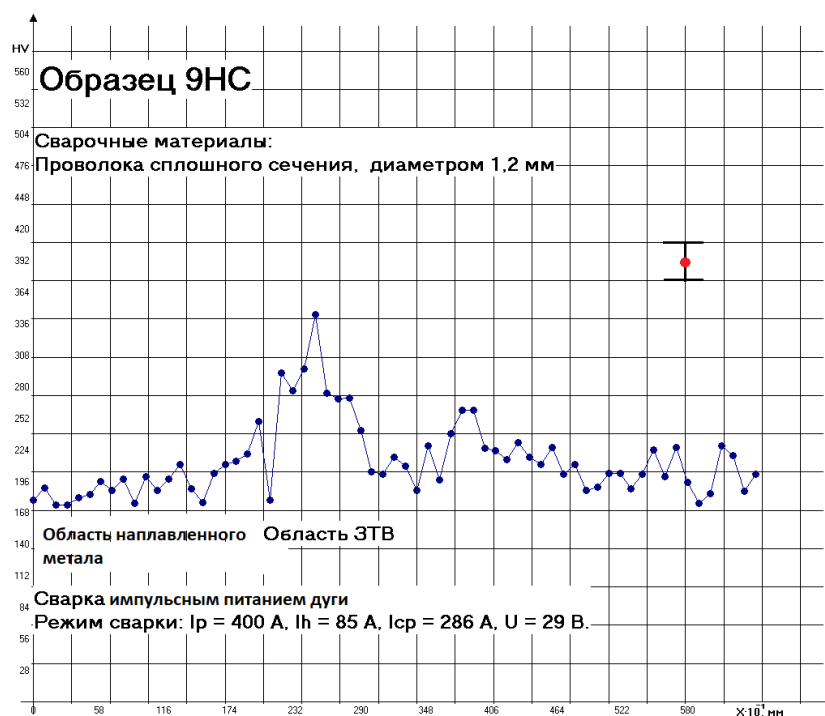


Рисунок 11 – График распределения микротвердости образца 9НС

Рисунок 12 представляет собой радиографический снимок сварного шва образца 8НС выполненного механизированной сваркой в среде защитного газа постоянным током обратной полярности, при помощи проволоки сплошного сечения ER-709-6, диаметром 1,2 мм. Из снимка видно, что визуальных дефектов не обнаружено.



Рисунок 12 – Радиографический снимок сварного шва образца 8НС

Рисунок 13 представляет собой радиографический снимок сварного шва образца 9НС, выполненного механизированной сваркой в среде защитного газа импульсным питанием дуги при помощи проволоки сплошного сечения ER-709-6, диаметром 1,2 мм. Из снимка видно, что визуальных дефектов не обнаружено.



Рисунок 13 – Радиографический снимок сварного шва образца 9НС

Порошковая проволока K-71TLF, диаметром 1,2 мм использовалась для сварки импульсным питанием дуги образца 9НФ. На рисунке 14 изображен радиографический снимок сварного шва этого образца. Выявленные дефекты в сварном шве, такие как несплавление в зоне заполнения, подварка корня шва.



Рисунок 14 – Радиографический снимок сварного шва образца 9НФ

Рисунок 15 представляет собой радиографический снимок сварного шва образца 8НФ, выполненного механизированной сваркой в среде защитного газа на постоянном токе обратной полярности, при помощи порошковой проволоки. Из снимка видно, что визуальных дефектов не обнаружено.



Рисунок 15 – Радиографический снимок сварного шва образца 8НФ

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

В настоящее время, вместе с развитием науки, бурно развиваются все отрасли промышленности. Всегда шла конкуренция между новыми технологиями и разработками, которые вытесняли с рынка устаревшую продукцию. Вытеснение старой технологии новой происходит тем быстрее, чем больше её надёжность и экономическая эффективность.

Всё, что нас окружает, создано из различных материалов, различающихся по своему строению, свойствам и ценой. Однако большинство из нас хочет иметь самое лучшее, что сможет себе позволить по доступной цене. Исключением не являются самые крупные и состоятельные компании мира, в том числе и промышленные предприятия. Ведь одним из самых главных секретов увеличения дохода является снижение затрат.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данное исследование содержит особенности сравнения влияния параметров режимов механизированной сварки в среде защитного газа и самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей.

Обхват деятельности в данной сфере имеет широкие границы. Основной объем работ сосредоточен на нефтегазовой и нефтехимической отрасли, в частности на добыче и транспортировке. Основным путем транспортировки являются нефтегазовые трубы.

Целевой рынок результатов исследования будет включать в себя основные отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой износоустойчивости и прочности изделий.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В качестве конкурентных решений можно рассмотреть эффективность механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой, ручной дуговой сварки и автоматической сварки под слоем флюса на качество формирования соединения трубных сталей и минимизацию затрат.

Следовательно, потенциальными потребителями результатов наших исследования будут компании и заводы, находящиеся в любой области Российской Федерации производящие трубы для нефтегазовой отрасли.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направления для ее будущего повышения.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (2)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	3	3	0,5	0,2	0,2
4. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
5. Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность работы	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
3. Цена	0,2	5	5	2	1	1	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	44	32	39	4,9	3,5	4

где: Б_ф – механизированная сварка в среде защитного газа порошковой проволокой;

Б_{к1} – ручная дуговая сварка покрытыми электродами;

Б_{к2} – автоматическая сварка под слоем флюса.

Ручная дуговая сварка — сварка, источником энергии которой является электрическая дуга. Используется для сварки углеродистых сталей обычного качества, качественных сталей с различным содержанием марганца, низколегированных и легированных, жаропрочных и жаростойких сталей, чугуна и цветных металлов. Применение этого способа сварки значительно увеличит время проведения работ, а также увеличит затраты на материалы.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом — сварка электрической дугой, горящей между концом сварочной проволоки и свариваемым металлом под слоем

флюса. Сварка под флюсом применяется в стационарных цеховых условиях для всех металлов и сплавов, включая разнородные металлы толщинами от 1,5 до 150 мм. А значит подобный вид сварки нерационален в условиях крайнего севера, так как установка оборудования для выполнения работ будет увеличивать затраты и увеличит время работы. Этот способ больше подходит для работ в более благоприятных условиях, где рабочая температура не достигает минус 40 градусов.

Итогом данного анализа является то, что в процессе механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой оказались эффективнее, чем другие способы сварки.

