



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Специализация	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Технология сборки и сварки двух пластин из сплава ВТ-5

УДК 621.791.044:669.295.5-41

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Павлов Александр Олегович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств

ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	Умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	Способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Специализация	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-1В81	Павлов Александр Олегович

Тема работы:

Технология сборки и сварки двух пластин из сплава ВТ-5	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 37-63/с от 06.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	03.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Чертёж соединения двух пластин Материал конструкции ВТ5 по ГОСТ 23755-79 Тип производства – многосерийный</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Описание конструкции 3. Обоснование выбора сварки 4. Разработка технологии сборки и сварки <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Заготовительные операции 4.2. Расчет параметров режима сварки 4.3. Выбор сварочного оборудования 4.4. Сборка и сварка 4.5. Выбор сварочного оборудования 4.6. Сварочные напряжения, деформации и методы борьбы с ними 5. Комплект технологической документации

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов Презентация
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент ОСГН, ШБИП
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор ООД, ШБИП

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Павлов Александр Олегович		

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 ООП/ОПОП Оборудование и технология сварочного производства
 Специализация Оборудование и технология сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-1В81	Павлов Александр Олегович

Тема работы:

Технология сборки и сварки двух пластин из сплава ВТ-5
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	03.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2023	Обзор литературы	10
28.02.2023	Описание конструкции	10
15.03.2023	3. Обоснование выбора способа сварки 3.1 Рекомендации по изготовлению конструкции	10
30.03.2023	1.1. Расчет параметров режима сварки Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2023	Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2023	1.2. План раскроя заготовок Заготовительные операции	10
05.05.2023	Сборочные операции	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Павлов Александр Олегович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 с., 4 рис., 27 табл., 10 источников, 2 прил.

Ключевые слова: сущность дуговой сварки сплава титана, неплавящийся электрод в среде защитного газа, аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.

Объектом исследования разработки является процесс дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки двух титановых пластин.

В ходе работы проводился анализ повышения эффективности и сравнение способов сварки, ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа.

В результате разработки технологического процесса были рассчитаны параметры и выбран наиболее производительный способ для сварки сплава ВТ5.

Область применения: данная сварная конструкция может применяться в разных отраслях: авиакосмической, химической промышленности, в судостроении.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	8
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Материал исследования.....	12
1.2 Сварка титановых сплавов	14
1.2.1 Аргонодуговая сварка.....	14
1.2.2 Лазерная сварка.....	15
1.2.3 Лазерно-дуговая технология.....	18
1.2.4 Электронно-лучевая сварка в вакууме	18
1.2.5 Механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом.....	22
1.3 Фазовые превращения в сварном шве титанового сплава.....	23
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Разработка конструкции.....	25
2.2 Материал сварной конструкции	25
2.3 Свариваемость сплава ВТ5	26
2.4 Трещины в сварных соединениях сплава ВТ5.....	26
3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	28
3.1 Заготовительные операции	28
3.2 Обоснование и выбор способа сварки	29
3.3 Выбор сварочных материалов	31
3.4 Выбор оборудования	33
3.5 Подбор параметров сварки	34
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	38
4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии.....	38
4.2 Определение норм времени на сварку.....	39
4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки	44
4.3.1 Затраты на сварочные материалы	45

4.3.2 Затраты на защитный газ.....	45
4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих	46
4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	47
4.4.5 Затраты на электроэнергию	48
4.4.6 Затраты на ремонт оборудования.....	49
4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва	50
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	53
5.1 Производственная безопасность	53
5.1.1 Вредные факторы.....	53
5.1.2 Превышение уровней шума	55
5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	56
5.1.4 Наличие токсикантов, (запыленность, загазованность), ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ	57
5.1.5 Недостаточная освещенность	58
5.1.6 Поражение электрическим током и УФ излучением	62
5.2 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R _{заземления} , СКЗ, СИЗ.....	65
5.2.1 Поражение электрическим током.....	65
5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения.....	66
5.2.3 Работа на механическом оборудовании и слесарном инструменте, СКЗ, СИЗ.....	68
5.3 Экологическая безопасность.....	69
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	73
Приложение А Сборочный чертёж	74
Приложение Б Комплект технологической документации	76

ВВЕДЕНИЕ

В любой отрасли, где применяется сварка титана, главной целью является достижение высокого качества сварного соединения. Для достижения данной цели, следует изучить свойства металлов и сплавов в процессе их использования. Важным фактором является оборудование, создавая новые технологии производства, оно должно совершенствоваться и не стоять на месте.

Все направления, особенно узкой специальности выдвигают высокие требования к продукции и соответственно к используемым материалам. Сварка должна обеспечить соединение высокого качества, без потери характеристик используемого металла.

Выбирая из конструкционных металлов, главным приоритетом пользуются сплавы, более стойкие к внешней среде, жаростойкие, коррозионно стойкие, и при этом имеют небольшой вес, по сравнению с другими сплавами. Именно такой материал можно использовать в различных отраслях, где требуется работа в широком диапазоне температур, от минусовых до плюсовых. При сварке таких сплавов необходимо сохранить в зоне сварки свойства основного металла и побороть за счет подбора метода и режимов особенности материалов при сварке.

Большой спрос при сварке титановых сплавов имеет аргонодуговая сварка титановых сплавов, так как этот метод эффективен и проверен временем. Однако, когда выпускаемая продукция становится многосерийной вопрос повышения эффективности при сохранении качества становится актуальным.

Повышение эффективности и улучшение качества производимых металлоконструкций является актуальной задачей на сегодняшний день. Перспективным направлением считается развитие аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа. При таком варианте стоит определённая техническая задача в исследовании характерных черт

аргодуговой сварки неплавящимся электродом пластин из титанового сплава ВТ5. Таким образом формируется необходимость подбора сварочных характеристик и выбора режима сварки для получения соединения, разработать технологию аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки пластин из титанового сплава ВТ5.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Материал исследования

Сейчас титан считается одним из важнейших материалов для огромного спектра отраслей. За счёт своих свойств, у сплава огромная перспектива для работы в высокоточных направлениях. Но, как и любой материал, свой путь к признанию он прошёл через несколько сотен лет, по началу он считался вообще не способным к каким-либо нагрузкам и считался совершенно непригодным в использовании [1].

Данная работа выполнена опираясь конкретно на один сплав – ВТ5. Он отлично используется в изготовлении авиационных конструкций, как сборных таки сварных, в химической промышленности, в частности, баллоны, работающие под большим давлением и больших температурах от 200 до 400°С градусах и многих других конструкциях.

Сплав ВТ5 относится к высокопрочным титановым сплавам мартенситного класса с пределом прочности $\sigma_B > 1000$ МПа. Такая прочность достигается благодаря термообработке. Не смотря на свою прочность, он обладает отличной пластичностью. Именно эти свойства дают возможность изготавливать различные полуфабрикаты: прутки, листы, штамповки, различные профили и другие.

Высокая коррозионная стойкость во многих агрессивных средах, таких как морская вода, влажная атмосфера и другие, является одним из основных преимуществ титанового сплава ВТ5, благодаря которому этот материал пользуется таким большим спросом.

Сплавы ВТ5 α -класса относятся к двухфазным мартенситным типам.

Алюминий является основным легирующим элементом, который повышает прочность и термостойкость. За счёт успешного легирования, сплав пользуется таким спросом.

Титановый сплав ВТ5 пользуется огромным спросом благодаря успешному легированию. Важнейший легирующий элемент – алюминий,

который повышает прочностные и термостойкие свойства. Сплав ВТ5 обладает к водороду, минимальной склонностью к солевой коррозии и хорошей обрабатываемостью.

Благодаря тому, что титановый сплав ВТ5 хорошо деформируется в горячем состоянии, его возможно сваривать всеми традиционными видами сварки.

Поскольку титан обладает превосходной коррозионной стойкостью, высокой удельной прочностью на растяжение и хорошей обрабатываемостью, он широко используется для изготовления автомобильных деталей, пластин теплообменников и т.д. Однако, что касается свариваемости титана, существует ряд проблем, требующих особого внимания. Причина этого заключается в том, что, когда титан нагревается в процессе сварки, он легко соединяется с кислородом и азотом в воздухе, и его механические свойства ухудшаются.

