

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



Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки: Машины и технологии сварочного производства (15.04.01)  
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование особенностей электронно-лучевой сварки деталей поточного преобразователя вязкости из разнородных сталей 36НХТЮ и 12Х18Н10Т

УДК 621.791.722.011:669.15-194.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Свяжина Наталья Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова Анна Александровна	к.т.н..		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

---

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма предоставления работы:

магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>
---

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

Срок сдачи студентом работы:	
------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2017	1. Литературный обзор состояния вопроса исследование влияния импульсного изменения тока на физические и технологические свойства плазменной дуги.	15
15.03.2017	2. Подготовка оборудования к проведению экспериментов.	10
29.03.2017	3. Подготовка материалов к проведению экспериментов.	11
06.04.2017	4. Проведение экспериментов	17
12.04.2017	5. Анализ результатов экспериментов	20
20.04.2017	6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение.	12
27.04.2017	7. Социальная ответственность	9
03.05.2017	8. Заключение	6

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н.		

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Утверждаю:

Зав. Кафедрой ОТСП

\_\_\_\_\_ Киселев А.С.  
 (Подпись) (Дата)

### ЗАДАНИЕ

#### На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: \_\_\_\_\_ магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Свяжина Наталья Викторовна

Тема работы:

Исследование особенностей электронно-лучевой сварки деталей поточного преобразователя вязкости из разнородных сталей 36НХТЮ и 12Х18Н10Т	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.10.2016 №8895/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Тавровое соединение сплавов 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т, выполненных с помощью ручной аргодуговой и электроннолучевой сваркой.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Произвести сравнительные исследования структуры и свойств сварных биметаллических тавровых соединений, оценка полученных результатов.</li> <li>2. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение.</li> <li>3. Социальная ответственность</li> <li>4. Заключение и выводы</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема выполнения соединения</li> <li>2. Параметры режимов сварки</li> <li>3. Внешний вид сварного соединения, выполненного РАД</li> <li>4. Внешний вид соединения, выполненного ЭЛ</li> <li>5. Макроструктура сварного соединения, выполненного РАД</li> <li>6. Макроструктура сварного соединения, выполненного ЭЛС</li> <li>7. Микроструктура ЗТВ в стали 12Х18Н10Т после РАД</li> <li>8. Микроструктура в сплаве 36НХТЮ после ЭЛС</li> <li>9. Распределение микротвердости по толщине сварного шва: после РАД; после ЭЛС</li> </ol>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1. Литературный обзор; 2. Материалы и методы исследования; 3. Экспериментальная часть; 4. Заключение.	Хайдарова Анна Александровна
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Николаенко Валентин Сергеевич
6. Социальная ответственность.	Гусельников Михаил Эдуардович

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

1, 2. Способы соединения разнородных металлов. Соединение прецизионных сплавов со сталями.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Хайдарова А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ВМ51	Свяжина Н.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1BM51	Свяжина Наталья Викторовна

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОТСП</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Машины и технологии сварочного производства

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>– Микротвердомер HVS-1000; – Микроскоп Olympus GX51; – шлифование образцов выполнялось на пастах, начиная с пасты с крупными абразивными частицами далее на следующих с более мелкими зёрнами. Использовали алмазные пасты по ГОСТ 25593-83. Рабочее место расположено в учебной лаборатории.</p>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>Условия труда работающих характеризуются возможностью воздействия на них следующих вредных производственных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенный уровень шума;</li> <li>• недостаточная освещенность;</li> <li>• неблагоприятные условия микроклимата.</li> </ul> <p>К опасным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• опасность поражения электрическим током;</li> <li>• пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
--	---

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Материалы и оборудование, используемые при исследованиях, являются экологически безопасными, без отходов и выбросов.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Чрезвычайные ситуации - защита населения от возможных средств поражения.</p> <p>При сварочно-монтажных работах основным видом ЧС является возможность возникновения пожара</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>В лазерной установке предусмотрена возможность сварки в атмосфере защитного газа. При использовании для этой цели баллона со сжатым газом необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные <a href="#">ПБ 10-115-96</a> "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".</p> <p>Рекомендуемые к прочтению документы: СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», ГОСТ 12.1.040-83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения». ГОСТ 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.04.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК	Гусельников Михаил Эдуардович	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Свяжина Наталья Викторовна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 7 рисунков, 15 таблиц, 23 источник, одна презентация.

Ключевые слова: Прецизионные сплавы, электроннолучевая сварка, разнородные стали, аргонодуговая сварка, зона термического влияния.

Объектом исследования является сварка разнородного сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т.

Цель работы – сравнительное исследование структур и свойств сварных биметаллических тавровых соединений сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т, выполненных с помощью ручной аргонодуговой и электроннолучевой сваркой.

На данном этапе

## Содержание

	Реферат	5
	Содержание	6
	Введение	8
1	Способы соединения разнородных металлов	11
2	Соединение прецизионных сплавов со сталями	15
3	Сплавы прецизионные, их применение и сварка	17
	3.1 Классификация прецизионных сплавов	18
	3.2 Основное применение прецизионных сплавов	20
4	Виды сварки	21
5	Экспериментальная часть	27
	5.1 Оборудование и материалы	27
	5.1.1 Требования к сварным материалам	27
	5.1.2 Требования к сварочным материалам	28
	5.1.3 Требования к сварочному оборудованию	29
	5.1.4 Требования к оборудованию для подогрева	29
	5.2 Подготовка деталей к сварке	30
	5.3 Сборка деталей	31
	5.4 Температурный режим	32
	5.5 Сварка деталей	32
	5.6 Контроль качества сварного соединения	33
	5.6.1 Визуально измерительный контроль	33
	5.6.2 Ультразвуковой и радиографический контроль	33
	5.7 Измерение твердости	33
	5.8 Методика и материалы исследований	34
	5.9 Результаты проведенных исследований	
6	Социальная ответственность	41
	6.1 Анализ вредных факторов производственной среды	41

6.1.1	Повышенный уровень шума и вибрации	41
6.1.2	Исследование освещенности рабочей зоны	43
6.1.3	Неблагоприятные условия микроклимата	46
6.2	Электрическая безопасность	49
6.3	Пожарная и взрывная безопасность	50
6.4	Работа в чрезвычайных ситуациях	54
7	Финансовый менеджмент, ресурсы эффективности и ресурсосбережением	56
7.1	Актуальность работы	56
7.2	SWOT – анализ	56
7.3	Оценка готовности проекта к коммерциализации	59
7.4	Цели и результаты проекта	61
7.5	Бюджет научно-исследовательского проекта	64
7.6	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	68
7.7	Отчисления на социальные нужды	68
7.8	Накладные расходы	69
	Заключение	70
	Список литературы	71
	Список публикаций	74
	Приложение	73

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных отраслях машиностроения все чаще применяются сварные конструкции из разнородных сталей. Сочетание в одном сварном соединении материалов с разными структурными классами, обладающих специальными свойствами, позволяет снизить металлоемкость изготавливаемой конструкции, повышает ее работоспособность и долговечность. Наиболее широкое применение данных конструкций находят в нефтеперерабатывающей промышленности, где они эксплуатируются в крайне тяжелых условиях, подвергаются воздействию высоких и низких температур и динамическим нагрузкам.

В нефтегазовой промышленности для непрерывного преобразования плотности и температуры или плотности, динамической, кинетической вязкости и температуры жидкости в выходные электрические сигналы используются различные преобразователи.

Преобразователи являются устройствами с вибрационно-резонансным принципом, основанном на зависимости собственной частоты колебаний резонансного контура металлического виброэлемента и добротности этого контура от плотности или вязкости измеряемой жидкости, которую погружен элемент[18]. В качестве виброэлемента используется металлическая трубка из сплава 36НХТЮ, которая жестко крепится по периметру к переходнику, выполненному из стали 12Х18Н10Т.

Для обеспечения жесткого крепления деталей необходимо сваривать между собой трубу и переходник угловым швом. В этой связи возникает трудности по обеспечению качественного сварного соединения с заданными эксплуатационными характеристиками. Поэтому целью работы является: сравнительное исследование структуры и свойств сварных биметаллических тавровых соединений сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т, выполненных с помощью ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона и электронно-лучевой сваркой в вакууме.

## 1. Способы соединения разнородных металлов

Можно выделить несколько способов сварки разнородных металлов: контактный способ, давлением и высококонцентрированные источники энергии.

Рассмотрим контактный способ соединения:

В статье авторов В.Н. Ёлкина и др. рассмотрена диффузионная сварка разнородных металлов методом соединения горячего изостатического прессования. Были исследованы соединения стали марки 09X17H-Ш со сталью марки 08X18H10T и титановым сплавом марки ПТ-3В. При сварке сталей применяли следующие технологические приемы: нанесение гальванического никелевого покрытия и создание на свариваемых поверхностях рельефа механической и лазерной обработкой. Соединение титана со сталью получали на одном режиме с разными промежуточными слоями – никелевым гальваническим покрытием на детали из стали марки 08X18H10T и промежуточной прослойки из тантала толщиной 0,1 мм [1].

При соединении разнородных металлов широко применяют сварку трением с перемешиванием. Например, в работе автора Е. С. Бубенок соединение разнородных металлов осуществляется сваркой трением с перемешиванием (Cu-Al). В этой работе рассматривалось способ получения соединений меди и алюминия. Способ основан на сварке давлением, при котором в месте контакта двух поверхностей происходит деформация, вследствие чего образуется сварной шов. Осуществляется соединение с помощью взаимодействия атомов металлов двух поверхностей [2].

Распространённый способ сварки давлением - это сварка взрывом. В статье В. В. Литвинова рассматриваются особенности сварки взрывом и вероятные причины снижения прочности соединения. Проводили исследования влияния толщины метаемого алюминия на структуру и прочность сталеалюминиевого композита при различных условиях взрывного нагружения. Доказанно, что с увеличением толщины метаемой пластины

происходит и увеличение кинетической энергии отрыва, которая приводит к образованию микротрещин, а, следовательно, и к снижению прочности соединения [3].

В работе С.В Кузьмина, В.В. Рубина и др. [4] предоставлены результаты исследования пластического деформирования металла околошовной зоны при сварке взрывом разнородных (меди с алюминием) пластин. Выявлено, что существенное влияние на деформированное состояние металла околошовной зоны сваренных взрывом модельных пластин оказывает скорость соударения, а значительная локализация деформации в более прочном металле приводит к сосредоточению тепловой энергии, выделившейся в результате пластической деформации, что можно считать одной из причин образования участков структурной и химической неоднородностей на границе соединения

Рассмотрим способ соединения высококонцентрированным источником энергии.

В Пермском национальном исследовательском политехническом университете проводили оценку температуры в канале проплавления при электронно-лучевой сварке разнородных металлов. (Саломатова Е.С) В работе описывалась методика экспериментальной оценки температуры в канале проплавления при электроннолучевой сварке разнородных материалов. Проводились сопоставления полученных значений температуры. Выявили, что с уменьшением глубины в канале проплавления температура стенок и давление парогазовой фазы в канале уменьшаются [5].