4.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий (таблицы 5-13):

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа

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

Стадия 2. Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 5 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Основание	1	Обеспечение устойчивости микротвердомера			X
Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса		X	
Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса			X
Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна			X
Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса		X	
Барашек микрометрического движения	1	Обеспечивает микрометрическое движение тубуса		X	
Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса			X
Барашек	1	Определяет высоту			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом

Таблица 6 – Матрица смежности

	Основание	Колонна	Гайка	Зажимной винт	Барашек грубого движения	Барашек микро метрического движения	Рукоятка
Основание		>	>	>	<	<	>
Колонна	<	=	>	>	<	<	>
Гайка	<	<	=	<	<	<	<
Зажимной винт	<	<	>	=	<	<	>
Барашек грубого движения	>	>	>	>		<	>
Барашек микрометричес кого движения	>	>	>	>	>		>
Рукоятка	<	<	>	<	<	<	=

Таблица 7 – Матрица смежности

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

Таблица 8 – Матрица смежности

	Механизм нагружения (шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окулярмикрометр
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 9 – 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	0,16
Колонна	0,5	1	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	7	0,14
Гайка	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5	0,1
Зажимной винт	0,5	0,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	6	0,12
Барашек грубого движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	9	0,18
Барашек микрометрического движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	10	0,2
Рукоятка	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	5	0,1
								1=50	£=1

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

Таблица 10 – 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	0,17
Предметный столик	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	9	0,18
Винт	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5	0,1
Стопорный винт	0,5	0,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	7	0,14
Рукоятка	0,5	0,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	7	0,14
Призма	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	9,5	0,19
Пластина	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4	0,08
								X=50	X=1

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

Таблица 11 – Матрица количественных соотношений функций

	Механизм нагружения (шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окулярмикрометр
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 12 – 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

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 $10,5/50=0,21$.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Таблица 13 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	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	0,03
Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса	2	1,75	80,2	80,1	88	248,3	0,07
Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса	0,67	0,9	73,6	25,5	75,8	174,6	0,05
Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна	0,78	0,34	67,1	24,7	69,2	161	0,05
Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса	0,82	0,87	70,5	27,7	76,8	175	0,55
Барашек микрометрического движения	1	Обеспечивает микрометрическое движение тубуса	0,9	0,78	74,3	29	79,9	183,2	0,057
Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса	0,32	0,45	50,8	22,7	55,7	129,2	0,04
Барашек	1	Определяет высоту	0,25	0,5	45,1	26,7	48,9	120,7	0,038
Предметный столик	1	Обеспечивает установку рассматриваемого образца	1	1	50,2	29,7	55,7	135,6	0,042
Винт	1	Обеспечивает перемещение в двух взаимноперпендикулярных плоскостях столик	0,45	0,76	34,5	22,8	38,3	95,6	0,03

Продолжение таблицы 13

Стопорный винт	1	Обеспечивает стопорение столика	0,44	0,32	45,2	32,4	50,1	127,7	0,04
Рукоятка	1	Обеспечивает поворот столика	0,34	0,44	42,1	30,1	47,2	119,4	0,037
Призма	1	Обеспечивает исследование поверхностей цилиндрических предметов	0,78	0,56	56,2	35,8	60,7	152,7	0,048
Пластина	1	Обеспечивает поместить предмет любой конфигурации	1	0,76	54,2	44,1	59,7	158	0,049
Механизм нагружения (шток)	1	Обеспечивает необходимое нагружение	0,7	0,43	45,7	34,9	50,1	130,7	0,041
Оправка с алмазной пирамидой	1	Обеспечивает нанесение укола на исследуемый объект	0,8	0,67	67,2	45,5	72,9	185,6	0,058
Гирька	1	Обеспечивает необходимое усилие	0,45	0,62	43,3	33,8	46,7	123,8	0,039
Рукоятка арретира	1	Обеспечивает опускание штока	0,32	0,67	46,5	40,1	48,9	135,5	0,042
Осветитель	1	Обеспечивает освещение исследуемого предмета	0,8	0,9	57,5	50,2	62,5	170,2	0,053
Светофильтры	1	Обеспечивают контрастность исследуемого предмета	0,25	0,31	45,7	38,2	48,4	132,3	0,41
Трансформатор	1	Обеспечивает питание	1,57	1,2	67,9	58,9	77,7	204,5	0,064
								2=3165,7	2=1

Стадия 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-стоимостной диаграммы (ФСД) (рис. 16).

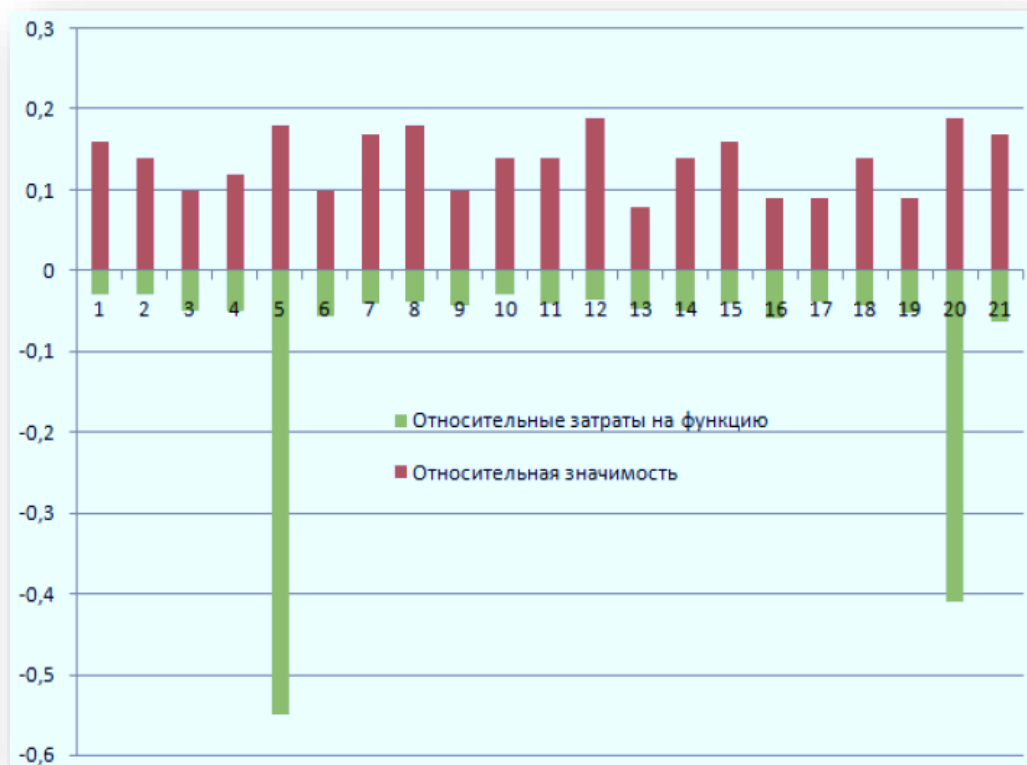


Рисунок 16 – Функционально-стоимостная диаграмма

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.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

1. Применение принципиально новых конструкторских решений;
2. Унификации сборочных единиц и деталей;

3. Использование новых заготовок и материалов;
4. Оптимизация параметров надежности.