Следовательно, при дуговой сварке титана, при которой металл может быть подвержен воздействию воздуха, необходимо убедиться, что он достаточно защищен.

Напротив, контактная сварка (точечная сварка, шовная сварка), которая не приводит к воздействию воздуха на основной свариваемый металл, как правило, может применяться к титану. Поскольку титан обладает более высоким удельным сопротивлением, чем сталь, его можно сваривать при меньшем токе.

Кроме того, это не накладывает никаких ограничений на сварочное оборудование. В этой статье описано применение дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона к титану. Этот вид сварки является популярным видом дуговой сварки и дуговая сварка MIG, которая сейчас разрабатывается.

1.2 Сварка титановых сплавов

Титан обладает такими преимуществами, как высокая удельная прочность, устойчивость к коррозии в морской воде и других средах, устойчивость к низким температурам и высокая усталостная прочность, низкий коэффициент расширения и хорошая обрабатываемость при высоких температурах. Конструкция, построенная из него, может в полной мере выполнять свою роль в любой природной среде [2].

Являясь важной технологией обработки металлов, сварка играет важную роль в промышленном производстве и строительстве национальной обороны. В связи с изменениями в структуре промышленности и развитием науки и техники усовершенствованные сварочные конструкции являются эффективным способом снижения расхода материалов и качества конструкций. Различные технологии сварки имеют широкие перспективы применения. С развитием титановой промышленности технология сварки также привлекает все больше внимания. Титан имеет высокую температуру плавления и плохую теплопроводность. Поэтому из-за неправильного выбора параметров во время сварки легко сформировать сварочную ванну большего размера, что приводит к тому, что металл в сварном шве и зоне термического воздействия долгое время остается при высокой температуре, а зернистость очевидно, что и пластичность металла и ударная вязкость соединения снижаются, что приводит к образованию трещин. Таким образом, способ сварки титана и титановых сплавов является проблемой, которую необходимо постоянно решать и совершенствовать.

1.2.1 Аргонодуговая сварка

Для титана и его сплавов наиболее широко применяемым является универсальный способ сварки плавлением – в среде аргона неплавящимся электродом. Пластичность свариваемого сплава на основе титана улучшается за счет термической обработки перед сваркой, так что улучшаются сварочные

свойства сплава на основе титана; и температура термической обработки, выбранная перед сваркой, составляет от 1310 до 1350°C. Способ включает следующие этапы: приготовление наполнителя серии Ti-Al-Nb, при этом наполнитель серии Ti-Al-Nb содержит от 40 до 50 процентов Al, от 0 до 10 процентов Nb, от 0 до 3 процентов V, от 0 до 2 процентов Mo, от 0 до 4 процентов Cr и остаток Ti; предварительный нагрев свариваемой детали с помощью индукционной катушки при температуре от 500 до 800°C, при этом операции предварительного нагрева и сварки завершаются в камере, заполненной аргоном, чтобы избежать проблем окисления и охрупчивания водородом на основе титана сплав и тому подобное; и после завершения сварки выполняют отжиг и обработку для снятия напряжения на свариваемой детали, при этом температура отжига составляет 900°C.

По сравнению со способами электронно-лучевой сварки, лазерной сварки и т.п., способ сварки, является прост и удобен в эксплуатации, дешев и удобен для популяризации, может применяться для ремонтной заварки дефектов отливок или поковок из сплава на основе титана, пригоден для эффективного самосоединения сплава на основе титана.

Аргонодуговая сварка является наиболее широко используемым процессом соединения титана и титановых сплавов, за исключением деталей с толстыми сечениями. Стыковые соединения с квадратными пазами могут быть сварены без присадочного металла из неблагородных металлов толщиной до 2,5 мм. Для более толстых цветных металлов соединение должно быть рифленным, и требуется присадочный металл. Нагретый металл шва в зоне сварки должен быть защищен от воздействия атмосферы, чтобы предотвратить загрязнение кислородом, азотом и углеродом, которые ухудшат пластичность сварного шва.

1.2.2 Лазерная сварка

Лазерную сварку можно было выполнять как под водой, так и на открытом воздухе [3]. Это метод сварки приводит к низкому ЗТВ и

остаточному напряжению при сохранении высокого качества сварки [4]. Таким образом, технология подводной лазерной сварки открывает большой потенциал для будущей сварки и ремонта глубоководных крупномасштабных конструкций.

Лазерная наплавка представляет собой процесс плавления, при котором лазерный луч используется для наплавления легирующей добавки на подложку. Это самая высокоточная технология наплавки. Добавочный материал и тонкий слой подложки расплавляются лазерным лучом. Это обеспечивает металлургическую связь между слоем и подложкой. Сплав можно вводить в зону взаимодействия балки с материалом различными способами, как во время обработки, так и до нее. Добавочный материал либо предварительно наносится на подложку, либо поставляется на месте.

Лазерная сварка все чаще применяется в автомобильной и аэрокосмической промышленности для соединения различных материалов. Однако, когда речь идет о титане и его сплавах, перед инженерами возникают определенные проблемы, такие как плохая связь лазерного луча с основным металлом, высокая теплопроводность, высокая отражательная способность и присутствие легколетучих сплавных элементов, исторически затрудняли достижение стабильного качества сварки.

Длина волны лазерного света играет роль в связи луча, влияя на поглощение энергии металлом, который сваривается. Титан и его сплавы особенно подвержены плохой связи с увеличением длины волны. Твердотельные лазеры, такие как Nd-YAG лазеры с длиной волны 1,06 мкм, лучше всего подходят для сварки титана по сравнению с CO₂ лазерами с длиной волны 10,6 мкм. Развиваемые в основном в автомобильной промышленности для работы с листовым металлом, улучшения фокусировки луча обоих типов лазеров помогли справиться с этими проблемами.

Одним из основных улучшений свариваемости лазером является возможность достижения высокой плотности мощности, обычно свыше 40 кВт/мм², как у твердотельных лазеров Nd-YAG, так и у газовых лазеров

СО₂. Лазерная сварка обеспечивает преимущество концентрированный источник тепла с высокой энергетической плотностью. Плотность пучка позволяет выполнять сварку в режиме образования полости, улучшая поглощение лазерного луча за счет отражений внутри полости. Высокие проникающие свойства приводят к узким зонам термического влияния, минимизируя искажения и потерю прочности в зоне термического влияния изделия, включая закаливаемые сплавы. Также уменьшается потеря легколетучих сплавных элементов, таких как магний.

Высокоэнергетический луч позволяет достигать очень высоких скоростей сварки, например, 2 метра в минуту с помощью 2-киловаттного Nd-YAG лазера и 5-6 метров в минуту с помощью 5-киловаттного СО₂ лазера для листов толщиной 2 мм. Основным параметром сварки является мощность лазера, которая определяет глубину проплавления и скорость сварки. Другими переменными являются положение фокусной точки, диаметр проволоки и скорость подачи, а также зазор между свариваемыми деталями.

Дефекты, возникающие при сварке лазером, аналогичны дефектам, встречающимся при других процессах аргодуговой сварки. Пористость может возникать из-за наличия водорода из окружающей среды, растворенного в исходном металле, а также из-за нестабильного состояния ванны. Решение этой проблемы включает тщательную подготовку поверхности, включающую очистку, использование адекватной газовой защиты и поддержание достаточной мощности для стабильного состояния полости.

Хотя большинство не термообрабатываемых сплавов можно успешно сварить лазером, могут возникать проблемы с горячими трещинами, особенно у чувствительных к ним сплавов. Влияние горячих трещин можно уменьшить или устранить путем добавления подходящей заполняющей проволоки. Еще одной проблемой является низкая вязкость плавящегося металла, что приводит к усадке сварочной ванны при сварке в горизонтально-вертикальном положении.