Так же, в Пермском национальном исследовательском политехническом университете проводились эксперименты по плазменной сварке разнородных металлов. В данной работе Щицын и др. представили результаты исследования возможности плазменной сварки на токе обратной полярности разнородных металлов. Сваривали стыковые швы пластин из различных материалов толщиной 5 мм. В работе использовался в качестве защитного и плазмообразующего газа использовался аргон. Сварка

выполнялась ручным способом. Получены сварные швы без внутренних дефектов с минимальным перемешиванием свариваемых металлов [6].

В статье [7] авторами рассматриваются новые конструкторско-технологические решения получения сварных соединений разнородных материалов алюминиевый сплав — нержавеющая сталь с применением электронно-лучевой сварки. Во избежание формирования хрупких прослоек на границе сплавления разнородных материалов, авторами было предложено использование электронно-лучевой сварки. Данный способ дает возможность сваривать электронным лучом кромки большой толщины и за один проход, что позволяет избежать многократного нагрева зоны сварки и охрупчивания соединения.

Данные работы [7] находят подтверждение в математической модели, предложенной Е. В. Линдт и С. А. Чебурашкин [8]. Согласно разработанной математической модели можно определить скорость охлаждения в зоне термического влияния и поле температур. Для определения этих значений авторы данной статьи использовали программу для моделирования, позволяющая рассчитать поле температур и зону термического влияния. А также ими была решена задача о тепломассопереносе в расплаве, она была изменена для учета влияния смешивания свариваемых материалов на теплофизические свойства расплава.

В исследованиях [9] авторами Э.А. Ушановой, Е.В. Нестеровой были разработаны методики ионной полировки плоскости образца и прецизионной вырезки сфокусированным ионным пучком для обеспечения исследований нанокристаллических зон сцепления, в разнородных соединениях полученных сваркой взрывом. Объектом исследования является изучение структуры зон соединения разнородных материалов, полученных сваркой взрывом. Для получения качественных поперечных шлифов, наиболее перспективный метод является ионной полировки. В начале процесса на выбранном участке шлифа наносили тонкий слой платины с помощью ионного пучка и газоинжекторной системы. Пластины, прикрепленную к

игле манипулятора, подвели к специальной полусетке для просвечивающего электронного микроскопа и приваривали платиной к краю полусетки. После этого ионным пучком иглу манипулятора отрезали от пластины. Отсоединенную от иглы, но приваренную к сетке пластину, утоняли с двух сторон ионным пучком, пока она не станет прозрачной для электронов (100...150 нм).

## 2. Соединение прецизионных сплавов со сталями

Прецизионные сплавы представляют собой - металлические сплавы с заданными физическими свойствами, обусловленным точностью химического состава, отсутствием примесей, тщательностью изготовления и обработки.

Промышленное производство прецизионных сплавов было впервые открыто в начале II-ой мировой войны. Большинство прецизионных сплавов являются сплавами на основе металлов подгруппы железа: железа (Fe), кобальта (Co) и никеля (Ni). Но с ростом требований качества к изделиям, обладающим высоким уровнем различных свойств, получили развитие прецизионные сплавы на основе марганца (Mn), хрома (Cr), титана (Ti), ниобия (Nb) и ванадия (V), а также ряда других переходных и редкоземельных металлов. Прецизионные сплавы применяются в следующих областях: в машинах прикладной кибернетики; в технологических схемах преобразования энергии из одной формы в другую; в машинах, аппаратах и приборах электроники, радиотехники, космической техники и средствах связи; в устройствах и агрегатах бытовой техники: телефонные, радио-, телевизионные системы, холодильные агрегаты и другие приборы [23].

В статье [10] академика И.М. Неклюдова представлены особенности формирования границы соединения разнородных материалов в твердой фазе и показано ее влияние на временное сопротивление в зависимости от пластичности соединяемых материалов. Экспериментально подтверждено наличие переноса атомов разнородных металлов из одной пластины в другую в процессе сварки в твердой фазе способом горячей прокатки в вакууме. Границы соединения формируются из материалов, участвующих в непосредственном контакте свариваемых материалов. Прочностные свойства самой границы соединения определяются свойствами свариваемых в твердой фазе металлов.

Учеными Е. А. Фетисовым и А. Г. Лупачёвым. проводились исследования, особенностей диффузионных процессов в сварных соединениях из разнородных сталей. В их работах представлены металлографические исследования и механические испытания с целью выявления причин возникновения трещины по линии сплавления разнородного сварного соединения. Наличие в сварных соединениях из разнородных сталей структурной и химической неоднородности в зоне сплавления объясняется в первую очередь диффузией углерода. С целью предотвращения образования трещин в сварных соединениях ученые предлагают производить предварительное старение основного металла [11]. Данный метод позволяет избежать диффузии углерода, что в свою очередь обеспечивает формирование бездефектного сварного шва.

Данный метод позволяет избежать диффузии углерода, что в свою очередь обеспечивает формирование бездефектного сварного шва.

### 3. Сплавы прецизионные, их применение и сварка

36НХТЮ – сплав с заданными свойствами упругости. Сплав не магнитный коррозионностойкий дисперсионно-твердеющий с временным сопротивлением с модулем нормативной упругости 186500-196000Мн/м<sup>2</sup>. Примерное назначение: для упругих чувствительных элементов приборов и деталей, работающих при температурах до 250°С (ГОСТ 10994-74) [12].

В статье [13] Маношина проводятся экспериментальные данные обработки прецизионного сплава 36НХТЮ. Представлена зависимость износа инструмента. Данная зависимость показала, что наибольшее негативное влияние на износ инструмента при черновой обработке прецизионных материалов в диапазоне скоростей 50÷70 м/мин оказывает подача. Также математической зависимости видно, что увеличение скорости, наоборот, оказывает положительное влияние на уменьшение износа инструмента, что означает необходимость исследования данного материала при высокоскоростной обработке. Выявляли зависимость шероховатости поверхности от режимов обработки. Зависимость показала, что при скорости от 50 до 70м/мин идет улучшение качества поверхности. Свыше 75 и до 170 м/мин идет постепенное ухудшение качества поверхности.

Так же, Маношин в статье [14] показывает результаты проведенных экспериментов, получены зависимости шероховатости от режимов резания, которые помогают рассчитать оптимальные режимы при черновой и чистовой обработке прецизионных металлов. Исследование процесса резания невозможно без исследования коэффициента усадки стружки, поскольку он показывает существо самого процесса резания, его физику. Для определения величины усадки применяется весовой метод. Обработываемый материал используется 36НХТЮ. Результаты эксперимента показали, что в пределах скорости резания от 10 до 70 м/мин происходит уменьшение коэффициента усадки стружки, а при скоростях резания свыше 70 м/мин до 170 м/мин изменения практически не происходит, поэтому для дальнейшего

исследования был выбран участок 50-70 м/мин. В процессе исследований было определено, что основным фактором, влияющим на рост усадки стружки, является степень изношенности режущего инструмента.

В работе [15] Смоленский С.Ю. и Р.И. Якимов показали результаты исследования усталостной прочности сварных соединений, полученных сваркой трением, из прецизионного сплава 36НХТЮ. При испытаниях на усталость применялась схема нагружения: растяжение – сжатие с мягким нагружением, характерная для эксплуатационных условий работы деталей. Как показали результаты, разрушение образцов происходит по основному металлу. Построенные кривые усталости и определение предела выносливости сварных соединений выполнялось с применением многообразцового метода и метода ускоренной оценки – Локати. Метод Локати дает достаточно точные результаты и этим методом можно пользоваться для определения выносливости соединений выполненных сваркой трением, предоставляет получение качественных сварных соединений.

### 3.1 Классификация прецизионных сплавов

Прецизионные сплавы можно разделить на ряд групп в зависимости от их свойств:

#### 1. Магнитно-мягкие сплавы;

Обладают высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой в слабых полях. К магнитно-мягким прецизионным сплавам принято относить сплавы на основе железа, а также на основе систем железо-никель и железо-кобальт.

#### 2. Магнитно-твёрдые сплавы;

Обладают определённым сочетанием параметров петли гистерезиса или предельной петли гистерезиса. Магнитно-твёрдые прецизионные сплавы имеют высокую магнитную энергию и запасом технологической пластичности, позволяющих потребителю перерабатывать их при изготовлении деталей сложной конфигурации.

3. Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР);

«Инварные сплавы» (от слова «инвар» — сплава 36Н, первого открытого сплава с очень низким температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР)).

4. Сплавы с заданными свойствами упругости;

Данные сплавы с высокой степенью упругости и рядом других свойств: коррозионная устойчивость, прочность, определённым температурным коэффициентом модуля упругости. Данной группы сплавов обладают высокими упругими свойствами (высокими значениями предела текучести и предела прочности) после специальной термической (термомеханической) обработки.

5. Сверхпроводящие сплавы;

Сплавы с высокой степенью проводимости при низких температурах относятся: 25БТ, БТЦ-ВД, 70ТМ-ВД.

Одно из наиболее важных направлений в металлургии прецизионных сплавов – это разработка сплавов обладающими сверхпроводящими свойствами в условиях не сверхнизких температур и магнитных полей. Но хотя явление сверхпроводимости было открыто Камерлинг-Онессом давно – в 1911 г., практическое его использование сдерживалось из-за отсутствия жёстких сверхпроводников – сплавов, сочетающих сверхпроводимость в сильных магнитных полях с высокой пластичностью, необходимой для получения ленты и проволоки, используемой при изготовлении сверхмощных малогабаритных электромагнитов. Использовании сверхпроводящих сплавов удаётся создавать мощные и экономически эффективные магнитные установки[23].

6. Термобиметаллы.

Представляют собой материал состоящий из двух или более слоев металлов или сплавов с различными температурными коэффициентами

линейного расширения, что обеспечивает упругую деформацию при изменении температуры[15,16].

### 3.2 Основное применение прецизионных сплавов.

Изделия и детали из прецизионных сплавов, несмотря на малый размер, играют в приборах, устройствах и системах не вспомогательную, а основную роль – служат источником, усилителем или фильтром основного сигнала, приводящего в действие всю систему, определяя её точность и надёжность[17].

Магнитно-мягкие сплавы используются в качестве сердечников магнитопроводов и магнитных экранов аппаратуры радиосвязи, радиолокации, автоматики, управления по радио, счётно-решающих машин и др.

Магнитно-твёрдые сплавы используются в радиоаппаратуре, автоматических системах, работающих по заданной программе, накопителях информации счётно-решающих машин и др.

Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения используют для спаев с различными стеклами, керамикой, слюдой и другими диэлектриками в радиолампах и электроннолучевых приборах, для деталей измерительных приборов с постоянными размерами.

Сплавы с высокими упругими свойствами применяют в качестве пружин и пружинных элементов, упругочувствительных элементов измерительных приборов, мембран расходомеров, резонаторов фильтров для выбора, генерирования и настройки на заданную частоту.