4.1.4 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, мало работ, занимающихся исследованием влияния режимов механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой на формирование соединений из трубных сталей.

Во-вторых, работа выполнялась при финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862. Это говорит о некоей заинтересованности государства в развитии данного направления науки. Слабые стороны проекта.

Испытания проводились на электронном ускорителе «ПРАЙМ - 9», данная установка находится в институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящий момент доступа к этой установке нет, а испытания на ней очень дорогостоящие, и такие расходы государственное финансирование не покрывает. То есть возможности проводить дальнейшие исследования, на сегодняшний день, нет. Исследование проводилось в ИШНКБ ТПУ, но отсутствие растрового электронного микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа увеличивало временные и материальные затраты.

Возможен вариант заключения договора или соглашения между Томским политехническим университетом и ООО Газпром Трансгаз Томск о взаимопомощи для проведения данных исследований, тем более что ТПУ и ООО Газпром Трансгаз

Томск не первый год сотрудничают. В ИШНКБ при университете присутствует лаборатория металлографии сварных соединений, которая слабо оснащена исследовательской аппаратурой. Приобретение РЭМ и ПЭМ позволит сократить временные и материальные затраты исследования, а также возможно извлечение прибыли путём заключения хозяйственных договоров и выполнения их с помощью данного оборудования.

Результаты данного исследования будут широко применяться в производстве, и если возобновиться исследовательская работа в этом направлении, то это приведёт к несомненному развитию.

Одна из реальных угроз проекту – это его закрытие в связи с требующимися большими материальными затратами, которые не покрываются государственным финансированием. Ещё одной возможной угрозой является выход из строя установки, например, поломка труднодоступных и дорогостоящих элементов.

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 14 – SWOT – анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Наличие современного программного продукта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Развитие новых технологий. Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и ООО Газпром Трансгаз Томск о взаимной помощи в этом исследовании. В1. Приобретение дополнительного оборудования в ИШНКБ ТПУ: РЭМ и ПЭМ, которое может приносить прибыль.	Поддержка со стороны ООО Газпром Трансгаз Томск очень сильно скажется на продвижении исследования и ускорит темпы внедрения результатов исследования в производство	Помощь ООО Газпром Трансгаз Томск может выражаться в уменьшении стоимости пользования установкой до той величины, которую сможет финансировать государственный бюджет для данного исследования
Угрозы: У1. Закрывание проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования. У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.	Государство заинтересовано в развитии науки и в последние годы стало 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.

На основе SWOT-анализа были показаны проблемы и возможности данной технологии. Для данного НТИ характерен баланс сильных сторон и возможностей (получения высокоэффективного оборудования и технологии для сварки), а также слабых сторон и угроз (требование множества ресурсов), то есть разрабатываемая технология находится в достаточно стабильных условиях. Для получения

дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт.

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице 14, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать [9].

Таблица 15 – 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 задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	0	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3

Продолжение таблицы 15

7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ		43	55

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (3)$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

4.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок, одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания [9].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела - это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг,

связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это предприятия строительства и машиностроения в России и странах зарубежья.

4.2 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 [16].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [16].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [16].

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 16.

Таблица 16 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Нефтегазовая отрасль	Исследование позволит получить данные, которые помогут провести углубленный анализ влияния параметров режимов механизированной сварки в среде защитного газа самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей.
Тяжелое машиностроение	

В таблице 17 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 17 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование влияния параметров режимов механизированной сварки в среде защитного газа самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей
Ожидаемые результаты проекта:	Получение экспериментальных результатов влияния параметров режимов механизированной сварки в среде защитного газа самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей
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 18).

Таблица 18 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
11	Першина А.А., к.т.н., доцент ИШНКБ ТПУ	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
22	Калюжный Г.П., магистрант ИШНКБ ТПУ	Исполнитель	Выполнение экспериментальной 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 19 - 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 № 862
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	29.05.2019 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения	—

4.3 Планирование управления проектом

4.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта [17].

Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 20).

Таблица 20 - Календарный план проекта

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Литературный обзор по теме диссертации	10 месяцев 250 дней	01.10.18	20.12.18	Калюжный Г.П. Першина А.А.
2	Экспериментальная часть	2 месяца 50 дней	10.02.19	20.04.19	Калюжный Г.П.
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	2 месяца 45дней	01.04.19	28.05.19	Калюжный Г.П.
4	Социальная ответственность	2 месяца 45дней	01.04.19	28.05.19	Калюжный Г.П.
	Итого	355 дней			

4.3.2 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты

Затраты на проведение научного исследования приведены в таблице 21 [18]. Немалые затраты потребовались для проведения испытаний в сварочном цехе, также не дёшево обошлись услуги растровой электронной микроскопии, которая необходима была для проведения исследования.

Таблица 21– Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Затраты, руб.	Примечание
Материалы	1000	В качестве материалов были использованы образцы 50х20 толщиной 10 мм из стали 09Г2С.
Установка «Прайм - 9»	60000	Приведена стоимость пользования установкой в течение одного рабочего дня. Эксперименты на ней проводились один день.
Алмазные пасты	1500	
Анализ РЭМ	10000	
Итого	72500	

4.3.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [19].

Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{\text{от}}=6595$ руб/мес, для руководителя (профессора с ПКГ ППС 4) - $Z_{\text{оп}}=33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 2[19]:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 3 [19]:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (5)$$

где: $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

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

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 4, [19]:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}}}{T} \quad (6)$$

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

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

Месячный должностной оклад работника [19]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}} \quad (7)$$

где: $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$З_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1.3 = 8573.5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{мп}} = 33162 \cdot 1.3 = 43110.6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн.т}} = \frac{8573.5}{26} = 329.75 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн.п}} = \frac{43110.6}{26} = 1658.1 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{осн.т}} = 329.75 \cdot 100 = 32975 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн.п}} = 1658.1 \cdot 100 = 165810 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [19]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (8)$$

где: $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0.1 \cdot 32975 = 3297.5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0.1 \cdot 165810 = 16581 \text{ руб.};$$

Итак, определяем полную зарплату работников:

$$С_{\text{зпт}} = 32957 + 3297.5 = 36254.5 \text{ руб.};$$

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

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 7 [19]:

$$С_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (9)$$

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

Принимаем $k_{\text{внеб}} = 0.302$.

$$С_{\text{внеб.т}} = 0.302 \cdot 36254.5 = 10948.859 \text{ руб.};$$

$$С_{\text{внеб.п}} = 0.302 \cdot 182391 = 55082.082 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 8 [19]:

$$С_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (10)$$

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

$$С_{\text{накл.т}} = 0.8 \cdot 218645.5 = 174916.4 \text{ руб.};$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарплата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	100	6595	329.75	32975	8573.5
Руководитель (доцент)	1	100	33162	1658.1	165810	43110.6
Итого:	2	200			198785	

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Таблица 23 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	72500
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	198758
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19878.5
4. Отчисления на социальные нужды	66030.941
5. Накладные расходы	174916.4
6. Бюджет затрат НТИ	532110.841

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Данное исследование является очень сложным с точки зрения получения достоверных результатов, которые можно обрабатывать в дальнейшем. Дело в том, что подобрать оптимальные параметры не так уж и просто, как это может казаться

на первый взгляд. Но благодаря различным техническим вариациям удаётся это сделать. Однако подобные эксперименты можно провести с помощью механизированной сварки.