1.2.3 Лазерно-дуговая технология

Лазерно-дуговая сварка (рисунок 1.1) использует преимущества двух технологий. Во-первых, это проникающая способность лазера и его высокая скорость. Дуга позволяет заделывать зазоры, медленно охлаждать сварные швы и регулировать металлургические характеристики благодаря использованию присадочной проволоки. Глубокое проникновение лазера создает очень узкую зону термического воздействия. Это позволяет выполнять сварку на высоких скоростях с меньшими затратами тепла и деформациями [5].

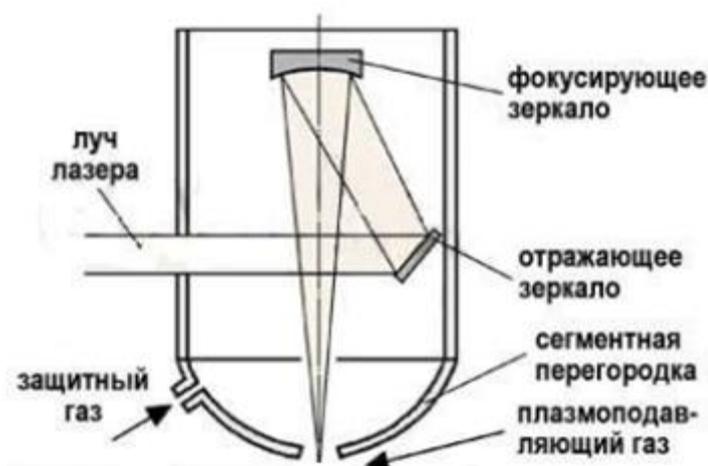


Рисунок 1.1 – Схема лазерно-дуговой технологии сварки

1.2.4 Электронно-лучевая сварка в вакууме

Электронно-лучевая сварка – это процесс силового пучка, который отлично подходит для сварки толстых швов в один проход. Однако, в отличие от лазерного луча, электронно-лучевая сварка может протекать только в вакуумной камере, в которой генерируется пучок электронов высокой энергии и плотности, обычно диаметром от 0,25 до 2,5 мм [6].

Пучок электронов создается путем нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры, что вызывает электронную эмиссию. Далее ускоряющая пушка ускоряет и фокусирует поток электронов, создавая пучок, который высвобождает свою энергию при столкновении с металлом шва. Это

позволяет достигать глубокого проникновения при быстрой скорости перемещения и обеспечивает низкую погонную.

Сварочный процесс используется для сварки материалов толщиной от фольги до 400 мм в один проход. Режим сварки обеспечивает практически равномерную усадку, минимизируя искривление деталей. Благодаря этим возможностям можно сваривать компоненты, обработанные до окончательной формы, сохраняя при этом их допуски. Поперечная усадка также приводит к выдавливанию затвердевшего сварного металла из стыка, образуя грат.

Основными параметрами сварки электронным пучком являются: ускоряющее напряжение, при 150 кВ устройство способно проникнуть через 400 мм титана; ток, подводимый к нити электронной пушки, обычно измеряемый в миллиамперах; и скорость сварки.

Свариваемое изделие обычно устанавливается на манипуляторе, в то время как электронная пушка остается неподвижной. Соединяемые компоненты должны иметь плотную посадку и часто подвергаются механической обработке. Как правило, сварочная проволока не используется, но, если имеются зазоры, это может привести к впадинам на поверхности сварного шва и технологическое решение меняют.

Одним из значительных ограничений этого процесса является необходимость проведения сварки в вакуумной камере, при давлении примерно 10^{-5} до 10^{-6} Па. Это требует использования дорогостоящих диффузионных насосов и герметичной запечатанной камеры достаточно большого размера для размещения сварочного оборудования. Стоимость оборудования, требуемая точность обработки деталей для достижения точного соосности и время, необходимое для откачки камеры, могут сделать этот процесс менее конкурентоспособным по сравнению с более производительными методами сварки. Однако для сварки с высокой точностью, особенно для готовых механически обработанных деталей, требующих минимальной деформации, и для пакетных операций, где можно загрузить несколько изделий в камеру, процесс электронно-лучевой сварки

может обеспечить отличные результаты в экономически эффективном режиме.

При сварке титановых сплавов с использованием процесса электронно-лучевой сварки возникает специфическая проблема, связанная с образованием металлических паров из расплавленного шва, которые могут вызвать дуговой разряд внутри электронно-лучевой пушки. Эта проблема особенно заметна при использовании сплавов, содержащих низкоплавкие элементы, такие как магний и цинк. Дуговой разряд внутри пистолета нарушает луч и приводит к образованию полостей в сварном шве. Чтобы справиться с этой проблемой, пары могут быть подавлены изменением пути луча с помощью магнитного поля или путем быстрого выключения луча при обнаружении дугового разряда и немедленного возобновления луча после рассеяния паров. Это может быть сделано быстро, чтобы обеспечить плавающий сварочный раствор и предотвратить образование полостей. Хотя некоторые легирующие элементы, такие как магний и цинк, могут быть потеряны в процессе, потеря прочности обычно минимальна. Вытянутые полости в области затухания могут возникать, особенно в круглых деталях, где невозможно использовать выходной выступ. Это можно избежать, тщательно контролируя скорость перемещения и затухание луча

Сочетание высокой температуры, атмосферы и металла сопряжено с риском окисления. Некоторые металлы, такие как железо, подвержены большему риску окисления, чем другие, но уязвим любой сплав. В результате возникают металлургические нарушения и более слабое соединение, что делает сварной шов непригодным для многих применений, для которых традиционно используется электронная сварка.

Электронно-лучевая сварка также положительно влияет на выбор материалов для изготовления деталей. Это связано с тем, что, с одной стороны, при проведении процедуры достигается очень высокая локальная плотность энергии, но, с другой стороны, в материал, окружающий сварочный шов, поступает лишь минимальное количество тепла. Таким образом, могут быть

обработаны комбинации из множества различных материалов, которые вряд ли можно было бы скомбинировать каким-либо другим способом. Низкий нагрев также означает низкую деформацию. Поскольку при электронно-лучевой сварке окружающий материал защищен, можно также сваривать металлы с высокой теплопроводностью. И, наконец, вакуум также предотвращает нежелательное окисление свариваемых деталей, которое в противном случае может быстро привести к проблемам во время обработки.

Поэтому неудивительно, что электронно-лучевая сварка всегда используется в тех случаях, когда высокая точность и качество не являются единственными требованиями. Компании, работающие в сфере автомобильных поставок, электротехники, медицинских технологий и точной механики, в частности, используют эту процедуру. Кроме того, существуют сложные специальные конструкции, которые востребованы в особо специализированных областях, таких как аэрокосмическая промышленность, энергетика и атомная промышленность. В зависимости от места установки на рабочем месте системы электронно-лучевой сварки могут быть специально разработаны для одного применения или, как универсальное оборудование, охватывать широкий спектр областей применения и заказчиков. Электронно-лучевая сварка должна проводиться в вакууме, чтобы электронный луч не рассеивался молекулами остаточного газа. Это повышает эффективность, поскольку практически вся энергия поступает на обрабатываемую деталь. Таким образом, создание и поддержание безопасного вакуума имеет решающее значение для всего процесса.

С одной стороны, вакуумные насосы должны поддерживать постоянное фоновое давление в диапазоне высокого вакуума в генераторе электронного пучка после процесса откачки. Требования к конфигурации насоса в сварочной камере значительно более жесткие. Его размер может варьироваться - в зависимости от обрабатываемой детали - от нескольких литров до нескольких сотен кубических метров. Для камер всех этих размеров важно обеспечить очень быстрое время откачки до определенного рабочего

давления, которое обычно находится в верхнем диапазоне высокого вакуума. Наконец, цель состоит в том, чтобы добиться максимально короткого времени цикла, чтобы процесс сварки не стал узким местом всего производственного процесса. Таким образом, одним из наиболее важных критериев выбора вакуумных насосов для сварочной камеры является очень высокая скорость откачки во всем соответствующем диапазоне давлений - от атмосферного до рабочего. Чтобы свести к минимуму время простоя, длительные интервалы технического обслуживания в сочетании с высокой надежностью имеют первостепенное значение для всех используемых насосов.