Сплавы сопротивления применяются в качестве тарированных сопротивлений в радиоэлектронике, термо- и тензодатчиков для аппаратуры, регистрирующей и управляющей тепловыми и механическими нагрузками, нагревательных элементов в промышленных печах, в приборах бытовой техники.

Термобиметаллы применяются для автоматического регулирования заданной нагрузки и температуры в различного рода компенсационных устройствах, термолегуляторах, а также в приборах бытовой техники[17].

Обозначение марок термобиметаллов состоит из букв ТБ и последующих двух чисел, первое из которых характеризует величину удельного изгиба, а второе - удельное электрическое сопротивление

В моем дипломе рассматривается исследование особенностей электронно-лучевой сварки деталей поточного преобразователя вязкости из разнородных сталей 36НХТЮ и 12Х18Н10Т. В нем представлено сравнение электронно-лучевой сварки и аргонодуговой.

## 4. Виды сварки

### Ручная аргонодуговая сварка

При аргонно-дуговой сварке процесс происходит в среде инертного газа (аргона), который защищает сопрягаемые поверхности от окисления, тем самым улучшая качества шва.

В качестве неплавящегося электрода при аргонно-дуговой сварке обычно применяется вольфрамовый элемент, поскольку это очень тугоплавкий материал. При помощи подобного способа сваривания можно осуществить надежное соединение материалов, которые очень затруднительно сварить традиционным способом, и даже разнородных деталей.

Аргонно-дуговая сварка своими руками предполагает создание прочного и надежного шва, и поэтому требует повышенного внимания при проведении работ.

1. Неплавящийся электрод следует держать как можно ближе к свариваемой поверхности, создавая минимально возможную длину дуги. С увеличением дуги уменьшается глубина проплавления металла и увеличивается ширина шва, то есть страдает качество.

2. Обычно при аргонно-дуговой сварке совершается только одно движение, которое направлено вдоль оси шва. Отсутствие частых поперечных движений дает возможность создать более узкий и эстетически привлекательный шов, что выгодно отличает эту технологию от применения покрытых электродов.

3. Для предотвращения насыщения свариваемых поверхностей азотом и кислородом, содержащихся в воздухе, следует внимательно следить за тем, чтобы неплавящийся электрод и присадочная проволока находились в зоне аргоном защиты.

4. При резкой подаче сварочной проволоки наблюдается активное разбрызгивание металла. Для предотвращения этого процесса следует подавать проволоку очень плавно, что достигается практикой.

5. Одним из показателей качества шва является его проплавленность, о которой можно судить по форме, образованной сварочной ванной. О хорошей проплавленности можно судить по сварочной ванне, удлиненной в сторону направления сварки, а овальная или круглая форма говорит о недостаточном проплавлении поверхности.

6. При сваривании неплавящимся электродом присадочную проволоку следует располагать под углом к свариваемой поверхности впереди горелки, избегая поперечных колебаний. Таким способом легче обеспечить ровный и узкий сварочный шов.

7. Заваривание кратера при окончании работ производят с помощью понижения силы тока реостатом (неправильно прекращать работу путем обрыва дуги, отводя горелку, поскольку резко снижается защита шва). Обычно подачу газа (аргон) прекращают через 7 – 10 секунд после окончания работы, а начинать подачу газа в область соединения следует за 15 – 20 секунд до начала процесса.

8. Перед началом проведения сварочных работ поверхности деталей следует очистить от окислов и грязи механическими или химическими способами, а также обезжирить.

Осциллятор – это устройство, используемое для бесконтактного зажигания электрической дуги. Оно поддерживает стабильный дуговой разряд при работе на режимах, требующих применения переменного тока. Поскольку зажигание дуги при аргонно-дуговой сварке по ряду причин невозможно путем непосредственного касания электродом рабочей поверхности, осциллятор генерирует высоковольтный разряд (4 – 8 кВт.), который и пробивает дуговой промежуток.

Балластный реостат - служит для регулирования силы тока и подбора оптимальных параметров при сварке деталей из различного материала. При сваривании алюминия на переменном токе рекомендуется осуществлять регулирование реостата в очень узких пределах (15- 20%), поскольку постоянную составляющую тока компенсировать все равно не удастся.

#### Преимущества и недостатки аргонодуговой сварки

Более наглядно с процессом можно ознакомиться, посмотрев аргонодуговая сварка (видео), где показаны методики настройки оборудования и способы сопряжения различных поверхностей.

##### Преимущества:

1. область нагрева основного металла очень незначительна, что сохраняет первоначальную форму заготовок;
2. аргон является инертным газом, удельный вес которого тяжелее воздуха, поэтому он надежно защищает свариваемые поверхности от воздействия окружающей среды;
3. высокая тепловая мощность дуги позволяет увеличивать скорость проведения работ;
4. несложность технических приемов делает такой способ сварки общедоступным;
5. возможность сваривания деталей, которые нельзя соединить другим способом, с получением аккуратного и эстетичного шва.

##### Недостатки:

1. возможность неполной защиты швов при работе на сильном ветре или сквозняке, поскольку часть аргона может не попасть по назначению;
2. при проведении работ высокоамперной дугой предпочтительно использовать дополнительное охлаждение;
3. довольно сложное оборудование, используемое для работы, и некоторые трудности точной настройки[19].

## Электронно-лучевая сварка

Электронно-лучевая сварка — сварка, источником энергии при которой является кинетическая энергия электронов в электронном пучке, сформированном электронной пушкой.

Данная сварка используется для сварки тугоплавких, высокоактивных металлов в космической, авиационной промышленности, приборостроении и др. Электронно-лучевая сварка применяется и при необходимости получения высококачественных швов с глубоким проплавлением металла, для крупных металлоконструкций.

Она проводится электронным лучом в вакуумных камерах. Размеры камер зависят от размеров свариваемых деталей и составляют от 0.1 до нескольких сотен кубических метров.

Плавление металла при электронно-лучевой сварке и образование зоны проплавления представлено давлением потока электронов в электронно-лучевой пушке, выделением теплоты в объеме твердого металла, реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов и излучением.

Сварка выполняется непрерывным или импульсным электронным лучом. Импульсные лучи с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100—500 Гц используются при сварке легкоиспаряющихся металлов, таких как алюминий, магний. При этом повышается глубина проплавления металла. Использование импульсных лучей позволяет сваривать тонкие металлические листы.

Сам процесс сварки выполняется в камере, формирующей электронный луч, откачивается воздух вплоть до давлений 1—10 Па. Это приводит к высокой защите расплавленного металла от газов воздуха.

Электронно-лучевые установки подразделяются на универсальные и специализированные, высоковакуумные (давление менее  $<10^{-1}$  Па), промежуточного вакуума (давление  $10—10^{-1}$  Па), сварка в защитном газе

( $10^3$ — $10^5$  Па), на камерные (изделие внутри рабочей камеры) и с локальным вакуумированием (герметизация изделия в зоне сварки).

В саму установку электронно-лучевой сварки входит электронная пушка, блоки питания. Электронно-лучевая пушка формирует пучок электронов с высокой плотностью энергии [20].

## 5. Экспериментальная часть

### 5.1 Оборудование и материалы

В данной дипломной работе выполняется сварка переходника из стали 12Х18Н10Т и трубы из прецизионного сплава 36НХТЮ. Процесс производится двумя видами сварки аргонодуговой и электроннолучевой сваркой.

Основные требования к ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом использовать однополосный источник постоянного тока, оснащенный устройством бесконтактного или контактного возбуждения дуги на малых токах и плавного снижения сварочного тока при заварке кратера шва (в частности, ТИР-300ДМ1, УДГ-350, УПС-301), или многопостовый источник с балластным реостатом для регулирования сварочного тока и обеспечения стабильного горения сварочной дуги.

#### 5.1.1 Требования к свариваемым материалам

Химический состав (табл. 1) и механические свойства (табл. 2) указанных сплавов отечественного производства должны соответствовать ГОСТ 10994-74.

Таблица 1 Химический состав свариваемых материалов

Марка сплава/стали	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	Al, %	Fe, %	S, %	Ph, %
36НХТЮ	≥0,05	0,3-0,7	0,8-1,2	11,5-13,0	35,0-37,0	2,7-3,2	0,9-1,2	остальное	≥0,02	≥0,02
12Х18Н10Т	≥0,12	≥0,8	≥2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	-	-		≥0,02	≥0,035

Таблица 2 Механические свойства свариваемых материалов

Марка сплава/стали	$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_T$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	НВ 10 -1 (МПа)
36НХТЮ	1150-1250	800-1000	15	330-350
12Х18Н10Т	550-650	196	46-74	179

### 5.1.2 Требования к сварочным материалам

При аргодуговой сварке деталей из коррозионно-стойкой стали типа 12Х18Н10Т в качестве присадочного материала предпочтительно использовать нержавеющую проволоку ESAB ОК Autrod 347 Si, обеспечивающую стойкость к межкристаллитной коррозии.

Сварочная проволока сплошного сечения должна соответствовать требованиям ТУ 1222 -042-55224353-2008. Химический состав сварочной проволоки сплошного сечения ESAB ОК Autrod 347 Si приведен в табл. 13

При аргодуговой сварке деталей из разнородных материалов – коррозионно-стойкой стали типа 12Х18Н10Т и прецизионного деформируемого сплава типа 36НХТЮ необходимо использовать проволоку из коррозионно- и жаростойкой проволоки на никелевой основе ОК Tigrod 19.85. Химический состав проволоки представлен в табл. 13.

Таблица 3 . Химический состав сварочной проволоки

Марка проволоки	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Nb+Ta, %	Ni, %	Fe, %
ОК Autrod 347 Si	<0,08	1,7	0,8	20			остальное
ОК Tigrod 19.85	<0,05	3,0		21,0	2,5	остальное	

Поверхность проволоки сплошного сечения должна быть чистой, без окалины, масла и грязи. Если необходимо, то ее очищают от грязи пескоструйным аппаратом или, пропуская ее через специальные механические устройства. Разрешается также очищать проволоку наждачной шкуркой или другим способом до металлического блеска.

В качестве защитного газа при ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом применяют аргон высшего и первого сортов с физико-химическими показателями по ГОСТ 10157-79. В качестве неплавящегося электрода следует применять вольфрамовые электроды из вольфрама марок ЭВЛ, ЭВИ-1, ЭВИ-2 по ГОСТ 23949. Допускается использовать газообразный и жидкий аргон. Перед началом сварки, проверяют качество газа, для чего надо наплавить на пластину или трубу валик длиной 100—150 мм и по внешнему виду поверхности наплавки определить ее качество. При обнаружении дефектов (пор) в металле шва газ, находящийся в проверяемом баллоне, необходимо браковать.

Все сварочные материалы должны быть сертифицированы.

#### 5.1.3 Требования к сварочному оборудованию

Перед сваркой, оборудование должно подвергаться еженедельному осмотру на предмет определения видимых неисправностей. Количество проверок должно регламентироваться паспортом оборудования.

Сварочные установки должны быть снабжены исправной контрольно-измерительной аппаратурой или другими устройствами. Для периодического контроля сварочного тока можно пользоваться переносным амперметром.