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 [16]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (11)$$

где: I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная 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 механизированная сварка в среде защитного газа порошковой проволокой. В качестве аналогов рассмотрим ручную дуговую сварку (аналог 1) и автоматическую сварку (аналог 2). Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 24.

Таблица 24 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность точной постановки эксперимента	0.4	5	5	2
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	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 11 и данным таблицы 24 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

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

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

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

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

5 Социальная ответственность

Объектом исследования данной работы является влияние параметров режима механизированной сварки в среде защитных газов и самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей. Для решения вопроса необходимо оборудованное помещение для ведения сборочных и сварочных работ, так же нужно иметь необходимое оборудование и оснастку для ведения сварочных работ: сборочно-сварочный стенд, источник питания для сварки Aurora SPEEDWAY 180, сварочную проволоку K-71TLF, баллоны с защитным газом (аргоном).

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охранной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

5.1 Производственная безопасность

Рабочим местом является отдельное помещение (лаборатория). Так как данное помещение находится внутри здания, на работающего возможны действия следующих вредных и опасных факторов: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, повышенный уровень ультрафиолетовой радиации, поражение электрическим током, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на работающих может привести к заболеванию и снижению производительности труда [9].

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при выполнении наплавки на стальные пластины сварочной

проволокой К-71TLF. Для минимизации воздействия вредных и опасных факторов необходимо более подробно их анализировать и предложить средства коллективной и индивидуальной защиты.

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать [10].

1. Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей [11,12].

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать [12]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по [12]

Период	Температура, °С					Относительная		Скорость	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах соответствуют требованиям Санитарных правил и нормативов [11,12] применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый период года.

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма в небольших помещениях устанавливают кондиционеры. С помощью кондиционирования воздуха в закрытых помещениях можно поддерживать необходимую температуру, а также скорость движения воздуха [13].

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

2. Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечнососудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Главным источником шума при ведении сварочных работ является источник питания. Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в [15]. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах, который сравнивают с предельным спектром.

Для снижения шума в помещениях используют средства звукоизоляции и звукопоглощения, устанавливают глушители шума и рационально продумывают технологию производства с использованием малошумных технологических

процессов. Также в качестве индивидуальных средств защиты от шума применяют различные противозумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы [14].

В лаборатории, которой ведутся сварочные работы, главным источником шума является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём: изоляции источников шумов; проведение акустической обработки помещения; создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок; проведение профилактических работ.

3. Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк согласно [16], так как наблюдение за процессом сварки происходит через защитную маску. В разделе 5.1.2 приведен расчет искусственного освещения.

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 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 (K_p) должен быть не больше 10 %.

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 факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами [14].

4. При работе с источниками питания может произойти поражение электрическим током. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями [17]. 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, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают [16]:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников,

сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

5. Вредные вещества в воздухе в виде паров, газов и аэрозолей (пыли) - химические вещества, вызывающие в производственных условиях нарушение нормальной жизнедеятельности организма, являющиеся причиной острых и хронических интоксикаций.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 26 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей согласно [10].

Таблица 26 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточно-вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными устройствами.

Местная вытяжная вентиляция, удаляя вредные вещества из помещения, должна препятствовать их попаданию в зону дыхания рабочего. Местный отсос можно считать удовлетворительно работающим, когда он удаляет вредности по принципу «от рабочего» [10].

Нередко источник выделения вредных веществ укрывают зонтом, под которым находится рабочий, что совершенно недопустимо, так как через зону

дыхания в этом случае проходят все вредные вещества. Поэтому, на рабочих местах в зоне сварки нужно установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом.

Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 27.

Таблица 27 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс сварки	V, м/с
Сварка ручная	$\geq 0,5$
Механизированная сварка в среде CO ₂	$\geq 0,3$

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90 %, а для местных отсосов других видов не более 75 %. Оставшееся количество вредных веществ (10-20 %) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

5.1.2 Расчет искусственного освещения

Производственное помещение, в котором проводились исследования имеет следующие размеры: длина A=25 м, ширина B=15 м, высота H=4 м, высота рабочей поверхности $h_{rp}=0,8$ м. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах должно составлять 200 лк согласно [16].

Коэффициент отражения стен $R_c = 30 \%$, потолка $R_{\text{п}} = 50 \%$. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$ [15].

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Осветительные приборы в помещении относятся к светильникам типа ОД, $\lambda = 1,4$. Приняв $h_c = 0,5$ получаем:

$$h = 4 - 0,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м}; \quad (13)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,7 = 4,5 \text{ м}; \quad (14)$$

$$\frac{L}{3} = 1,5 \text{ м}. \quad (15)$$

Светильники расположены в три ряда, в каждом ряду по 12 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,2 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составляют 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено 2 лампы, общее число ламп в помещении $N=72$. На рисунке 17 представлен план помещения и размещения на нем светильников.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{288}{2,7(25 + 15)} = 2,5 \quad (16)$$

Согласно [15] определяем коэффициент использования светового потока, который равен $\eta = 0,61$.

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 288 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{72 \cdot 0,61} = 3143 \text{ лм} \quad (17)$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10 \% \leq \frac{\Phi_{\text{л.стандарт}} - \Phi_{\text{л.расчет}}}{\Phi_{\text{л.стандарт}}} \cdot 100 \% \leq +20 \% \quad (18)$$

Получаем:

$$-10 \% \leq 8,78 \% \leq +20 \%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 72 \cdot 40 = 2880 \text{ Вт} \quad (19)$$