1.2.5 Механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом

Для сварки титана и его сплавов с использованием плавящегося электрода (проволоки) толщиной свыше 3 мм в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности применяются определенные режимы, которые обеспечивают передачу электродного металла в виде мелких капель.

Различные параметры и режимы сварки показаны в таблице 1.1.

Механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом применяется для соединения титана и титановых сплавов толщиной более 3 мм. Он наносится с использованием импульсного тока или в режиме распыления и является менее дорогостоящим, особенно когда толщина основного металла превышает 13 мм.

Для улучшения качества сварного шва, снижения вероятности появления пор и увеличения его ширины используются смеси аргона с гелием, обычно в пропорции 20% аргона и 80% гелия, либо чистый гелий.

Для повышения эффективности сварки титана и его сплавов плавящимся электродом в инертной газовой среде применяются следующие методы: предварительный подогрев проволоки путем пропускания тока через нее, импульсно-дуговая сварка (позволяющая увеличить производительность в 2–3 раза при уменьшении погонной энергии сварки в 2–2,5 раза), а также сварка

в щелевую разделку (позволяющая сократить расход дорогостоящих материалов).

Таблица 1.1 – Режимы сварки титана и его сплавов плавящимся электродом (проволокой) в инертных газах

Диаметр электрода (мм)	Сварочный ток (А)	Напряжение дуги (В)	Толщина стыковых соединений, свариваемых без разделки кромок (мм)	Скорость сварки (м/ч)	Вылет электрода (мм)	Расход газа (л/мин)
в аргоне						
0,6–0,8	150–250	22–24	4–8	30–40	10–14	20–30
1,0–1,2	280–320	24–28	5–10	30–40	17–20	25–35
1,6–2,0	340–520	30–34	8–12	20–25	20–25	35–45
3	480–750	32–34	14–34	18–22	30–35	40–50
4	680–980	32–36	16–36	16–18	35–40	50–60
5	780–1200	34–38	16–36	14–16	40–45	50–60
в гелии						
0,6–0,8	150–250	28–32	4–6	30–40	10–14	30–40
1,0–1,2	280–320	32–36	4–8	30–40	17–20	35–45
1,6–2,0	340–520	38–40	5–10	20–25	20–25	70–90
3	480–750	42–48	10–28	18–22	30–35	80–100
4	680–980	46–50	12–32	16–18	40–50	100–200
5	780–1200	46–52	12–32	14–16	45–55	100–120

1.3 Фазовые превращения в сварном шве титанового сплава

Согласно источнику [7] отличительной особенностью титана и его сплавов является наличие полиморфного превращения, которое способно значительно изменить структуру и механические свойства титановых сплавов при сварке, а также структуры строения зоны термического воздействия.

В α - β титановых сплавах высокотемпературная β -фаза может разлагаться несколькими способами, в зависимости от состава сплава и скорости охлаждения. В случае сварных соединений скорость охлаждения может сильно варьироваться в зависимости от подводимого тепла. В настоящей работе разбавленный сплав α - β Ti-Al-Mn был сварен при различных тепловых нагрузках с использованием процессов электронно-лучевой и газовой вольфрамодуговой сварки. Большая часть

быстроохлаждаемого электронно-лучевого шва может быть идентифицирована как пластинчатый или “массивный” мартенсит. При сварке вольфрамовой дугой с более медленным охлаждением в газе продуктом превращения была смесь пластинчатых α - и β -фаз, образованных полностью за счет диффузии. Термообработка после сварки во всех случаях приводила к образованию α - β структуры, которая огрубевала с увеличением температуры и времени отжига. Относительное удлинение при растяжении в сварном состоянии было низким из-за большого размера зерен предшествующего β и игольчатой микроструктуры. Пластичность улучшалась по мере того, как структура огрубевала при термообработке. Разрушение при растяжении всегда было микроскопически пластичным, но наличие α -слоя на границе зерен, как правило, приводило к межзеренному разрыву, особенно когда твердая внутризеренная матрица ограничивала проскальзывание в областях, граничащих с зёрнами.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Разработка конструкции

Конструкция разработана в соответствии с ГОСТ 22178-76 и представляет собой 2 пластины, сваренные встык с подготовленной под сварку кромкой (рисунок 2.1 и 2.2).

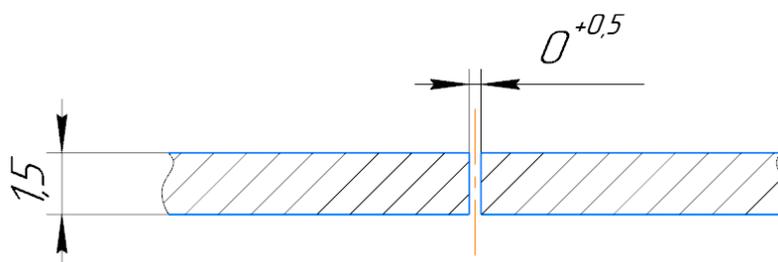


Рисунок 2.1 – Геометрические параметры сборки пластин под сварку

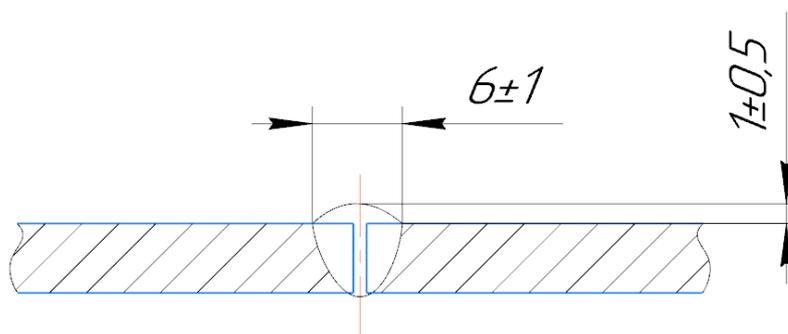


Рисунок 2.2 – Геометрические параметры сварного шва

2.2 Материал сварной конструкции

Материал пластин – сплав ВТ5, который представляет собой титановый деформируемый сплав с массовой долей титана 92-95,7 % и упрочняющей долей железа. ВТ5 относится к классу сварных деталей, работающих при температуре от -273 до 400 °С с хорошей коррозионной стойкостью.

Допустимое количество примесей определено в таблице химического состава по ГОСТ 19807-91, что показано в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав сплава BT5 [8]

Fe	C	Si	Mo	V	N	Ti	Al	Zr	O	H	Примеси
до 0,3	до 0,1	до 0,12	до 0,8	до 1,2	до 0,05	90- 95,7	4,5- 6,2	до 0,3	до 0,2	до 0,01	до 0,3

Основные механические свойства сплава BT5 указаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Механические свойства сплава BT5 [8]

σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	НВ, 10^{-1} МПа	КСУ, кДж/м ²
715-750	6-10	15-20	240-320	300

2.3 Свариваемость сплава BT5

Титан и титановые сплавы обладают высокой химической активностью. При высоких температурах они легко реагируют с водородом, кислородом, углекислым газом, водой и другими компонентами воздуха, что приводит к снижению пластичности и ударной вязкости сварного шва. Также происходит объемное расширение и возникают значительные напряжения, что может привести к появлению газовых пор вблизи шва, а в серьезных случаях - к образованию холодных трещин.

Теплофизические свойства титана и титановых сплавов особенные. Титановые сплавы имеют высокую температуру плавления, низкую теплоемкость и низкую теплопроводность, поэтому при сварке часто возникает перегрев, что приводит к увеличению размера зерна металла.

Модуль упругости титана и титановых сплавов примерно в два раза меньше, чем у стали, поэтому сварочные остаточные деформации бывают значительными, а коррекция деформации после сварки также затруднена.

2.4 Трещины в сварных соединениях сплава BT5

При комнатной температуре титан и титановые сплавы относительно стабильны. Однако результаты испытаний показывают, что в процессе сварки капли жидкости и металл ванны сильно поглощают водород, кислород и азот, а в твердом состоянии эти газы уже воздействовали на них. С повышением

температуры способность титана и титановых сплавов поглощать водород, кислород и азот также значительно возросла. Он начинает поглощать водород примерно при 250 °С, кислород - при 400 °С, а азот - при 600 °С. После поглощения этих газов они непосредственно вызывают образование сварочного шва. становится хрупким, что является чрезвычайно важным фактором, влияющим на качество сварки.