#### 5.1.4 Требования к оборудованию для подогрева.

Для сварки стали 12Х18Н10Т и сплава 36НХТЮ необходим сопутствующий подогрев.

Для выполнения предварительного подогрева кромок свариваемых соединений и после сварочной термической обработки сварных соединений могут применяться следующие способы нагрева:

- индукционный (токами средней частоты от 400 до 10000 Гц, преимущественно 2500 Гц);
- радиационный (электрический сопротивлением, газопламенный);
- электронагревателями комбинированного действия (электрический сопротивлением в сочетании с индукционным током промышленной частоты 50 Гц).

## 5.2 Подготовка деталей к сварке

До начала сборки поточного преобразователя, должны быть проверены наличие клейм, маркировки, а также сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие деталей их назначению. При отсутствии клейм, маркировки или сертификатов детали к дальнейшей обработке не допускаются.

Перед подготовкой соединений деталей преобразователей для сварки необходимо проверить их соответствие чертежам и требованиям НТД. Отклонение плоскости реза трубчатых деталей от угольника не должно превышать 0,5 мм.

Контролю так же подвергается:

- соответствие формы, размеров и качества подготовки кромок предъявляемым требованиям (обработку фасок под сварку и размеры кромок проверяют специальными шаблонами);
- качество зачистки концов деталей наружной и внутренней поверхностей, а также их поверхностей в местах нахлесточных и тавровых соединений;
- правильность выполнения переходов от одного сечения к другому;
- толщина стенок подготовленных под сварку концов деталей установленным допуском.

## 5.3 Сборка деталей

Конструкции сварных соединений деталей должны соответствовать ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 16307-80.

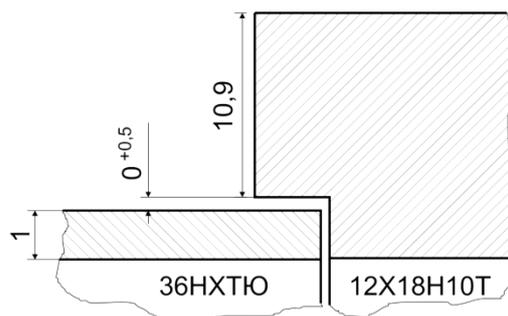


Рисунок 1. Тавровое соединение трубы с переходником.

При сборке стыков деталей под сварку следу рекомендуется использовать центровочными приспособлениями, предпочтительно инвентарными, непривариваемыми к сборочным единицам.

Перед сборкой изготовленные под сварку кромки и прилегающие к ним участки поверхностей деталей должны быть зачищены до металлического блеска и обезжирены. Ширина зачищенных участков, считая от кромки разделки, должна быть не менее 20 мм с наружной и с внутренней стороны детали.

После сборки деталей, необходимо прихватить в нескольких местах. Прихватки рекомендуется выполнять тем же способом сварки, что и корневой. Если корневой слой шва накладывается автоматическим или механизированным способом, прихватки следует выполнять ручным аргонодуговым способом. При прихватке должен применяться тот же присадочный материал, который будет использоваться для сварки корневого слоя. Выполнять прихватки должен сварщик, допущенный к сварке деталей соответствующей марки стали, по возможности тот, который будет сваривать данный стык.

Количество прихваток 1-2, длина прихваток не менее 5 мм. Высота прихваток должна быть равна толщине стенки соединяемых элементов.

#### 5.4 Температурный режим

Перед аргонодуговой сваркой деталей из разнородных материалов - сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т - необходим предварительный подогрев

сборки до 200-220°C. Ширина зоны подогрева, должна быть не менее не менее 150 мм.

В конце сварки трубы с переходником необходимо поместить соединение в разогретую до 200°C электропечь и дать соединению остыть вместе с печью.

### 5.5 Сварка деталей

При сварке деталей из разнородных материалов - стали 12Х18Н10Т и сплава 36НХТЮ - не допускается перегрев трубы из сплава 36НХТЮ выше 400°C.

Рекомендуется выполнять сварку сразу после выполнения прихваток.

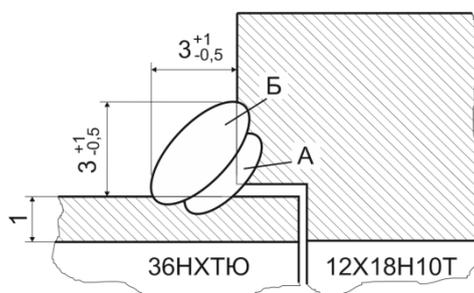


Рисунок 2. Расположение слоев и форма сварных швов соединений:  
трубы с переходником

### 5.6 Контроль качества сварного соединения

#### 5.6.1 Визуально измерительный контроль

ВИК подвергаются все законченные сварные соединения, на которые распространяется настоящая инструкция независимо от марки стали, типа сварного соединения, назначения и условий работы.

В начале визуального контроля сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль сварных соединений визуальным осмотром и с применением оптических приборов (луп, эндоскопов, зеркал, и др.). Увеличение лупы должно быть 4 - 7 кратным.

Следует контролировать:

- наличие маркировки шва;
- наличие клейма сварщика (бригады сварщиков);
- отсутствие (наличие) поверхностных трещин;
- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений следующих дефектов: пор, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, незаваренных кратеров; грубой чешуйчатости, прижогов металла в местах касания сварочной дугой поверхности основного металла;

#### 5.6.2 Ультразвуковой и радиографический контроль

УЗК проводится на тех сварных соединениях, которые прошли контроль по результатам визуального и измерительного контроля.

Ультразвуковой контроль применяется для выявления внутренних и выходящих на поверхность протяженных ( трещины, расслоения, непровары, несплавления, подрезы, цепочки скопления пор и включений) и не протяженных (одиночные газовые поры, шлаковые включения) дефектов.

Радиографический контроль выполняется на тех сварных соединениях, которые прошли контроль по результатам визуального и измерительного контроля.

Радиографический контроль применим для выявления внутренних и выходящих на поверхность дефектов, таких как: газовые поры, шлаковые включения, непровары, несплавления, трещины, подрезы.

#### 5.7 Измерение твердости

Измерение твердости металла шва выполняются с целью проверки качества предварительного подогрева сварных соединений в случае сварки деталей поточных преобразователей из разнородных материалов – стали 12Х18Н10Т и сплава 36НХТЮ.

Твердость металла шва измеряют переносным твердомером на зачищенных до металлического блеска участках его поверхности. На каждом сварном шве должно быть подготовлено не менее трех участков в разных

местах по периметру стыка и на каждом участке должно быть проведено не менее трех измерений.

Твердость металла шва определяется как среднее арифметическое результатов измерений твердости на трех участках. Твердость каждого участка в свою очередь определяется как среднее арифметическое результатов трех измерений, при этом отклонение значения твердости, полученного при любом измерении, от норм, должно быть не более 7%.

Твердость металла шва не должна превышать 350 МПа. В моем случае применялась твердость 200 Мпа.

#### 5.8 Методика и материалы исследования.

Для сравнительной оценки структуры и микротвердости сварных швов были выполнены тавровые соединения ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом (РАД) и электронно-лучевой сваркой (ЭЛС) в вакууме по режимам, представленным в таблице 4. В качестве присадочного материала для аргонодуговой сварки применялась коррозионно- и жаростойкая проволока на никелевой основе ОК Tigrod 19.85. Перед сваркой деталей выполнялся предварительный подогрев сборки до 200-220°С.

Таблица 4 – Параметры режимов сварки

Аргонно-дуговая сварка:		Электронно-лучевая сварка:	
Сила тока	55 А	Сила тока луча	30 мА
Напряжение	12 В	Ускоряющее напряжение	28 кВ
Диаметр сварочной проволоки	2 мм	Диаметр луча	250 мкм
Скорость сварки	28 см/мин	Скорость сварки	60 см/мин
Расход защитного газа	10 л/мин	Остаточное давление	10 <sup>-4</sup> Па

На рисунке 3 показана схема выполнения соединений.

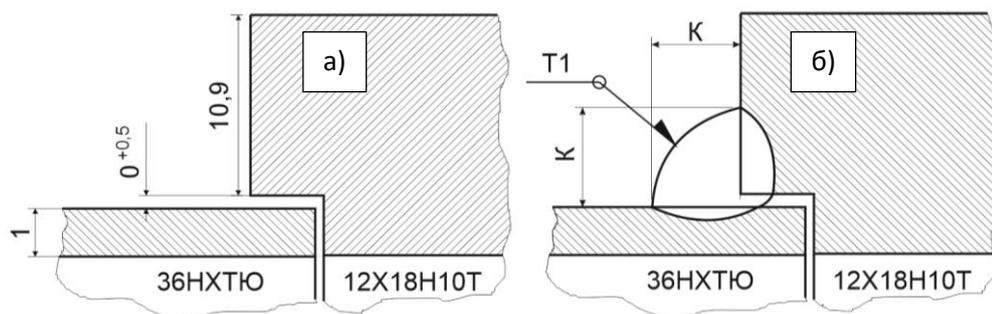


Рисунок 3 - а) схема сборки; б) схема сварки.

Подготовку шлифов осуществляли по стандартной методике, путем шлифования и полирования на алмазных пастах (зернистость от 60/40 до 0,5/0,1). Травление производили в течение 1 минуты в реактиве Марбле и в течение 30 секунд в 10%-м водном растворе щавелевой кислоты (напряжение 10 В, образец - анод). Микрофотографирование производили на микроскопе Unitron Versamet с применением освещения по методам светлого поля, темного поля и их комбинации, а также по методу дифференциально-интерференционного контраста Номарского.

Микротвердость сварных соединений измеряли на приборе ПМТ-3 (ГОСТ 9450-76) с шагом по глубине 100 мкм при нагрузке 1 Н.

## 5.9 Результаты проведенных исследований

При аргонодуговой сварке формируется грубая чешуйчатость (расстояние между краями отдельных чешуек 1,5-2 мм). В замке наблюдается кратер (рисунок 4,а). При электронно-лучевой сварке формируется шов с равномерной чешуйчатостью, расстояние между краями отдельных чешуек ~0,2 мм, (рисунок 4,б).