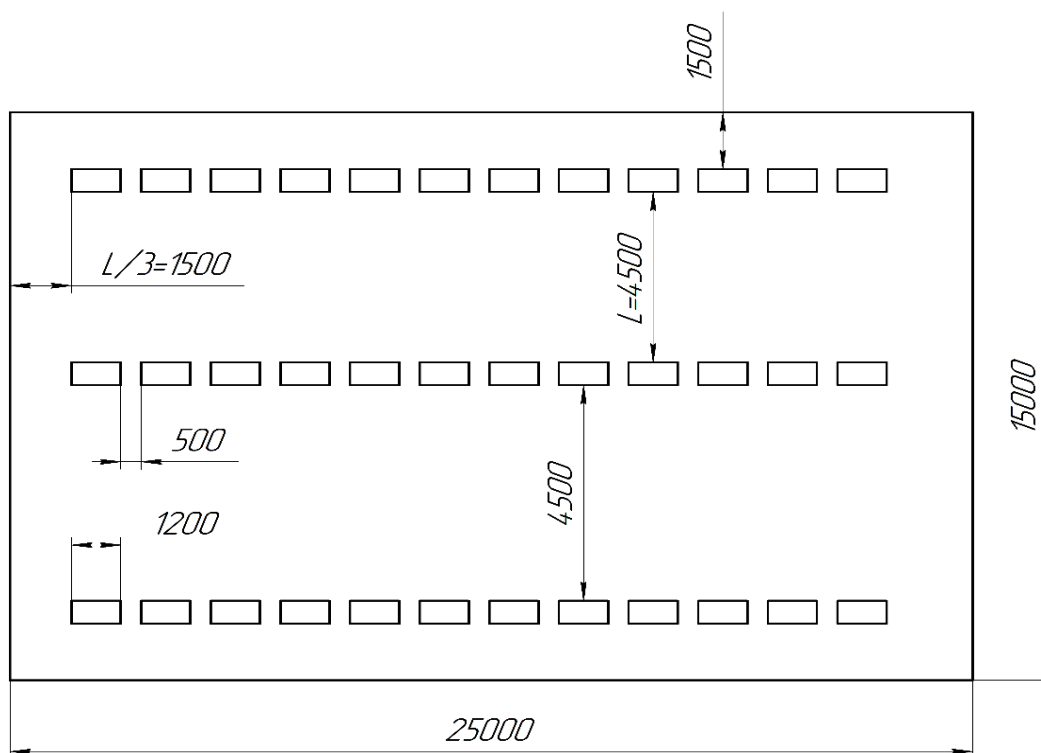


Рисунок 17 – План помещения и размещения светильников

5.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы.

5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

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 (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), а также газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода и азота, озон

и др.). Для определения влияния на окружающую среду загрязняющих веществ необходимо воспользоваться [18], в котором приведены удельные показатели и их допустимые пределы (таблица 28).

Таблица 28 – Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов

Технологический процесс	Испыт. материал и его марка	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг							
		Свар.аэрозоль	Железа оксид	Марганец и его соединения	Хром шестивалентный	Пыль неорганическая SiO ₂	Фтористый водород	Диоксид азота	Диоксид углерода
Механизированная сварка сталей проволокой сплошного сечения	ER709-6	16,4	10,69	0,92	-	1,4	0,75	1,5	13,3
Механизированная сварка сталей порошковой проволокой	K-71TLF	10	7,62	1,9	-	0,43	-	-	-

Значения показателей находятся в допустимых пределах. Значительного влияния на атмосферу процесс не оказывает, а, следовательно, и мероприятия по защите окружающей среды не предусматривает.

При ведении сварочных работ возможны следующие отходы: использованные проволоки, шлак, которые в ходе их непригодности выкидываются в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Следовательно, вредных выбросов в литосферу и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались,

поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

При проведении исследования могут возникнуть чрезвычайные ситуации, такие как пожар и поражение электрическим током.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

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 [14].

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами могут быть: недостаточная электрическая изоляция, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость, теснота помещения и другие факторы.

5.3.2 Обоснования мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

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;
- 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 помещение оборудовано рубильниками 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 [16].

В случае возникновения пожара необходимо:

- оповестить работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага пожара;
- горящие части электроустановок и электропроводку, находящуюся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем;
- принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя или других должностных лиц.

План эвакуации людей из лаборатории производственного корпуса показан на рисунке 18.

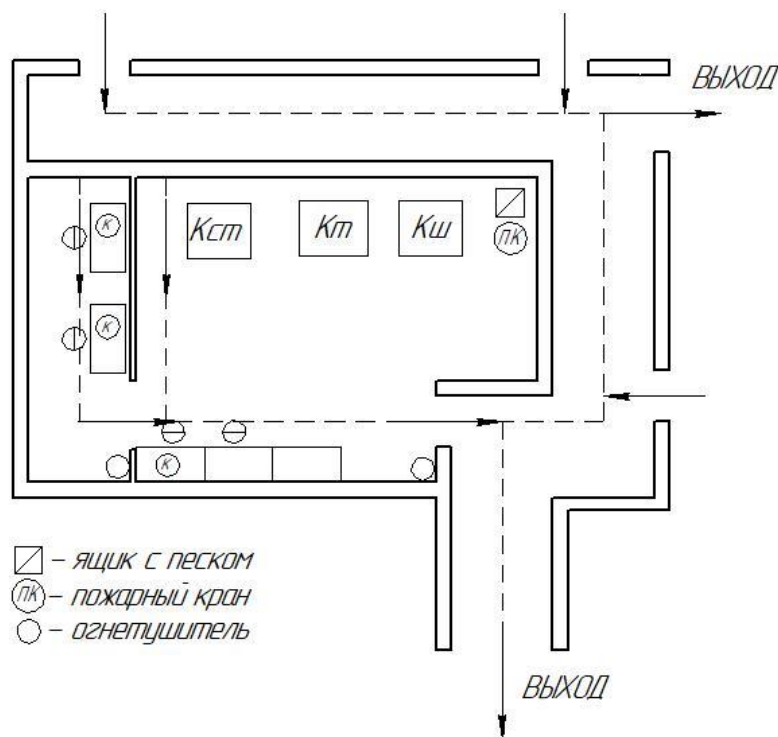


Рисунок 18 – План эвакуации при пожаре.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

При выполнении сварочных работ необходимо следовать требованиям ТК РФ. Для обеспечения безопасности на рабочем месте нужно проводить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Ведение сварочных работ предполагает использование некоторых мер предосторожности и средства индивидуальной защиты, таких как защитные костюмы, перчатки, защитные очки и маски, специальная обувь, средства защиты органов слуха.

У сотрудников, которые заняты на работах во вредных или опасных условиях, продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в неделю.

То есть она не должна превышать 36 часов в неделю (ч. 1 ст. 92 ТК РФ). При этом ежедневная рабочая смена при 36-часовой рабочей неделе не может превышать 8 часов, а при рабочей неделе 30 часов и менее – 6 часов (ч. 2 ст. 94 ТК РФ).

Во избежание несчастных случаев следует проводить обучение, инструктаж по технике безопасности и проверять знания работников.

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с [10]:

- рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- 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.
- расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м;
- открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высота 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.