При сварке титана и титановых сплавов вероятность образования термических трещин в сварных соединениях очень мала. Это связано с тем, что содержание S, P, C и других примесей в титане и титановых сплавах очень мало, а эвтектику с низкой температурой плавления, образованную S и P, нелегко получить на границе зерен в сочетании с эффективным температурным диапазоном кристаллизации [9].

Он узкий и маленький, а усадка титана и титановых сплавов при затвердевании невелика, и в металле сварного шва не образуются термические трещины. При сварке титана и титановых сплавов в зоне термического воздействия могут появляться холодные трещины. Для этого процесса характерны трещины, которые появляются через несколько часов или даже дольше после сварки, поэтому его также называют отложенными трещинами. Исследования показали, что эта трещина связана с диффузией водорода во время сварки. В процессе сварки водород диффундирует из высокотемпературной глубокой ванны в зону термического воздействия с более низкой температурой. Увеличение содержания водорода увеличивает количество TiH_2 , осаждаемого в зоне, увеличивая хрупкость зоны термического воздействия. Кроме того, объемное расширение гидроксида при его выпадении осадков вызывает большее напряжение тканей в сочетании с диффузией и агрегацией атомов водорода в зонах с высоким напряжением, что приводит к образованию трещин. Способ предотвратить это замедленное образование трещин заключается главным образом в уменьшении источника водорода в сварных соединениях.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

3.1 Заготовительные операции

Заготовительные операции являются важным этапом в процессе изготовления конструкции. Эти операции включают технологическую последовательность обработки деталей от правки до гибки. Для изготовления заготовок из листового проката зачастую необходимо применять следующие операции: разметку металла, резку, правку, очистку и обработку кромок.

Правка небольших дефектов выполняется в холодном состоянии, для остальных применяется правка в нагретом состоянии. При разметке на металл наносится контур детали в естественную величину. Для разметки можно использовать специальные инструменты, такие как линейки, чертилки, металлические рулетки, молотки, угольники и маркеры.

Методы резки металла и применяемое оборудование могут варьироваться в зависимости от толщины, химического состава и физических свойств материала. Различные методы резки включают термическую, механическую и другие способы.

Для очистки аустенитной листовой стали от загрязнений используют ручной инструмент, механические приспособления или химические методы.

После обработки заготовок можно получить детали с требуемой формой и конструктивными размерами с необходимой точностью. Технически правильное выполнение этих операций обеспечит деталям выполнять свою функцию в заданном технологическом процессе сварки листового металла при соблюдении всех технических условий, указанных в проектных и нормативных документах.

Непосредственно перед производством сборочно-сварочных работ необходимо очистить поверхность деталей от загрязнений с помощью металлической щетки и удалить жир органическим растворителем и протереть насухо. В качестве органических растворителей можно использовать ацетон и бензин. Рекомендуется выполнять очистку в следующей последовательности:

промыть свариваемые кромки и смежные поверхности на ширину не менее 20 мм бензином, а затем промыть этиловым спиртом или ацетоном.

3.2 Обоснование и выбор способа сварки

Процесс аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом в среде аргона легко контролируется, позволяя делать сварные швы без подложки и осуществлять сварку тонких деталей при очень низких токах. Процесс обеспечивает высокое качество сварного металла, хотя для достижения оптимальных результатов требуются высококвалифицированные сварщики. Сварка неплавящимся электродом имеет меньшую скорость сварки и скорость подачи материала в сравнении с плавящимся электродом, что в некоторых ситуациях делает ее менее эффективной с точки зрения затрат.

Обычно применяется для тонких титановых листовых материалов толщиной до 6 мм. Обеспечивает более мелкое мелкокапельный перенос.

Основное оборудование для аргонодуговой сварки включает источник питания, сварочный горелку, снабжение инертным защитным газом и систему охлаждения.

Подключение электрода к положительному полюсу приводит к перегреву и плавлению вольфрамового электрода. Поэтому ручная аргонодуговая сварка титана обычно выполняется с использованием переменного тока. Дуга гасится и зажигается каждую половину цикла, когда ток дуги проходит через ноль, что происходит 100 раз в секунду при питании от источника переменного тока частотой 50 Гц (два зажигания за каждый цикл питания). Для обеспечения мгновенного повторного зажигания дуги применяется высокочастотный ток с высоким напряжением, создающий непрерывное разрядное пламя, которое преодолевает промежуток между дугой. Это ионизирует газ в зазоре дуги, облегчая стабильное горение сварочной дуги с минимальной задержкой.

Титан обладает плохими свойствами эмиссии электронов, что затрудняет повторное зажигание дуги в положительном полупериоде

электрода. Если возникает задержка в зажигании, то во время положительного полупериода протекает меньший ток по сравнению с отрицательным полупериодом. Это называется частичной выпрямлением и может привести к полному выпрямлению, когда во время положительного полупериода ток не протекает. В результате дуга становится нестабильной, процесс очистки затрудняется, а во вторичной цепи источника питания может возникнуть постоянный ток, что приводит к перегреву трансформатора. Чтобы предотвратить это, в старых источниках питания применяется противоположный ток от аккумуляторов, а в современном оборудовании используются блокирующие конденсаторы в цепи источника питания.

Самое современное оборудование использует твердотельную схему и обеспечивает возможность генерации формы переменного тока в виде квадратной волны, в отличие от старого оборудования, которое создает синусоидальную волну. Такие источники питания позволяют регулировать частоту волны и баланс положительного и отрицательного токов путем изменения длительности положительной и отрицательной составляющей полупериодов.

Инверторные устройства обеспечивают высокий уровень контроля, позволяя регулировать длительность отрицательной фазы электрода от 50% до 90% цикла.

Повышение частоты приводит к более фокусированной дуге, улучшенному проплавлению, более высоким скоростям сварки и снижению деформаций. Увеличение длительности отрицательной фазы электрода обеспечивает большую проникающую способность и более высокие скорости перемещения, хотя это снижает очищающий эффект катода. Сдвиг квадратной волны в сторону положительной фазы электрода уменьшает проникновение, что полезно при сварке тонких материалов, и расширяет профиль шва.

Еще одно значительное отличие между старыми моделями и источниками питания на основе инверторов заключается в том, что цикл квадратной волны проходит через точку нулевого тока гораздо быстрее, чем

синусоидальная волна. Это позволяет устранить необходимость в постоянном высокочастотном токе для стабилизации дуги и снизить риск повреждения чувствительного электронного оборудования. Однако высокочастотный ток все равно требуется для инициирования дуги. Отсутствие постоянного высокочастотного тока может привести к нестабильности дуги на очень чистых поверхностях или неровных поверхностях. Источники питания на основе инверторов также решают проблему отслеживания тока между двумя близко расположенными дугами, что может повредить цепи управления.

Источники питания с квадратной волной имеют дополнительное преимущество в снижении растрескивания вольфрама, когда кончик электрода отламывается и загрязняет сварочную ванну. Путем сокращения длительности положительной фазы электрода можно минимизировать перегрев, который способствует растрескиванию вольфрама.

3.3 Выбор сварочных материалов

Если толщина сварного шва не превышает 3 мм, то для сварки используют прутки диаметром 2,0 мм без присадочного материала. В случаях, когда толщина сварного шва превышает 3 мм, диаметр электрода соответствует толщине шва, и применение присадочного прутка является обязательным.

В данном случае назначаем электроды WT-20, которые содержат оксид тория. Эти электроды являются наиболее распространенными, так как они первыми показали значительные преимущества по сравнению с чисто вольфрамовыми электродами при сварке постоянным током. Однако торий является низкорadioактивным элементом, поэтому пыль, которая неизбежно образуется при заточке электродов, может быть вредной для здоровья сварщика и опасной для окружающей среды. Если эти электроды используются редко, то незначительные выбросы не представляют опасности для здоровья. Однако, если планируется постоянное использование таких электродов, необходимо обеспечить хорошую вентиляцию на рабочем месте.