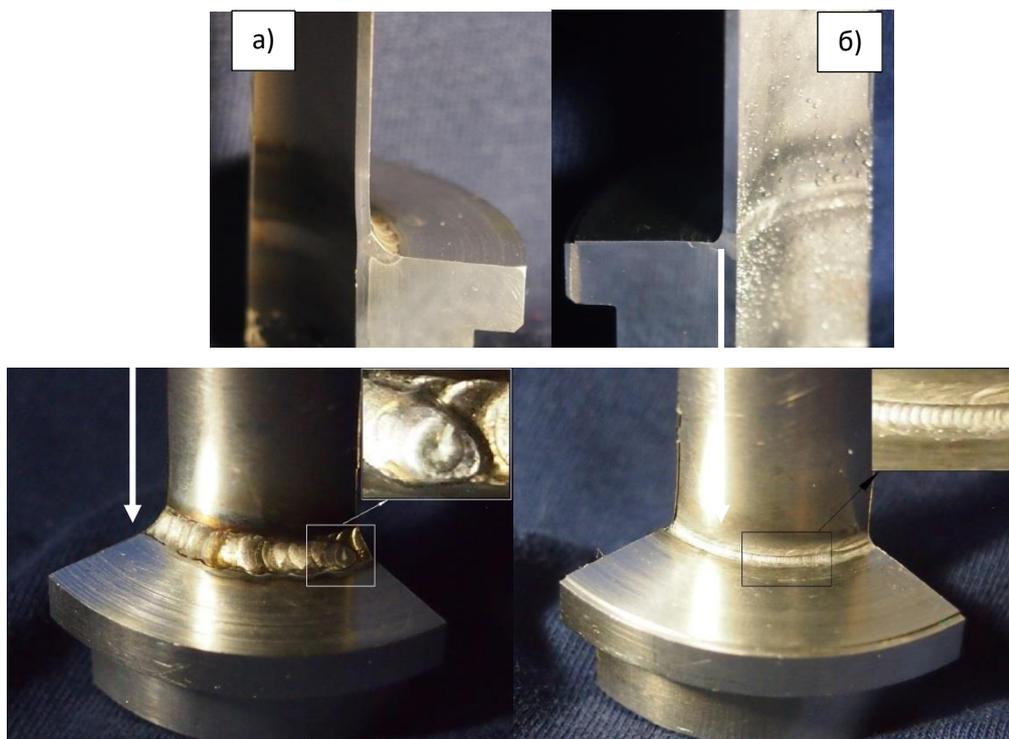


Рисунок 4 - а) внешний вид сварного соединения, выполненного РАД; б) внешний вид соединения, выполненного ЭЛ.

При визуальной оценке глубины проплавления, замечено, что ЭЛС способствует проплавлению стенки трубы на всю толщину при формировании равномерного по ширине шва размером ~2000 мкм. РАД не позволяет получить полного проплавления стенки трубы и способствует увеличению ширины шва до ~3000 мкм.

При травлении полированной поверхности поперечного сечения сварных соединений в реактиве Марбле наблюдалась слабая травимость, тогда как после электролитического травления в растворе щавелевой кислоты структура проявлялась более отчетливо. Общий вид макрошлифов после электролитического травления представлен на рисунке 5.

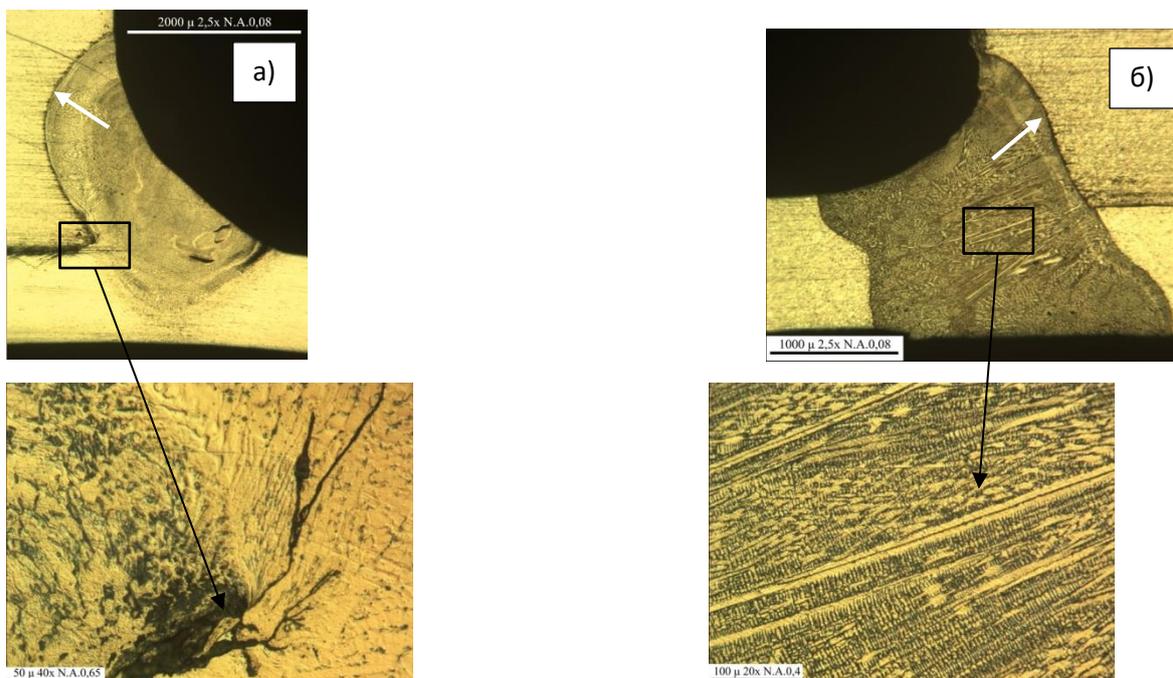


Рисунок 5 - а) макроструктура сварного соединения, выполненного РАД; б) макроструктура сварного соединения, выполненного ЭЛС.

Макроструктура сварных швов имеет дендритное строение. При этом в сварном шве, сформированном РАД, дендриты преимущественно короткие (рисунок 5,а). С обратной стороны шва наблюдается разветвленный трещиноподобный дефект (предположительно окисная пленка) протяженностью 180 мкм. В шве после ЭЛС, наблюдаются наибольшие по протяженности дендриты, длина которых достигает ~850 мкм (рисунок 5,б). Протяженные дендриты формируются со стороны втулки в результате увеличенного теплоотвода в основной металл. Граница сплавления по стали 12Х18Н10Т характеризуется темно-травленной линией как после РАД, так и после ЭЛС (рисунок 5). Это связано с выделением  $\delta$ -феррита и продуктов его распада [21].

Зона термического влияния (ЗТВ) по стали 12Х18Н10Т при РАД распространяется на глубину до 1 мм и характеризуется незначительным потемнением при травлении в реактиве Марбле (рисунок 6,а). Размер зерна остаётся практически неизменным.

Зона термического влияния в сплаве 36НХТЮ характеризуется формированием зерен размером до 90 мкм, что в 2-6 раз больше, чем в основном металле. По границам и в теле зерен выделяется темно-травленная  $\alpha$ -фаза (рисунок 6,б).

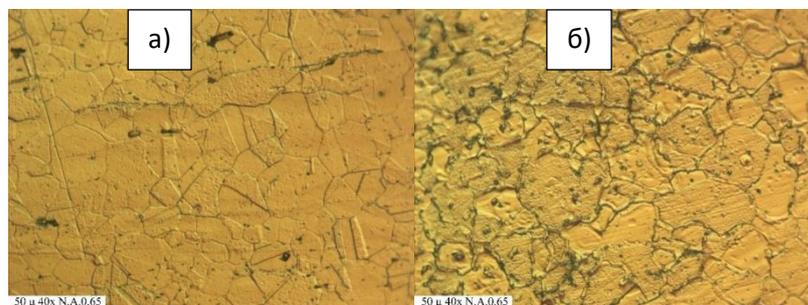


Рисунок 6 - а) микроструктура ЗТВ в стали 12Х18Н10Т после РАД; б) микроструктура в сплаве 36НХТЮ после ЭЛС.

ЗТВ со стороны трубки (36НХТЮ) при ЭЛС практически не наблюдается. По границе сплавления со сталью наблюдается небольшое выделение  $\alpha$ -фазы. Изменение структуры в стали фиксируется только в виде потемнения на глубину до 1 мм от границы сплавления, после травления в реактиве Марбле. Как и в случае аргонно-дуговой сварки, это может быть связано с незначительным повышением дефектности аустенита и дисперсным выделением  $\alpha$ -фазы.

Формирующиеся структуры сварного шва способствуют изменению микротвердости по его толщине.

На рисунке 7 представлены графики распределения микротвердости по толщине сварного шва от корня к облицовке.

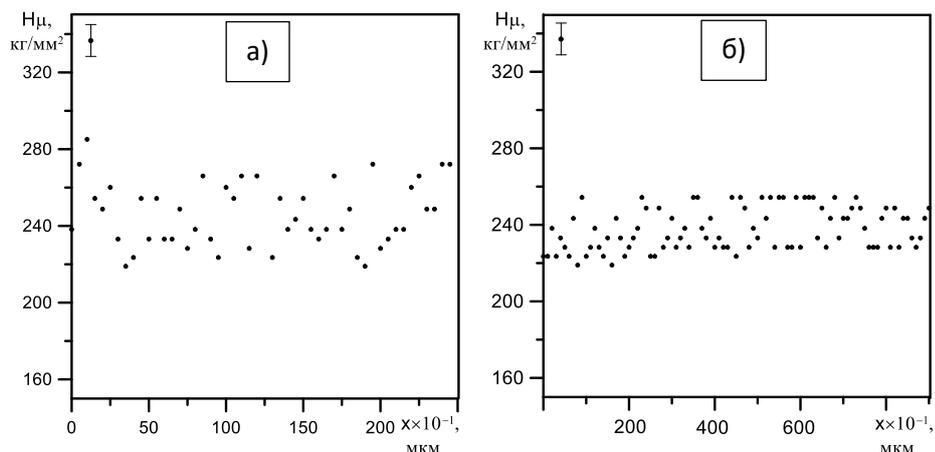


Рисунок 7 - распределение микротвердости по толщине сварного шва:

а) после РАД; б) после ЭЛС.

Среднее значение микротвердости металла шва при РАД составляет 247 кг/мм<sup>2</sup>, при ЭЛС - 237 кг/мм<sup>2</sup>. При этом наиболее неравномерное распределение микротвердости по толщине шва наблюдается при использовании ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. В области корневого слоя шва наблюдается незначительное повышение твердости.

Средний уровень микротвердости сварных швов находится на уровне твердости стали 12Х18Н10Т и сплава 36НХТЮ в необработанном состоянии.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Применение ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом биметаллического соединения 12Х18Н10Т – 36НХТЮ способствует формированию широкого шва без сквозного проплавления тонкостенной детали. Структура сварного шва отличается наличием коротких дендритов, при этом наблюдается формирование δ-феррита по границе сплавления со сталью 12Х18Н10Т.

2. Применение электроннолучевой сварки в вакууме позволяет добиться полного проплавления тонкостенной детали и способствует

формированию протяженных дендритов длиной 850 мкм в направлении роста от толстостенной детали, выполненной из стали 12Х18Н10Т.

3. Наиболее равномерное распределение микротвердости по толщине сварного шва наблюдается при использовании электроннолучевой сварки в вакууме.

## 6. Социальная ответственность

В данном разделе рассматриваются основные вопросы безопасности и охраны труда при работе в сварочной лаборатории и в учебном помещении (научная лаборатория), в котором выполнялось написание ВКР.

Раздел содержит анализ возникающих при работе с лазерной установкой опасных и вредных факторов и решает вопросы их безопасности в чрезвычайных ситуациях на основе требований действующих нормативно-технических документов.