Предприятие эксплуатируется и оборудуется согласно основными правовыми нормами:

- ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;

- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92);

- ГОСТ 12.1.038-83 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;

- ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих. Классификация;

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;

- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

5.4.3 Социальная защита работников на предприятии

Социальная защита – это меры, направленные на повышение производительности труда работников, стимулирование их лояльности и мотивации и обеспечение безопасного и достойного уровня жизни. Это система социальных и экономических гарантий, закреплённая законодательством. Они обеспечиваются как государством, так и предпринимателями. Данная система состоит из социального страхования, социальных услуг и социального обеспечения.

Социальное страхование является обязательным и представляет собой страхование работников от возможного изменения материального или социального положения, например, предполагая оказание материальной помощи при наступлении инвалидности, получении травм на производстве, наступлении временной нетрудоспособности.

Социальные услуги представлены такими видами поддержки, как материальная помощь при рождении или смерти родственника, оплата питания. Организации с большим штатом и высоким уровнем дохода предоставляют более

широкие пакеты, например, лечение работников в оздоровительно-лечебных учреждениях, имеют собственные культурные дома и спортивные комплексы.

Основные принципы эффективного механизма социальной защиты:

- социальная защита должна основываться на эффективном труде работающих и таким образом быть частью экономических отношений между работодателем и работником;

- социальная защита не должна ограничиваться одним кругом гарантий. Если повысить заработную плату, но не позаботиться о повышении квалификации способных работников, эффект может оказаться не таким заметным;

- необходимо напоминать сотрудникам об их собственной ответственности – о том, что нужно соблюдать внутриорганизационную дисциплину, вести здоровый образ жизни. Ведь лучший защитник работника – это он сам;

- социальная защита должна базироваться на самостоятельности и самозащите сотрудников. Иными словами, работник должен стремиться защитить себя сам, а не ждать извне. При этом, конечно, работодатель тоже должен не стоять на месте, а развиваться, заботясь не только об увеличении прибыли, но и о наличии в штате мотивированных, заинтересованных лиц.

Заключение

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ геометрических параметров наплавленных валиков показал, что при использовании проволоки сплошного сечения глубина проплавления больше, чем при сварке порошковой проволокой. При постоянном питании дуги формируются низкие, но широкие валики. При сварке на постоянном токе формируется валик с большой шириной, но меньшей высотой. Высота валиков с импульсным питанием дуги выше, чем при сварке на постоянном токе, соответственно при сварке больше металла в сварочной ванне.

2. При оценке микроструктуры наплавленного металла выявлено, что структура наплавки, полученная при использовании постоянного тока, имеет крупнозернистое строение с малым углом разориентации зерен, высоким средним значением микротвердости и неравномерным её распределением по толщине наплавленного металла, а при использовании импульсного переноса металла позволяет получить структуру наплавляемого металла, характеризующуюся наименьшим размером зерен, их дисперсией, и наибольшим углом разориентации.

3. Зона термического влияния имеет повышенную микротвердость. При этом зона оплавления обладает пониженной твердостью по сравнению с исходной твердостью стали. Снижение уровня твердости в зоне оплавления наряду с плохой травимостью свидетельствует о сохранении большего количества феррита в данной области за счет быстрой кристаллизации при охлаждении и снижении точки начала перлитного превращения.

Список использованных источников

1. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов // Сварочное производство - 2010 - №4.
2. Чернышов, Г. Г. Материалы и оборудование для сварки плавлением и термической резки / Г.Г. Чернышов. - М.: Академия, 2012. - 240 с.
3. Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
4. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
5. Ольшанский Н.А., Николаев Г.А. «Специальные методы сварки». М., “Машиностроение”, 1999. 232 с.
6. Походня И.К. - Сварка порошковой проволокой. 1972.-215 с.
7. Суптеп А.М. - Механизированная сварка порошковой проволокой. 1976.-38 с.
8. Государственный стандарт. Ручная дуговая сварка ГОСТ 5264-80 «Основные типы конструктивных элементов».
9. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. - 5-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с.
10. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности.
11. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
12. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
13. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность: учебно-методическое пособие/ А.А. Раздорожный. – М.: Экзамен, 2006. – 510 с.

14. Бектобеков Г.В. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г.В. Бектобеков, Н.Н. Борисова, В.И. Коротков [и др.]; под общ. ред. О.Н. Русака. – Л.: Машиностроение, 1989. – 541 с.
15. ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
16. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение.
17. ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
18. ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей.
19. Марочник сталей и сплавов / Под ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2003. – 782 с.
20. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е.А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство - 2011 - №1.
21. Лебедев В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке // Сварочное производство - 2008 - №8.
22. Ольшанский Н.А., Николаев Г.А. «Специальные методы сварки». М., «Машиностроение», 1999. 232 с.
23. Моисеенко, В. П. Материалы и их поведение при сварке / В.П. Моисеенко. - М.: Феникс, 2009. - 304 с.
24. Рыкалин, Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 294 с.
25. Моисеенко В.П., «Материалы и их поведение при сварке», Высшее образование. 2009.128с.
26. Чвертко А. И., Патон В. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. М., Машиностроение, 1981. 264 с.

27. Шебеко Л. П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. М., Высш. школа. 1975, 344 с.
28. Денисова И.К., Карпова Н.М., Фарберн В.М. Рост зерна и выделение карбидной фазы в жаропрочных ферритных сталях // Термическая обработка и физика металлов. – 1979. - №5. –С. 131-136.
29. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.
30. Данилов В.А., Чернышев Г.Г. О механизме воздействия импульса тока на ванну. // Сварочное производство. – 1974. - №1. – С. 54-56.
31. Ерохин А.А. Силовое воздействие импульсной дуги на свариваемый металл // Автоматическая сварка. – 1976. - №5. – С. 6-7.
32. Влияние теплоты плавления и кристаллизации на термический к.п.д. процесса проплавления / Кархин В.А., Ильин А.С., Плошихин В.В., Приходовский А.А. // Сварочное производство. – 2004. - №10. – С. 3-8.
33. Влияние теплоты плавления и кристаллизации на термический к.п.д. процесса проплавления / Кархин В.А., Ильин А.С., Плошихин В.В., Приходовский А.А. // Сварочное производство. – 2004. - №10. – С. 3-8.

Приложение А
(справочное)

Section (1)
Review of literature

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Калюжный Григорий Петрович		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы _____ ОИЯ, ШБИП :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	У.А. Смирнова			

1.Literature review

1.1 Pulse welding

More and more advanced technologies appear in welding. One of them is pulse welding. Pulse welding technology is used in various fields: in the construction of modern pipelines, in industrial and civil engineering and in everyday life. This type of welding is effective in working with structures made of steels and alloys of copper, aluminum, nickel, titanium and other non-ferrous metals. It is used in welding butt joints when machining of edges made of plate metal with narrow gaps. Pulsed arc welding has been developed as an alternative to arc welding, which has lower quality and performance.