Торированные электроды эффективно работают при сварке на постоянном токе с использованием улучшенных источников тока. В зависимости от поставленной задачи, угол заточки электрода может быть изменен. Они сохраняют свою форму даже при высоких токах, в отличие от чисто вольфрамовых электродов, которые могут начать плавиться.

При сварке переменным током, для этого типа электродов не требуется придавать сферическую форму концу электрода – достаточно сделать небольшую выпуклость.

Основные металлы, которые могут быть сварены с использованием торированных электродов, включают нержавеющие стали, металлы с высокой температурой плавления (молибден, тантал), ниобий и его сплавы, медь, кремниевая бронза, никель и его сплавы, титан и его сплавы.

Согласно рекомендациям, для этих электродов можно использовать прутки ВТ5св по ГОСТ 27265-87 с соответствующим химическим составом (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Химический состав присадочного прутка ВТ5св [9]

Массовая доля элементов, %								
Al	Si	Fe	C	S	Ti	N	O	H
4,5-6,2	до 0,12	до 0,15	до 0,05	до 0,1	ост.	до 0,04	до 0,12	до 0,03

Для сварки титановых сплавов рекомендуется использовать аргон высшего качества, соответствующий ГОСТ 10157-79. Для предотвращения трещин следует также применять материалы повышенной чистоты. Состав газа подробно указан в таблице 3.2. В процессе сварки применяется газообразный аргон, который поставляется в газообразном состоянии. Газообразный аргон хранится, отпускается и транспортируется в стальных баллонах, соответствующих ГОСТ 949-73, или в автоцистернах при давлении $15 \pm 0,5$ или $20 \pm 1,0$ МПа при температуре 293 °К. При покупке аргона в баллонах с объемом 40 дм³, объем газа составляет 6,2 м³ (при давлении 15 МПа и температуре 293 °К).

Таблица 3.2 – Химический состав аргона высшего сорта по ГОСТ 10157–79 [10]

Ar, %	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
основа	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

3.4 Выбор оборудования

Самое современное оборудование использует твердотельную схему и обеспечивает возможность генерации формы переменного тока в виде квадратной волны, в отличие от старого оборудования, которое создает синусоидальную волну. Такие источники питания позволяют регулировать частоту волны и баланс положительного и отрицательного токов путем изменения длительности положительной и отрицательной составляющей полупериодов.

Инверторные устройства обеспечивают высокий уровень контроля, позволяя регулировать длительность отрицательной фазы электрода от 50% до 90% цикла.

Повышение частоты приводит к более фокусированной дуге, улучшенному проплавлению, более высоким скоростям сварки и снижению деформаций. Увеличение длительности отрицательной фазы электрода обеспечивает большую проникающую способность и более высокие скорости перемещения, хотя это снижает очищающий эффект катода. Сдвиг квадратной волны в сторону положительной фазы электрода уменьшает проникновение, что полезно при сварке тонких материалов, и расширяет профиль шва.

Основными критериями при выборе сварочного аппарата для сварки титановых сплавов являются поддержка режима TIG и наличие горелки.

Можно выделить следующие преимущества сварочного аппарата QINEO GL 222 DC:

- легкий и портативный;
- прочная конструкция, обеспечивающая надежность;

- идеально подходит для использования на монтаже;
- оснащен цифровым дисплеем для удобной настройки необходимого тока;
- возможность расширенной настройки и изменения тока в зависимости от ситуации;
- подключение пульта дистанционного управления или ножной педали;
- возможность подключения дополнительного блока для охлаждения горелки сварочной горелки TIG.

Основные технические характеристики установки QINEO GL 222 DC приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные характеристики установки для аргодуговой сварки вольфрамовым электродом QINEO GL 222 DC

Напряжение в сети, В	220±10%
Потребляемая мощность, кВт	6,3
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-250
Продолжительность нагрузки (ПН), % при I=250 А	60
Максимальная толщина свариваемой стали, мм	12
КПД, %	85
Габаритные размеры, мм	460x230x325
Масса, кг	18

По техническим требованиям видно, что данная установка идеально подходит для нашей заданной конструкции и соответствует всем требованиям для проведения качественного сварочного процесса. В комплектацию оборудования также должны входить редуктор-расходомер и баллон с аргоном.

3.5 Подбор параметров сварки

К основным параметрам сварки неплавящимся электродом соединений титановым элементом относятся: сварочный ток $I_{св}$, диаметр электрода $d_э$, скорость сварки $V_{св}$ и расход аргона Q . На условия сварки также влияет форма и внутренний диаметр сопла $d_с$ горелки и расстояние от торца сопла до поверхности свариваемого элемента $h_с$ [10].

При токе больше максимально допустимого на электроде образуются чрезмерно большого размера капли с расплавленным вольфрамом, которые колеблются и иногда отрываются от электрода; в этих случаях в сварных швах образуются дефекты в виде включения вольфрама. В пределах допустимых величин тока, чем выше ток, тем устойчивее горение дуги.

Для достижения наиболее эффективной газовой защиты необходимо выполнение требований таких как:

- сопло должно иметь цилиндрическую часть, длина которой равна диаметру выходного отверстия сопла;
- внутри сопла должны быть отражательные или выходные каналы;
- внутренние кромки сопла не должны быть закруглены.

Для обычных режимов сварки рекомендуется использовать сопло с диаметром выходного отверстия от 12 до 18 мм.

Однако при использовании неплавящегося вольфрамового электрода на постоянном токе обратной полярности необходимо учитывать ограничения силы тока и мощности дуги, связанные с небольшой допустимой плотностью тока на электроде.

При выборе режимов сварки с неплавящимся вольфрамовым электродом будем использовать рекомендации, приведённые в таблицах 3.4 и 3.5, так как нет определенной методики для расчета таких режимов сварки.

Таблица 3.4 – Ориентировочные режимы ручной аргонодуговой сварки титана неплавящимся электродом

Толщина, мм	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	Расход газа, л/мин	Число проходов
1,5	2,0	80-100	7-8	1

Для обеспечения эффективной газовой защиты в каждом режиме сварки необходимо оптимально настроить расход газа. Эффективность защиты в процессе сварки также зависит от диаметра и формы сопла горелки, расстояния между соплом и поверхностью свариваемого изделия, а также других факторов, например, отсутствия сквозняков на сварочной зоне.

Таблица 3.5 – Соотношение диаметра электрода к диаметру сопла горелки

Диаметр вольфрамового электрода, мм	2	4	5	6
Диаметр выходного отверстия сопла, мм	10	12	14	16

При ручной сварке титановых швов с использованием неплавящегося электрода существуют особые требования к технике сварки. Угол между присадочного прутка и электродом должен быть около 90 градусов. Присадка подается с помощью коротких возвратно-поступательных движений. Поперечные колебания вольфрамового электрода не допускаются. Длина дуги обычно составляет от 1,5 до 2,5 мм, а расстояние от выступающего конца вольфрамового электрода до нижнего среза наконечника горелки при стыковых соединениях – от 1 до 1,5 мм.

Для снижения риска окисления металла, размеры сварочной ванны должны быть минимальными. При сварке металла толщиной до 10 мм часто используется метод, известный как "левый" способ, который помогает снизить перегрев свариваемого металла. Скорость сварки должна соответствовать электрическому режиму и расходу инертного газа. Избыточный расход газа приводит к турбулентному истечению и впуску воздуха в зону дуги, что нарушает газовую защиту. При недостаточном истечении газа и слишком высокой скорости сварки защита зоны сварки будет недостаточной. Давление аргона обычно настраивается в диапазоне от 0,01 до 0,05 МПа в зависимости от расхода. Подачу аргона включают за 3-5 секунд до возбуждения дуги и выключают через 5-7 секунд после обрыва с помощью электромагнитного клапана, который устанавливается в цепи управления оборудованием.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-1В81	Павлов Александр Олегович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - премиальный коэффициент – 0.3; - накладные расходы – 16%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Павлов Александр Олегович		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки двух пластин из сплава ВТ5.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету технического проекта.