### 6.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Рассмотрены следующие вредные факторы:

1. Повышенный уровень шума и вибрация;
2. Недостаточная освещенность;
3. Неблагоприятные условия микроклимата.

#### 6.1.1 Повышенный уровень шума и вибрация.

При выполнении работы часто используют инструменты ударного воздействия: шлифовальная машина и т.д., которые создают лишний шум, вредно действующий на организм. У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003–14 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки) [22].

Шумы в цехах превышают допустимые нормы (табл. 5), главным образом, вследствие нерациональной конструкции или неправильной установки машины или установки. Но наряду с этим многие шумы связаны с технологическими процессами и они неизбежны. Поэтому для уменьшения шумов необходимо изолировать данное оборудование в отдельное помещение и установить на отдельный фундамент.

Таблица 5 – Нормы шума

Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется организовывать 10 – 15 минутные перерывы после каждого часа работы и проводить комплекс физиопрофилактических мероприятий. Одним из направлений борьбы с шумом является созданием шумопоглощающих устройств в самом технологическом образовании, например:

1. все вентиляционные установки монтируются на вибрационных подушках;
2. оборудование целесообразно помещать в звукоизолирующее ограждение;
3. окружные скорости колёс у вентиляторов принять до 30÷40 м /сек;
4. скорость воздуха в воздухоотводах не более 12 м/сек.

Замеренные значения шума в лаборатории составляли 87,5 дБА. Время действия шума – 1,25 часа в сутки. Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день в соответствии с ГОСТ 12.1.003–14 определяется по формуле:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left[ \frac{T_e}{T_0} \right],$$

где  $T_e=1,25$  часа;

$T_0=8$  часов;

$L_{p,A,eqT_e} = 87,5$  дБА.

$L_{EX,8h} = 89,1$ , что менее 80 дБА указанных в табл. 1. Поэтому уровень шума в лаборатории соответствует нормам.

### 6.1.2 Исследование освещенности рабочей зоны

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света солнца. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части здания (крыше). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СП 52.13330.2011 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Общее освещение осуществляется с помощью газоразрядных источников света. В производственных помещениях высотой менее 6 м должны применяться люминесцентные лампы, высотой более 6–8 м – газоразрядные лампы высокого давления типа ДРИ или ДРЛ. При работах с мелкими изделиями в осветительных установках должны применяться люминесцентные лампы.

Светильники по их техническим характеристикам должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011. "Светильники. Общие требования и методы испытаний" и ГОСТ 14254–96 "Степени защиты, обеспечиваемые оболочками".

#### Расчет искусственного освещения.

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в помещении заданной освещенности.

Для освещения помещения, согласно рекомендациям, выбираем газоразрядные лампы и общую систему освещения. Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является световая отдача. Они имеют значительно больший срок службы. Основным

недостатком является пульсация светового потока, что может приводить к появлению стробоскопического эффекта, длительный период разгорания, применение специальных пусковых приспособлений.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток группы ламп светильника  $\Phi_{\text{л}}$  (лм) при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле.

$$\Phi_{\text{л}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot z \cdot k / (N \cdot \eta),$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормируемая минимальная мощность, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$z$  – коэффициент минимальной освещенности (для люминесцентных ламп  $z = 1,1$ );

$k$  – коэффициент запаса ( $k = 1,8$ );  $N$  – число светильников в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп.

Принимаем  $E_{\text{н}} = 400$  лк, по ГОСТ 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

Определим площадь освещаемого помещения.

$$S = A \cdot B,$$

где  $A$  и  $B$  два характерных размера помещения, м ( $A = 8$  м;  $B = 5,8$  м).

$$S = 8 \cdot 5,8 = 46,4 \text{ м}^2.$$

Для определения коэффициента использования светового потока ламп необходимо определить коэффициенты отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$  и стен  $\rho_{\text{с}}$ , а также показателя помещения  $i$ .

$$i = A \cdot B / [H_p \cdot (A+B)],$$

где  $H_p$  – Высота светильников над рабочей поверхностью, м.

Принимаем  $H_p=3,0$  м, исходя из общей высоты помещения 3,350 м.

$$i = 8 \cdot 5,8 / [3,0 \cdot (8+5,8)] = 1,12.$$

Коэффициенты отражения потолка и стен оцениваются субъективно,  $\rho_{\text{п}}=70$ ,  $\rho_{\text{с}}=50$ . Коэффициент использования светового потока ламп по данным литературы для светильника типа ШОД  $\eta=0,41$ .

Определим число светильников в помещении с помощью плана помещения и исходя из расстояния между светильниками:

$$\lambda = L / H_p,$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м.

Для светильников типа ШОД  $\lambda=1,1$ .

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,1 \cdot 3,5 = 3,85.$$

Исходя из плана помещения и размещения светильников, принимаем число ламп восемнадцать.

$$\Phi_{\text{л}} = 400 \cdot 46,4 \cdot 1,12 \cdot 1,8 / (18 \cdot 0,41) = 5070.$$

Принимаем лампу ЛБ мощностью 80 Вт. Проверочный расчет показывает, что разность между требуемой и действительной минимальной освещенностью не превышает 10%, что допустимо требованиями.

### 6.1.3 Неблагоприятные условия микроклимата

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают уровня отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и является предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта. напряжению механизмов терморегуляции. ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах с работами по энергетическим затратам относящихся к категории Ib, к которым относится сварочная и учебная лаборатория, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 6.

Таблица 6 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года				Холодный	Теплый
Оптимальная				22-24	23-25
Температура, °С	воздуха	допустимая	Диапазон ниже оптимальных величин	19-21,9	21-22,9
			Диапазон выше оптимальных величин	24,1-25	25,1-28
	поверхности	оптимальная		21-25	22-26
		допустимая		19-26	20-29
Относительная влажность воздуха, %	оптимальная			60-40	
	допустимая			15-75	
Скорость движения воздуха, м/с	оптимальная			0,1	
	допустимая	Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более		0,1	
		Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более		0,1	0,2

Интенсивность теплового облучения рабочих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляция на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт м<sup>2</sup>

при облучении 50% поверхности тела и более.  $70 \text{ Вт/м}^2$  – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и  $100 \text{ Вт/м}^2$  – при облучении не более 25% поверхности тела. При наличии теплового облучения рабочих температура воздуха на работах местах при категории работ 1д не должна превышать  $25^\circ \text{C}$ .

В лаборатории температура воздуха  $23^\circ \text{C}$ , что соответствует допустимым условиям согласно данным таблицы 3.

## 6.2 Электрическая безопасность

Основными причинами электрических травм – является повышенное напряжение электрической цепи, создаваемое опасностью поражения электрическим током, степень тяжести которого зависит в основном от величины напряжения и условий включения человека в электрическую цепь. Электрический ток, проходящий через человеческий организм, обратно пропорционален его сопротивлению (расчетное значение  $1000 \text{ Ом}$ ) и общему сопротивлению участка цепи.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

1. запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
2. перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
3. при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока и модулятор следует отключать;
4. при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой,

- маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;
5. нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;

Все электрооборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок». Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок.

Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение. Каждый рабочий обязан знать, как оказать первую помощь пострадавшему от действия электрического тока.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

### 6.3 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно ГОСТ 312.1.004-85, по взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. Категории помещений и зданий определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них

технологических процессов. Помещение, в котором выполняется данная работа, по степени пожаровзрывоопасности относится к категории Г (умеренная пожароопасность). т.е. включает в себя негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Возможные причины загорания:

- 1) неисправность токоведущих частей установок:
- 2) работа с открытой электроаппаратурой:
- 3) короткие замыкания в блоке питания:
- 4) несоблюдение правил пожарной безопасности:
- 5) наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- 1) исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- 2) применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- 3) правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- 4) правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- 5) обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- 6) издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- 7) соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- 8) правильное размещение оборудования;
- 9) своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- 1) сообщить руководству (дежурному);
- 2) позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- 3) принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Основными причинами возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий, является:

1. нарушение технологического режима;
2. неисправность электрооборудования;
3. искры;

4. неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на аппаратах и трубопроводах;
5. реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
6. возгорание промасленной ветоши и других легковоспламеняющихся материалов.

Поэтому для предотвращения пожаров необходимо следовать следующим правилам:

1. о предстоящих работах по сварке необходимо заблаговременно сообщать лицу, ответственному за пожарную безопасность;
2. рабочие места сварщиков следует предварительно очистить от древесных стружек, сгораемого мусора в радиусе не менее 10 метров, а также удалить из этой зоны другие взрывоопасные и огнеопасные вещества;
3. необходимо соблюдать осторожность при перемещении сварочных проводов. Особую опасность при этом представляет собой искрение проводов (при их недостаточной или нарушенной изоляции) в местах, удаленных от сварщика или недоступных его наблюдению;
4. при длительном или концентрированном воздействии искр и капель расплавленного металла, образующимся при сварке, необходимо защищать деревянные настилы или подмости от возгорания листовым железом или асбестом;
5. по окончании смены нужно тщательно проверять рабочую зону и не оставлять открытого огня, нагретых до высокой температуры предметов, а также тлеющих сгораемых материалов, мусора и т. д.

Основы противопожарной защиты предприятий определены техническим регламентом: Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Здания в сварочном производстве относятся ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г.

В случае возникновения пожара необходимо отключить подачу электроэнергии, вызвать пожарную команду и, если это, возможно, приступить к ликвидации очагов возгорания силами персонала цеха.

Для быстрой ликвидации пожара вблизи места сварки всегда должна быть бочка с водой и ведро, ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участке с электроустановками, должны быть углекислотными. Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха на каждые 200 м<sup>2</sup> площади предусмотрен один огнетушитель ОУ - 5, ящик с песком 0,5 м<sup>3</sup> и две лопаты.

Пожарные краны, рукава, стволы огнетушители и другие средства тушения пожара необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах по согласованию с органами пожарного надзора.

#### 6.4 Работа в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация (ГОСТ Р 22.0.02-2016).

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков.

Своевременное оповещение населения, организаций, органов управления о возникновении чрезвычайных ситуаций, как в мирное, так и в военное время, его достоверность и четкость, является одной из важнейших задач гражданской обороны (ГО).

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. В рамках этого направления технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво – и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т. д.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб гражданской обороны и населения к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС, для создания которых нужны детальные разработки сценариев возможных аварий и катастроф на конкретных объектах.

## 7. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережением

### 7.1 Актуальность работы

В нефтегазодобывающей промышленности для непрерывного преобразования плотности и температуры или плотности, динамической или кинетической вязкости и температуры жидкости в выходные электрические сигналы используются различными потребителями.

Преобразователи являются устройствами с вибрационно-резонансным принципом, основанным на зависимости собственной частоты частоты колебаний резонансного контура металлического виброэлемента и дробности этого контура от плотности или вязкости измеряемой жидкости, в которой погружен элемент. В качестве виброэлемента используется металлическая трубка из сплава типа 36НХТЮ, которая жестко крепится по периметру к переходнику, выполненному из стали 12Х18Н10Т.