The main point of pulsed welding technology is the connection of metal surfaces by way of short pulses, due to the stored energy of the battery connected to the electric circuit. Its differential characteristic is the ability to make fixed joints of metals with dissimilar composition. The performance of pulse welding process requires special equipment – pulse welding machine and consumables.

Pulse welding is a cyclic controlled process of metal transfer in a shielding gas:

- a powerful pulse separates and transfers one drop of welding wire metal to the work piece;
- the current decreases to a value that allows only to maintain an arc, but it is not enough to separate and transfer a drop of metal;
- the cooling process takes place in the weld pool;
- recycling.

Condenser energy-storage welding.

Condenser energy-storage welding is carried out by accessory, both low and high power. The maximum output current of powerful accessories can reach 100 000 A and more. Welding machines of condenser type are characterized by high accuracy of dosing the energy spent on the welding pulse. This welding process is carried out by a strong splash of energy and is intended for the connection of aluminum and stainless steel.

Magnetic pulse type welding equipment converts electrical energy into mechanical energy. This is due to the guidance of the magnetic field. Under its action, and under the action of high pressure, there is a joint weld between the work pieces. Magnetic pulse welding is used in the connection of any materials, both similar and dissimilar in composition.

In battery welding machines alkaline batteries are used. They have a strong design and withstand short circuits well.

1.2 Pulsed MIG/MAG welding

Pulsed MIG/MAG welding is carried out using a pulsed welding current source to control the transfer of molten filler material in the arc (drop metal transfer) in such a way as to stabilize the arc combustion process and minimize spatter.

Pulsed MIG/MAG welding is mainly used for welding aluminum and stainless steel, although it is also used for welding conventional carbon steel. Control of drop metal transfer is carried out when pulses with a frequency of 30-300 Hz are superimposed on background current, this makes it possible to expand the range of spray metal transfer at lower values of the welding current. The process provides a stable arc and no spattering, unlike short arc welding.

The use of pulses has two purposes: to ensure the melting of the filler wire and then to create and detach only one molten drop for each pulse. This means that as the wire feed speed increases, the pulse frequency must also increase. This ensures that the droplet volume is kept constant throughout the process. Low current pause maintains the arc between pulses. Although the current amplitude of each pulse is high, the average current and the heat input to the joint can remain low.

1.2.1 Advantages of pulsed MIG/MAG welding

There are a number of advantages of pulsed welding in relation to others:

- the process of metal transfer to the weld pool is fully controlled, there is no spatter, that provides an aesthetic appearance of the facing weld.
- it is possible to extend the range of MIG / MAG welding parameters with spray metal transfer to lower current parameters than traditional welding of materials such as stainless steel or aluminum.
- the method allows to weld thin materials or perform welding in all positions with better results than with short arc welding.
- pulsed MIG / MAG welding is sometimes used where traditional MIG / MAG spray transfer welding is used to ensure better penetration of the metal.
- with pulsed MIG/MAG welding, stable arc can be achieved even with thicker filler wire. This is necessary when welding aluminum, when it is difficult to feed the wire because of its softness.
- effective compression of molten metal droplets during pulsed MIG/MAG welding reduces metal overheating, resulting in less smoke generation.

1.3 Mechanized pipe welding using the STT process

The abbreviation STT stands for "Surface Tension Transfer", the process of transferring a drop using surface tension forces. It is one of the varieties of the transfer process by short circuits, which is realized when arc welding in shielding gas with one important difference - the molten metal is transferred due to the surface tension forces of the weld pool, which in some way draws in a liquid metal drop from the end of the wire. Electromagnetic compressive pressure (Pinch effect) additionally helps the drop to separate, but it is not the main transfer mechanism, as is observed with conventional short circuit welding. This type of transfer can significantly reduce spattering and smoke generation, in contrast to traditional methods. The process is easy to use, provides good control of the weld pool and can significantly reduce the likelihood of incomplete fusion.

It does not require a highly qualified welder to make a high-quality weld. In addition, the simplicity of the STT method reduces the training time for welders. “Lincoln Electric” has developed for this purpose a 2250 amp inverter power source “Invertec STT II”, which implements the technology of welding current control. It is possible to achieve the above advantages when welding by adjusting the output current (similar to pulse-arc welding). “Invertec STT II” differs from conventional welding sources. It is not constant voltage source or source with a steeply dipping characteristics. The device has a feedback that tracks the main stages of the droplet transfer and instantly responds to the processes taking place between the electrode and the weld pool, changing the value of the welding current.

1.3.1 Application field

Welding using the STT process is designed for mechanized single welding of the root layer of a weld of pipe joints with a solid wire in a carbon dioxide (pipe diameter 325-1220 mm with wall thicknesses up to 20 mm inclusive), as well as for welding of all layers of a weld of pipe joints of similar diameters and wall thicknesses up to 8 mm inclusive.

The STT process is recommended for the root layer of joints when pipe welding with a gap, as well as for welding sheet metal. It allows all steels to be welded, from simple carbon steels to high nickel alloys.

Main parameters:

- the feed rate of the welding wire;
- peak current;
- background current;
- pulse decay time.

The voltage required by the arc is automatically set by the power source. This leads to the fact that the amount of heat introduced into the weld pool does not depend on the wire feed speed. In addition, the conditions for monitoring the formation of the weld pool are improving. The pinch effect stage is also automatically controlled by the source.

Welding of the weld root of the fixed pipe joints.

Welding the root layer of the welds of pipe joints is traditionally the most difficult stage of welding and assembly work during the construction of pipelines. The use of STT welding, with its ability to control the transfer mechanism and control the formation of the weld pool, can greatly facilitate the implementation of the root layer of the weld.

The welding modes of the STT process have a wider range than conventional gas-shielded welding.

If during ordinary pipe welding (of a given brand and size), specific values of arc voltage and welding wire feed speed (welding current) are used to obtain a high-quality joint, then STT can use various modes for these purposes. When welding with the “Invertec STT II” apparatus, a wire with a larger diameter can be used compared to that used in similar work with a constant voltage source.

1.4. Modulated current welding process

It assumes a periodic pre-programmed change in the energy parameters of the power supply system – the welding arc between the high (pulse) and low (pause) levels. During the current pulse, the main part of the electrode and weld metal is melted, and in the subsequent period of pause, the crystallization of most of the weld pool occurs.

This feature of the modulated current welding makes it much easier to weld in vertical and overhead positions. When welding in these spatial positions, the welder has to adjust the fluidity of the weld pool and perform various manipulations with the end of the electrode to ensure satisfactory weld formation. In this case, the welder is constantly in a tense state and can not ensure the stability of the quality of the weld.

Modulating the welding current is an opportunity to free the welder from the laborious operation of dosing the heat input into and shift it to a special device – modulator. The welder can only fill in the weld groove, welding technique is greatly simplified and becomes available even to the beginner.