4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Суть работы заключается в разработке процесса сварки пластин из сплава ВТ5. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

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

где 1 – Автоматическая аргодуговая сварка в импульсном режиме;
2 – полуавтоматическая аргодуговая сварка; 3 – ручная дуговая сварка.

Из таблицы 4.1 видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании металлообрабатывающая и серийная отраслей с высоким и средним уровнем использования на объектах соединения пластин. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

4.2 Определение норм времени на сварку

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (аргодуговой сварки (АДС) и комбинированной сварки (КС)) при сборке и сварке соединения пластин.

Определение норм времени для ручной дуговой и комбинированной сварки производится по методике описанной в (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Основное время для ручной дуговой сварки

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	АДС	КС
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	126	126
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8
$I_{св}$ – сварочный ток, А		
1 проход	90	180
2 проход	160	210
3 проход	160	210
4 проход	160	210
5 проход	160	210
α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	11,9

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_{св} \times \alpha_n}, \quad (4.1)$$

где F_n – площадь наплавленного металла, мм²;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см³;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Подставляем значения в формулу (4.1) и получаем для АДС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{9,5} \times \left(\frac{25}{90} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} \right) = 45 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (4.1) и получаем для КС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{11,9} \times \left(\frac{25}{180} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} \right) = 24 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между АДС и КС составляет 21 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 47 %.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.лв}$ а также коэффициента $k_{об}$ для ручной дуговой получены из (таблица 4.3).

Таблица 4.31 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	АДС	КС
Очистка перед сваркой свариваемых кромок от налета, ржавчины и осмотр, мин	0,5	0,5
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла, мин	0,4	0,2
Откусывание огарков проволоки, мин	-	0,1
Установка и смена электродов, мин	0,39	-
Осмотр и промер шва, мин	0,3	0,3
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25
Всего	1,59	1,35

Разница во вспомогательном времени сварки между АДС и КС составляет 0,24 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 15 %.

Расчетные данные для вспомогательного времени, связанного с изделием и работой оборудования представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	АДС	КС
Время на установку, мин	7,4	7,4
Снятие и транспортировка, мин	6,4	6,4
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	14,21

Разница во вспомогательном времени сварки между АДС и КС, отсутствует.

Расчетные данные для подготовительно-заключительного времени, представлено в таблице 4.5.

Таблица 4.52 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Элементы работы	АДС	КС
Получение производственного задания, указаний и инструктажа от мастера и его сдача, мин	6	6
Ознакомление с работой, мин	4	5
Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов, мин	-	4
Установка, настройка и проверка режимов, мин	-	3
Подготовка рабочего места к работе, мин	4	7
Сдача работы, мин	3	3
Итого	17	28

Разница в подготовительно-заключительном времени между АДС и КС, составляет 11 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 39 %.

Расчетные данные для штучного времени, представлено в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Штучное время

Исходные данные	АДС	КС
t_o – основное время на сварку, мин/м	45	24
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,59	1,35
l – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2
Исходные данные	АДС	КС
t_o – основное время на сварку, мин/м	45	24
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,59	1,35
l – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_o + t_{виз}) l + t_{виз}] \times K_{об} \quad (4.2)$$

где t_o – основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{виз}$ – вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

l – протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$ – вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$ – коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на механизированную – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (4.2) и получаем для АДС:

$$T_{шт} = [(45 + 1,59) \times 3,2 + 14,21] \times 1,1 = 180 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (4.2) и получаем для КС:

$$T_{шт} = [(24 + 1,35) \times 3,2 + 14,21] \times 1,12 = 107 \text{ мин}$$

Разница в штучном времени сварки между АДС и КС составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 41 %.

Расчетные данные для определения количества свариваемых пластин за смену, представлено в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Количество сваренных пластин в рабочую смену

Исходные данные	АДС	КС
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}}, \quad (4.3)$$

где $T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, ч;

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (4.3) и получаем для АДС:

$$n = \frac{8 \times 60}{180} \approx 2,7 \text{ шт.}$$

Подставляем значения в формулу (4.3) и получаем для КС:

$$n = \frac{8 \times 60}{107} \approx 4,5 \text{ шт}$$

Разница в размере партии между АДС и КС, составляет 1,8 шт, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 40 %.

Расчетные данные для определения штучно – калькуляционного времени, представлено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Штучно-калькуляционное время

Исходные данные	АДС	КС
$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время, мин	17	28
n – размер партии, шт	2,7	4,5

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (4.4)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время;

n – размер партии.

Подставляем значения в формулу (4.4) и получаем для АДС:

$$T_{шк} = 180 + \frac{17}{2,7} = 186 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (4.4) и получаем для КС:

$$T_{шк} = 107 + \frac{28}{4,5} = 116 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между АДС и КС, составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

Расчетные данные для определения массы наплавленного металла, представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	АДС	КС
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	126	126
L – длинна шва, м	3,2	3,2
γ – плотность наплаваемого металла, г/см ³	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \times l \times \gamma, \quad (4.5)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм²;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (4.5) и получаем для АДС:

$$G_n = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (4.5) и получаем для КС:

$$G_n = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между АДС и КС отсутствует.

4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат. При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- основная зарплата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

4.3.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	АДС	КС
$g_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг/изд	3,1	3,1
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$C_{см}$ – цена электродов, руб/кг LB 52U	440	-
OK 53.70	584	-
$C_{см}$ – цена сварочной проволоки, руб/кг Super Arc	-	420
NR-208S	-	1031

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{см} = g_{нм} \times k_n \times C_{см}' \quad (4.6)$$

где $g_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг/изд;

k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$C_{см}'$ – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (4.6) и получаем для АДС с Р:

$$C_{см} = 3,1 \times 1,6 \times (440 + 584) = 5079 \text{руб.}$$

Подставляем значения в формулу (4.6) и получаем для АДС без Р:

$$C_{см} = 3,1 \times 1,08 \times (420 + 1031) = 4858 \text{руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между АДС и КС, составляет 221 руб, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат на 4 %.

4.3.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	АДС	КС
$g_{газ}$ – норма расхода газа, л/мин	15	15
t_0 – основное время на сварку, мин/м	24	24
l – длина сварного шва, м/издел	3,2	3,2
$Ц_{газ}$ – цена за единицу газа руб/л	0,033	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \times t_0 \times l \times Ц_{газ}, \quad (4.7)$$

где $g_{газ}$ – норма расхода газа, л/мин;

t_0 – основное время на сварку, мин/м;

l – длина сварного шва, м/издел;

$Ц_{газ}$ – цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (4.7) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{газ} = 0,033 \times 15 \times 3,2 \times 24 = 38 \text{руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между АДС и КС, составляет 0 руб.

4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	АДС	КС
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб	60000	60000
$F_{мп}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	186	113

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_z = \frac{C_{мз} \times t_{шк}}{F_{мп} \times 60}, \quad (4.8)$$

где $C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

F_{mp} – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (4.8) и получаем для АДС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 186}{172 \times 60} = 1081 \text{руб.}$$

Подставляем значения в формулу (4.8) и получаем для КС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 113}{172 \times 60} = 657 \text{руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между АДС и КС, составляет 424 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	АДС	КС
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих, руб	1081	657

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \times C_3}{100}, \quad (4.9)$$

где $k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы;

C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (4.9) и получаем для КС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 1081}{100} = 324 \text{руб.}$$

Подставляем значения в формулу (4.9) и получаем для АДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 657}{100} = 197 \text{руб.}$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между АДС и КС, составляет 127 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

4.4.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	АДС	КС
U – напряжение, В	26	30
I – сила тока, А	146	204
t ₀ – основное время сварки, мин/м	45	24
L – длина сварного шва, м/изд	3,2	3,2
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
– стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,85	5,85

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \times I \times t_0 \times l}{60 \times \eta \times 1000} \cdot C_{эл} \quad (4.10)$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

t₀ – основное время сварки, мин/м;

l – длина сварного шва, м/изд;

η – коэффициент полезного действия источника питания;