### 7.2 SWOT – анализ

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

Первый этап.

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта (Strengths)– это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

Стабильное горение сварочной дуги – С1. Качественное формирование сварного шва – С2. Возможность сварки тонкостенных деталей – С3. Повышение производительности сварки за счет импульсного питания дуги – С4. Возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С5.

К слабым сторонам проекта относятся (Weaknesses):

Акустический эффект – повышенный уровень шума при сварке – Сл.1.  
Отсутствие специализированного инструмента – Сл.2.

К возможностям проекта относятся (Opportunities):

Внедрение собственного способа сварки на рынке за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1. Финансовая поддержка спонсора – В2. Возможность закупки профессионального инструмента – В3.

К угрозам относятся (Threats):

Недостаток финансов на реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

Второй этап.

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 7 – SWOT-анализ научно-исследовательского проекта

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	<p>С1. Уменьшение веса конструкции.</p> <p>С2. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С3. Возможность сваривать детали из разных сталей и сплавов.</p>	<p>Сл1.Необходимость отработки технологии герметизации.</p> <p>Сл2.Необходимость проведения испытаний на сохраняемость.</p> <p>Сл3. Высокая стоимость материалов для изготовления конструкции</p>
<b>Возможности:</b>		
<p>В1-Финансовая поддержка спонсора.</p> <p>В3-Возможность распространения разработки для стран зарубежья.</p>	<p>Реклама в СМИ.</p> <p>Сотрудничество с аттестационными центрами по сварки, а также с НИИ.</p>	<p>Использование средств защиты слуха обеспечивающих безопасный уровень шума.</p> <p>Закупка необходимого специального инструмента за счет спонсора.</p>
<b>Угрозы:</b>		
<p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2 Длительный срок окупаемости.</p> <p>У3. Несвоевременное</p>	<p>Несвоевременное финансовое обеспечение может остановить развитие и усовершенствование технологии, а также</p>	<p>Наличие длительных и дорогостоящих испытаний могут привести медленному темпу окупаемости проекта</p>

финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	замедлить процесс внедрения имеющейся технологии на промышленный уровень.	
---	--	--

В данной таблице приведены возможности и сильные стороны, которые в дальнейшем помогут осуществить его. Но в каждом проекте есть свои слабые стороны и угрозы. Данная таблица позволяет оценить на каком этапе находится работа, а также предпринять меры по устранению некоторых угроз и слабых сторон.

### 7.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Ниже представлена таблица степени готовности к коммерциализации научной разработки. Оценка осуществляется по шкале от 1 до 5 (таблица 8).

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

<b>Наименование</b>	<b>Степень проработанности научного проекта</b>	<b>Уровень имеющихся знаний у разработчика</b>
Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	5

Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
Проработаны вопросы	1	1

международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок		
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>27</b>	<b>29</b>

#### 7.4 Цели и результат проекта

В этом пункте приводится информация о заинтересованных сторонах проекта, о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО «Газпром трансгаз Томск».	Получение технологии и оборудования разработанного способа сварки

Таблица 10 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Является сравнительное исследование структуры и свойства сварных биметаллических тавровых соединений сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т выполненных с помощью ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона и электронно-лучевой сварки в вакууме.
Ожидаемые результаты проекта:	В ходе, сравнения необходимо выявить какой вид сварки более подходит для соединения сплава 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т.
Требования к результату проекта:	Проект должен быть закончен в определенные сроки.

Таблица 11 - Календарный план-график проведения научного проекта

Ко д ра бо т ы	Вид работы	Исполнители	Т <sub>к</sub> , ко л- во, дн ей	Продолжительность выполнения работ														
				февра ль			март			апре ль			май			ию нь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Определение темы исследовательской работы	Хайдарова А.А.	5	■														
2	Литературный обзор по теме диссертации	Хайдарова А.А., Свяжина Н.В.	20	■	■	■												
3	Подготовка экспериментальной части	Хайдарова А.А., Свяжина Н.В.	31				■	■	■									
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Свяжина Н.В.	9							■								
5	Социальная ответственность	Свяжина Н.В.	5								■							
	Обработка	Свяжина									■	■						



Таблица 12 – Группировка затрат по статьям

Статьи										
Вид работ	вычетом возвратных отходов), покупные изделия	Специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	производственные командировки	выполняемых сторонними организациями и	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итоговая себестоимость
1	0	0	2 700	0	0	0	0	0	0	2 700
2	0	0	87 000	10 474	29 426	0	0	0	68 000	194 900
3	1 588,1	0	0	0	0	0	0	0	0	1 588,1

Ниже представлены все необходимые расчеты, которые были сведены в таблицу 13.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таблица 13 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Толщина	Кол-во	Цена за тонну, руб.	Сумма, руб.
Сплав 36НХТЮ	1	0,7 кг	2 076 720	1453,70
Сталь 12Х18Н10Т	21,8	0,3 кг	196 000	58,80
Всего за материалы:				1512,50
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				75,60
Итого:				1588,1

В научном проекте производится только замена материала конструкции, на более легкий и теплопроводящий, оборудование остаётся тем же самым.

Данный раздел также включает в себя одну из основных составляющих бюджета проекта – заработная плата исполнителя и руководителя.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} = 87\,000 + 10\,474 = 97\,474$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (см. календарный план проекта);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 28 раб. дня

$M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя.

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней (таблица 14).

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Студент</b>
Число дней в году	365	365
Количество нерабочих		
– выходные дни	76	149
– праздничные дни	14	11
Потери рабочего времени:		
– отпуск	28	0
– пропуски по случаю болезни	0	0
<b>Действительный годовой фонд рабочего времени</b>	<b>247</b>	<b>205</b>

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15 – Расчёт основной заработной платы

<b>Исполнители</b>	<b>З<sub>м</sub>, руб</b>	<b>З<sub>дн</sub>, руб.</b>	<b>Т<sub>р</sub>, раб. дн.</b>	<b>З<sub>осн</sub>, руб.</b>
Руководитель	35 000	1587	55	87 00

#### 7.6 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

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

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

## 7.7 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $K_{\text{внеб}} = 30,1$ . Это коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

## 7.8 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 – 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $K_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат в таблице 6 приводится плановая себестоимость.

Данный раздел позволил оценить себестоимость проекта, подсчитать необходимый бюджет. На основе полученных данных можно отметить, что единственной трудностью реализации данного проекта является проведение долгосрочных и климатических испытаний с целью подтверждения надежности вторичного источника пита

## Заключение

Для решения поставленной задачи по исследованию особенностей электронно-лучевой сварки деталей поточного преобразователя вязкости из разнородных сталей 36НХТЮ и 12Х18Н10Т были выполнены работы выполнено: анализ литературных данных по сварке разнородных сталей.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Применение ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом биметаллического соединения 12Х18Н10Т – 36НХТЮ способствует формированию широкого шва без сквозного проплавления тонкостенной детали. Структура сварного шва отличается наличием коротких дендритов, при этом наблюдается формирование  $\delta$ -феррита по границе сплавления со сталью 12Х18Н10Т.
2. Применение электроннолучевой сварки в вакууме позволяет добиться полного проплавления тонкостенной детали и способствует формированию протяженных дендритов длиной 850 мкм в направлении роста от толстостенной детали, выполненной из стали 12Х18Н10Т.

## Список литературы

1. В.Н. Елкин (2013). Диффузионная сварка разнородных металлов в условиях горячего изостатического прессования. Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2013. Том 15. № 4
2. Е.С. Бубенок (2014). Исследование свойств хвхлесточных соединений меди и алюминия, полученных сваркой трением с перемешиванием. ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ, стр.144-148.
3. В.В. Литвинов. Особенности сварки взрывом толстолистовых сталеалюминевых композитов. ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ. стр.44-49.
4. С.В. Кузьмин. Особенности пластической деформации металла околошовной зоны при сварке взрывом разнородных металлов. Известия ВолгГТУ. стр.4-11.
5. Е.С. Саломатов. Оценка температуры в канале проплавления при электронно-лучевой сварке разнородных материалов. Пермский национальный исследовательский политехнический университет.
6. Ю.Д. Щицын. (2015) Плазменная сварка разнородных металлов на токе обратной полярности. ВЕСТНИК ПНИПУ. Т17, №4.
7. А.А. Бондарев. Электронно-лучевая сварка при производстве сталеалюминиевых соединений переходников из разнородных металлов. Автоматическая сварка. Т.7. 2011г. стр. 40-43.
8. Е. В. Линдт. Математическая модель сварного соединения из разнородных металлов при электронно-лучевой сварке. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКИ – 2015. Том 1. стр. 261-263.
9. Э.А. Ушанова. Новые методики пробоподготовки и аттестации нанокристаллических зон в разнородных соединениях, полученных сваркой взрывом. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 2011. стр. 516-522.

10. И.М. Неклюдова. Особенности формирования соединения разнородных металлов при сварке горячей прокаткой в вакууме. Автоматическая сварка. 2011г. Т 8. стр. 31-37.
11. Е. А. Фетисова. Особенности диффузионных процессов в сварных соединениях из разнородных сталей. Вестник Белорусско-Российского университета. 2014. № 3 (44). стр.79-87.
12. ГОСТ 10994-74- Сплавы прецизионные. Марки.
13. Д.В. Маношин. Повышение эффективности изготовления деталей и приборов в авиастроении из прецизионного сплава 36НХТЮ. Вестник СГТУ. 2012. № 3 (67). стр. 98-102.
14. Д.В. Маношин. Экспериментальные исследования зависимости шероховатости и величины усадки стружки от режимов обработки для прецизионного сплава 36НХТЮ. Вестник СГТУ. 2012. № 4 (68). стр. 135-140.
15. С.Ю. Смоленский. Исследование выносливости соединений, полученных сваркой трением, из прецизионных сплавов. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева № 4(115). стр. 121-127.
16. ГОСТ 14082-78 Прутки и листы из прецизионных сплавов с заданным температурным коэффициентом линейного расширения. Технические условия
17. Б.В. Молотиллов. Прецизионные сплавы. Москва 1974г. стр.420.
18. Драм В., Ридер А. Измерительный преобразователь вибрационного типа, прибор для измерения вязкости протекающей по трубопроводу жидкости, а также массового расхода или плотности. / Патент RU 2298165 С2
19. Н.А. Юхин. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах (TIG/WIG). Издательство «СОУЭЛО». стр. 1-5.
20. Электронно-лучевая сварка/О. К. Назаренко, А. А. Кайдалов, С. Н. Ковбасенко и др./Под ред. Б. Е. Патона.— Киев: Наукова думка, 1987.— 256 с.