The superposition of current pulses on the arc of low power when welding with a consumable electrode allows to obtain a controlled small-drop transfer of the electrode

metal. If the amplitude value of the pulse current exceeds the critical value for these conditions, and the pulse repetition rate ≥ 25 Hz, then each pulse in the weld pool will transfer one drop of electrode metal. The term "critical current" refers to the amount of welding current at which the size of the metal droplets transferred through the arc gap decreases sharply, and the frequency of their formation increases accordingly. The average current is 30-40 % less than the nominal value. Due to the elimination of short-circuits of the arc gap by the electrode metal droplets, the stability of the welding process is significantly improved, the nature of the droplet transfer practically does not depend on the spatial position of the weld.

1.5 Flux-cored wire

Mechanized and automated processes of arc welding and deposit welding with flux-cored wire are becoming more widely used in many countries in the manufacture and repair of various products and structures in many industries. The advantages of the MAG process with flux-cored wires in comparison with the manual metal arc (MMA) and MAG processes with solid wires are considered. The area of effective application of flux-cored wires is, in particular, the construction of trunk pipelines.

The flux-cored wire is an endless electrode in the form of a wire filled with the following components for various purposes: slag-forming, gas-forming, arc stabilizers, alloying powders, ferromaterials and micro-alloying elements.

The flux-cored wire is a continuous electrode of a tubular or other more complex structure with a powdered core filler. The core consists of a mixture of minerals, ores, ferroalloys, metal powders and other materials. The purpose of these components of the core is as follows: shielding of molten metal from the harmful effects of air, deoxidation, metal alloying, nitrogen binding to persistent nitrides, stabilization of arc discharge, etc. Core components should also satisfy the common requirements to all welding materials: to ensure a good formation of welds, easy slag crust separability, minimal spattering of metal, absence of pores, cracks, slag inclusions and other defects.

1.5.1 Classification of flux-cored welding wires

Flux-cored wires can be classified according to their purpose, the method of shielding of metal from the influence of air, the type of core, the mechanical properties of the weld metal.

The purpose of the wire is determined by the class of welded metal. Flux-cored wires are used for welding of low-carbon and low-alloy structural steels, alloy steels, cast iron, non-ferrous metals and alloys. The most widely used wires for welding low-carbon and low-alloy steels.

According to the method of shielding of flux-cored wires are divided into two types:

- self-shielding;
- for welding with additional gas or flux shielding.

Depending on the composition of the core wire used in our country, wires can be divided into five types - rutile-organic, rutile, carbonate-fluorite, rutile-fluorite, fluorite wires.

The core of the wire rutile-organic type consists mainly of rutile concentrate and aluminosilicates (feldspar, mica, granite, etc.)

Ferromanganese is used as a deoxidizer, and starch or cellulose are used as gas-forming materials. Rutile-organic core wires are used as self-shielding wires.

The core of the rutile wire type consists mainly of rutile concentrate, aluminosilicates and ores. Ferromanganese, ferrosilicon, ferrotitanium, ferroaluminium serve as deoxidizers. Rutile-type wires are used with additional carbon dioxide shielding.

In the core of the carbonate-fluorite type wire, carbonates of calcium, magnesium, and sodium are entered as gas-forming materials. Rutile concentrate, aluminosilicates, oxides of alkaline earth metals, fluorite concentrate are used as slag-forming materials. The metal is acidified with ferromanganese, ferrosilicon. For additional deoxidation of the metal and the binding of nitrogen to nitrides, titanium and aluminum are sometimes introduced into the core of wires of this type. Wires with a carbonate-fluorite type core

are most often used as self-shielding ones, but they are also used in combination with additional shielding with carbon dioxide.

The core of the rutile-fluorite-type wire consists mainly of rutile and fluorite concentrates, alkaline-earth metal oxides, aluminosilicates are sometimes entered as slag-forming materials. Ferromanganese and ferrosilicon serve as deoxidizers. Wire with a core of this type are used, as a rule, with the additional shielding of carbon dioxide.

1.5.2 Functions of flux core flux-cored wire

The flux composition is developed according to the field of application of flux-cored wire. The main function of the flux is to clean the weld metal from gases such as oxygen and nitrogen, which have a negative effect on the mechanical properties of the weld. In order to reduce the oxygen and nitrogen content in the weld metal, silicon and manganese, which are deoxidizers, are added to the flux of the wire, and they also contribute to the improvement of the mechanical properties of the metal. Elements such as calcium, potassium and sodium are added into the flux to give the slag properties that help to improve the shielding of the molten metal from the effects of atmospheric air during the crystallization of the metal.

1.5.3 Alloying elements

Alloying the weld metal through flux cored wire is more preferable than alloying the weld metal through a solid wire (it is technically easier to enter alloying components into the core of the flux cored wire than to produce a solid wire of alloyed metal). Usually the following alloying elements are used: molybdenum, chromium, nickel, carbon, manganese, etc. the Addition of these elements in the weld metal increases its strength and plasticity, and at the same time, the yield point stress, and also improves the weldability of the metal.

Flux-cored wires with a high content of metal powder (metal cord) are also used. Flux-cored wires of this type contain a large amount of iron powder, as well as additives

of silicon and manganese, which are usually found in solid wires. Some wires also contain up to 2 % nickel, which increases toughness at low temperatures.

Metal–cord wires are used for welding butt and fillet joints in all positions. They provide high deposition rates. The weld has a smooth surface and is not covered with slag, which means that you can perform multiple passes without precleaning the previous roller.

The classification of wires according to the mechanical properties of the deposited metal has not yet been approved. Usually on this basis, the properties of the seams made of flux-cored wires are compared with the properties of the seams made by electrodes of various types regulated by State All-Union standard 9467-60.

For mechanized open-arc welding without additional protection of the welding zone, special flux-cored wires are used, which are a flexible steel tube with a diameter of 1.0+3.2 mm with a powder flux filled with a core, which is used both to shield the zone of the welding arc and the weld pool from the effects of air oxygen, and for alloying the weld metal and its deoxidization.

Flux-cored wires have good welding and technological properties, minimal toxicity of gases and dust, provide a small spatter of metal, good weld formation and separation of the slag crust.

Welding is performed at a constant current reverse polarity. Preparation of edges for welding is the same as when welding in CO_2 by solid wire.

There are two main types of cored wire:

- seamless wire;
- rolled.

The use of flux-cored wires provides the following advantages:

- execution of high quality welds by welders of lower qualification;
- reducing the formation of incomplete fusion at the deviation of the torch from the correct trajectory, as the arc column has a greater width;
- minimize the sensitivity of weld penetration and weld formation to unintended changes in welding mode settings;
- reduce the cost of defect fixing.