21. Samantaray, D., Chaudhuri, A., Borah, U., Bhaduri, A.K., Dutta, P. Role of grain boundary ferrite layer in dynamic recrystallization of semi-solid processed type 304L austenitic stainless steel // [Materials Letters](#). – V. 179. – 2016. – P. 65-68.
22. ГОСТ 12.1.003-14. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
23. Е.В. Братковский. Специальные стали. Учебное пособие. 2013г., стр. 23-86

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

№ п/ п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Соавторы
1	The Formation of One-piece Bimetallic Joint Made of X6CrNiTi18-10 Steel and 36CrNiTiAl Alloy	Печатная	AIP Conference Proceedings. 2016 Vol. 1783, Article number 020222.- p.1-4.	Khaydarov a A. A. , Khammatov A. N.
2	Определение амплитудного значения сварочного тока при импульснодуговой сварке	Печатная	Инновационные технологии и экономика машиностроении: сборник трудов V Международной научно-практической конференции: в 2 т., Юрга, 22-23 Мая 2014. Томск: ТПУ, 2014 Т.1-С. 142-145	Крампит Н. Ю. , Крампит М. А.
3	Классификация импульсных процессов дуговой сварки	Печатная	Современные инновации в науке и технике: сборник научных трудов 4ой	Крампит М. А. , Зубенко Л. Н.

			Международной научнопрактической конференции: в 4 т, Курск, 17 Апреля 2014. Курск: Юго-Зап. гос. унт, 2014 Т. 2- С. 304-310	
4	Определение амплитудного значения сварочного тока при импульсно дуговой сварке	Печатная	Инновационные технологии и экономика машиностроении: сборник трудов V Международной научно практической конференции: в 2 т., Юрга, 22-23Мая 2014. Томск: ТПУ, 2014 Т.1 С. 142-145	Крампит Н. Ю. , Крампит М. А.
5	Влияние состава защитной газовой среды на коэффициенты расплавления, наплавки и потерь	Электронная	Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная конференция,	

	электродного металла		Пенза, 15 Февраля 31 Марта 2014. Пенза: Академия Естествознания, 2014-С.1-7 Режим доступа: <a href="http://www.scienceforum.ru/2014/440/28">http://www.scienceforum.ru/2014/440/28</a>	
6	Основные тенденции развития импульсных процессов сварки	Электрон ная	Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная конференция , Пенза, 15 Февраля 31 Марта 2014-С.1-7 Пенза: Академия Естествознания, Режим доступа: <a href="http://www.scienceforum.ru/2014/446/29">http://www.scienceforum.ru/2014/446/29</a>	
7	Влияние состава защитной газовой среды на коэффициенты расплавления, наплавки и	Электрон ная	Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная	

	потерь электродного металла		конференция , Пенза, 15 Февраля 31 Марта 2014. Пенза: Академия Естествознания, 2014 С.1-7 Режим доступа: <a href="http://www.scienceforum.ru/2014/440/28">http://www.scienceforum.ru/2014/440/28</a> [383504-2014]	
8	Анализ свойств защитных сред при сварке плавящимся электродом	Печатная	Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов IV Международной научно практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых, Юрга, 23-25Мая 2013-С 68-72	Крампит Н. Ю. , Дмитриева А. В.
9	Модели столба сварочной дуги	Печатная	Инновационные технологии и экономика в машиностроении:	Крампит Н. Ю. , Дмитриева А. В.

			сборник трудов IV Международной научно практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых, Юрга, 23- 25 Мая 2013. Томск: ТПУ, 2013- С 72-75[7531-2013]	
10	Анализ свойств защитных сред при сварке плавящимся электродом	Печатная	Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов IV Международной научно практической конференции с элементами научной школы для молодых учёных, Юрга, 23- 25 Мая 2013. Томск: ТПУ, 2013- С.69-72[7530-2013]	Крампит Н. Ю. , Дмитриева А. В.
11	Лазерная сварка	Печатная	Прогрессивные	

			<p>технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Всероссийской научно практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 9-11Апреля 2015. Томск: Изд- воТПУ, 2015- С.124-125</p>	
12	<p>Электродуговая сварка выдающееся изобретение XIX в</p>	Печатная	<p>Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов V Всероссийской научнопрактическо й конференции для студентов и учащейся молодежи , Юрга, 3-5 Апреля 2014.</p>	

			Томск: Изд-во ТПУ, 2014- С. 62-64	
13	Разработка модели столба сварочной дуги при импульснодуговой сварке	Печатная	Металлургия: технологии, управление, инновации, качество: труды XVII Всероссийской научно-практической конференции, Новокузнецк, 8-11 Октября 2013. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2013- С. 295-300	Крампит Н. Ю. , Дмитриева А. В.
14	Модели столба сварочной дуги	Печатная	Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы	Дмитриева А. В.

			для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 4-6 Апреля 2013. Томск: Изд-во ТПУ, 2013- С.126-127	
15	Что такое ржавчина	Печатная	Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 12-14 Апреля 2012. Томск: Изд-во ТПУ, 2012- С.75-76	
16	Формирование биметаллического неразъемного соединения из	Печатная	Перспективные материалы с иерархической структурой для	Хайдарова (Романова) А. А., Хамматов

	<p>сплавов 36НХТЮ и стали 12Х18Н10Т</p>		<p>новых технологий и надежных конструкций: тезисы докладов международной ко нференции, Томск, 19-23 Сентября 2016. Томск: ИФПМ СО РАН, 2016-С.408-411</p>	<p>А. Н.</p>
--	---	--	--	--------------

## Приложение

### Раздел №1, 2

#### Способы соединения разнородных металлов. Соединение прецизионных сплавов со сталями

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Свяжина Наталья Викторовна		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Слободян Михаил Степанович	к.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казанцев Андрей Юрьевич	к.ф.н.		

## 1. Methods of joining dissimilar metals

We can distinguish several methods of welding dissimilar metals: the contact method, pressure, and highly concentrated sources of energy.

Consider contact connection method:

In the article authors V. N. Elkina, etc. article is the results of research the diffusion welding of dissimilar metals by hot isostatic pressing. Was investigated the connection steel brand 09X17H-III with steel brand 08X18H10T and titanium alloy brand ПТ-3В. When welding steels were used the following processing methods: electroplating, Nickel coatings, and the creation at the welded surfaces of the relief of the mechanical and laser processing. The connection of titanium-steel received on one mode with different intermediate layers – Nickel plated for details of steel grade 08CR18NI10TI and an intermediate layer of tantalum with a thickness of 0.1 mm [1].

When connecting dissimilar metals widely used in friction welding with stirring. For example, in the work of the author E. S. Bubenok the connection of dissimilar metals is carried out by friction welding with stirring (Cu-Al). In this paper we considered the method of obtaining compounds of copper and aluminum. The method is based on the pressure welding in which contact of the two surfaces are deformed, resulting in a formed weld bead. The connection is by means of the interaction of metal atoms of the two surfaces [2].

Common method of pressure welding is a welding explosion. The article Vladimir Litvinov discusses the features of explosive welding, and the probable reasons for the decline in the strength of the joint. Conducted research of influence of thickness of a welded aluminium structure and strength of different constructions of the composite under different conditions of explosive loading. It proves that with increasing thickness of welded plates occurs and an increase in the kinetic energy of separation, which leads to the formation of microcracks and, consequently, reduce the strength of the joint [3].

In the work of S. Kuzmin, V. V. and Rubin. [4] given the results of the study of plastic deformation of the metal of the weld zone during explosive

welding of dissimilar (copper to aluminum) plates. It is revealed that a significant effect on the strain state of the metal of the weld zone welded by the explosion of the model plates is having the impact velocity, and the significant localization of deformation in a more robust metal leads to the concentration of heat energy released as a result of plastic deformation, which can be considered one of the causes of formation of sites of structural and chemical heterogeneities on the border of the connection

Consider the method of connection is a highly concentrated source of energy.

Perm national research Polytechnic University conducted an evaluation of the temperature in the keyhole in electron beam welding of dissimilar metals. (Salomatova E. s) In the described method of experimental estimation of the temperature in the keyhole in electron beam welding dissimilar materials. Were conducted comparing the obtained temperature values. Revealed that with a decrease in the depth of the keyhole wall temperature and pressure of the vapor phase in the channel is reduced [5].

Also, Perm national research Polytechnic University conducted experiments on plasma welding of dissimilar metals. In this paper, Dizin et al. have presented a study of the ability of plasma welding in the current of reverse polarity dissimilar metals. Welded butt joints of plates of different materials with a thickness of 5 mm. was used as a shielding and plasma-forming gas argon was used. Welding was performed manually. The welds obtained without internal defects with minimal mixing of the welded metals [6].

In the paper [7] discusses new design and technological solutions for production of welded joints of dissimilar materials aluminum alloy — stainless steel using electron beam welding. To avoid the formation of brittle interlayers in the fusion boundary of dissimilar materials, the authors suggested the use of electron-beam welding. This method gives the possibility of welding with an electron beam to the edge of the large thickness and in a single pass, which avoids repeated heating of the welding zone and the embrittlement of the connection.

The data of [7] are confirmed in a mathematical model proposed by E. V. Lindt and S. A. Cheburashkin [8]. According to the developed mathematical model can determine the rate of cooling in the heat affected zone and temperature field. To determine these values, the authors of this article used the program for modeling, which allows to calculate the temperature field and the heat affected zone. And they solved the problem of heat and mass transfer in the melt, it was modified to account for the influence of mixing of welded materials on the thermophysical properties of the melt.

In studies [9], the authors E. A. Asanovoy, E. V. Nesterova were developed the methods of ion polishing to the plane of the sample and precision cutting focused ion beam to enable studies of nanocrystalline zones clutch, dissimilar joints obtained by explosion welding. The object of research is the study of the structure of the areas of joining of dissimilar materials received by explosion welding. To obtain high quality transverse sections, the most promising method is ion exchange polishing. In the beginning of the process on a selected portion of the cone was applied a thin layer of platinum using ion beam and gasolineethanol system. The plate is attached to the needle manipulator, brought to a special polpette for transmission electron microscope, and welded the plate to the edge of polpette. After that, ion beam needle manipulator cut from the plate. Disconnected from the needle, but welded to the grid plate were added on two sides by an ion beam, until it becomes transparent for electrons (100...150 nm).

## 2. The connection of precision alloys with steels

In the article [10] of academician I. M. Neklyudov presents the features of formation of the boundaries of dissimilar materials in the solid phase, and shows its influence on the tensile strength depending on the ductility of the connected materials. Experimentally confirmed the presence of migration of atoms of the dissimilar metals from one plate to another during the welding process in the solid phase method of hot rolling in vacuum. The boundaries of connection are formed of materials involved in direct contact of welded materials. The strength properties of the border connections are determined by the properties of the welded in the solid phase metals.

Scientists E. A. Fetisov and A. G. by Lupacheva. the research was conducted, the characteristics of diffusion processes in welded joints of dissimilar steels. In their work submitted to metallographic examination and mechanical testing to identify the causes of cracks at the welded junctions of dissimilar welded joint. The presence of welded joints of dissimilar steels structural and chemical heterogeneity in the fusion zone is due primarily to diffusion of carbon. To prevent the formation of cracks in welded joints scientists propose to pre-aging of the base metal [11]. This method avoids the diffusion of carbon, which in turn provides for the formation of defect-free weld.