C_{эл} – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (4.10) и получаем для АДС:

$$C_{эм} = \frac{26 \times 146 \times 45 \times 3,2}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,85 = 67 \text{ руб}$$

Подставляем значения в формулу (4.10) и получаем для КС:

$$C_{эм} = \frac{30 \times 204 \times 24 \times 3,2}{60 \times 0,85 \times 1000} \times 5,85 = 54 \text{ руб}$$

Разница в затратах на электроэнергию между АДС и КС, составляет 13 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

4.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.153 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	АДС	КС
Ц _j – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC V350 PRO	730000	-
Ц _j – цена оборудования соответствующего вида: Инвертор УКП Idealarc DC-400 LN-23P	-	797000 814565 348000
k _{рем} – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
t _{шк} – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	186	113
F _{ГО} – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000
k _з – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \times k_{рем} \times t_{шк}}{F_{ГО} \times k_з \times 60}, \quad (4.11)$$

где C_j– цена оборудования соответствующего вида;

k_{рем} – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

t_{шк} – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

F_{ГО}– годовой фонд времени работы оборудования, ч;

k_з – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (4.11) и получаем для АДС:

$$C_p = \frac{730000 \times 0,25 \times 186}{2000 \times 0,8 \times 60} = 353 \text{руб.}$$

Подставляем значения в формулу (4.11) и получаем для КС:

$$C_p = \frac{(797000 + 814565 + 348000) \times 0,25 \times 113}{2000 \times 0,8 \times 60} = 577 \text{руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между АДС и КС, составляет 224 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 39 %.

4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.164 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	АДС (1)	КС (2)	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	5079	4858	221
2. Защитный газ	-	38	-38
3. Основная зарплата	1081	657	424
4. Отчисления во внебюджетные фонды	324	197	127
5. Электроэнергия	67	54	13
6. Ремонт	353	577	-224
Итого	6904	6381	523

По результатам расчетов разница в общих затратах на сварку пластин из титана между АДС и КС, составляет 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-1В81	Павлов Александр Олегович

Школа	Неразрушающего контроля	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Выполнение сварочных работ, заготовка (резка и рубка) пластин из сплава ВТ-5, работа со сварочным трансформатором, расплавленным металлом (сварочная ванна), дугой. Рабочее место расположено в цеху 32 м². Имеется естественное и искусственное освещение. В цеху находятся сборочно-сварочные приспособления, полки для операционных карт, компьютер.</i></p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.018-93 ГОСТ Р 55090-2012 ФЗ-197 СП 53-101-98</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы: Недостаточная освещенность; Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; Опасные факторы: Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации. Лазерное излучение, класс опасности,</p>

	ПДУ, СКЗ, СИЗ.
3. Экологическая безопасность:	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации; –
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	26.02.2023
--	-------------------

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н., профессор		26.02.23

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Павлов Александр Олегович		26.02.23

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Объектом настоящей выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки двух пластин из сплава ВТ5. Рассматриваемая металлоконструкция представляет собой две сваренные пластины встык.

Поскольку в настоящей работе рассматривается промышленное производственное здание, то условиями эксплуатации конструкции будет являться окружающая среда внутреннего помещения этого здания. Следовательно, конструкцию можно классифицировать как воспринимающую постоянные и временные нагрузки и воздействия, эксплуатируемую в агрессивной среде отапливаемого помещения.

Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Вредные факторы.

Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 5.1 и 5.2

Таблица 5.1 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 5.2 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет 42 м², объем составляет 147 м³. По СП 2.4.3648-20 санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СП 2.4.3648-20 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м³. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с

нагревом воды до 100°C, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям.

5.1.2 Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы и. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СП 2.4.3648-20, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

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

- изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, например любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);

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

Средства индивидуальной защиты: применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СП 2.4.3648-20 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010-76.).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по ОСТ 5430013-83):

- до 10 мкВт/см², время работы (8 часов);
- от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;
- от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами СКЗ:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- заземление экрана вокруг источника;
- защита рабочего места от излучения.

К способам СИЗ относятся: очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

5.1.4 Наличие токсикантов, (запыленность, загазованность), ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ

Нормативы распространяются на рабочие места, независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

Нормативы используются при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, для обеспечения производственного контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих вредных химических веществ.

Нормативы установлены на основании комплексных токсиколого-гигиенических и эпидемиологических исследований с учетом международного опыта.

В процессе проведения работ одним из основных вредных факторов является испарение летучих продуктов при выполнении монтажно – сборочных работ (сварка, наладка и т.д.). Испаренные летучие продукты применяемых при сварке прутков и травителей могут нанести вред здоровью человека. Согласно по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Травители для сплавов ВТ5 имеют второй класс опасности, и имеют ПДК (по кислоте) 0,025 мг/м, присутствуют в основном в виде аэрозолей.

Испарения прутков имеет второй класс опасности и ПДК 4 мг/м, способна вызвать аллергические реакции и присутствует в виде аэрозоля.

Способы СКЗ включают в себя в основном все мероприятия направлены на удаление паров свинца и прочих продуктов пайки путем применения местной и общей принудительной вентиляции с последующей фильтрацией, рециркуляция не допускается.

Также применяется периодическая очистка поверхностей от осаждающихся на них продуктов пайки.

Необходимо применять респираторы с абсорбционной приставкой.

5.1.5 Недостаточная освещенность

Для обеспечения требуемой освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещенности на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Параметры помещения.

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	A	12
Ширина	B	10
Высота помещения	H	3,5
Свес	h _с	0,4
Высота Р.П.	h _{рп}	0,8
Высота от светильника до Р.П.	h	H- h _р - h _с
Коэффициент отражения стен	ρ _{ст}	70 %
Коэффициент отражения потолка	ρ _п	70
Коэффициент запаса	K _з	1.3
Коэффициент неравномерности	Z	1.1

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

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{рас}} = E_n \times S \times K_z \times Z/N \times \eta \quad (5.1)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h} \times (A + B), \quad (5.2)$$

Проведем расчет индекса помещения. Площадь помещения:

$$S = A \times B = 12 \times 10 = 120 \text{ м}^2,$$

и индекса помещения:

$$i = \frac{S}{h \times (A + B)} = \frac{120}{2.35 \times (12 + 10)} = 2,32.$$

Согласно этим данным, коэффициент использования светового потока будет равен 56 % или в долях = 0,56.

Согласно указанной методике, выбираем тип источника света.

Наиболее подходящим вариантом является 40 ваттная лампа ЛБ, у которой $\Phi=2800$ лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД-2-40 с размерами: длина = 1230 мм, ширина = 266 мм.

Из уравнения 3.1 находим количество ламп для помещения

$$N = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / \Phi \cdot \eta = 200 \cdot 120 \cdot 1,3 \cdot 1,1 / 2800 \cdot 0,56 = 21,875.$$

Принимаем $N=24$ лампы или 12 светильников.

Размещаем светильники в 3 ряда по 4 светильника в ряду с соблюдением условий: L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если

по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B), L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B), l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$.

Сначала определим световой поток расчетный.

$$\Phi = E_n \times S \times K_z \times Z/\eta = 200 \times 120 \times 1,3 \times 1,1/24 \times 0,56 = 2554 \text{ лм,}$$

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}})/\Phi_{\text{расч}}) \times 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (2800 - 2554)/2554 \times 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq +9,6\% \leq + 20\%$$

Результат расчета укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N \times P_i = 24 \cdot 40 \text{ Вт} = 960 \text{ Вт.}$$

Теперь определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$12000 = 3 \times LA + 4 \times 1230 + \frac{2}{3} \times LA;$$

$$LA = (12000 - 4920) \times 3/11 = 1930 \text{ мм;}$$

$$LA/3 = 644 \text{ мм,}$$

$$10000 = 2 \times LB + 3 \times 266 + \frac{2}{3} \times LB;$$

$$LB = (10000 - 798) \cdot 3/8 = 3450 \text{ мм;}$$

$$LB/3 = 1150 \text{ мм.}$$

На рисунке 5.1 изобразим схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения.

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \times 100\% \leq +20\%$$

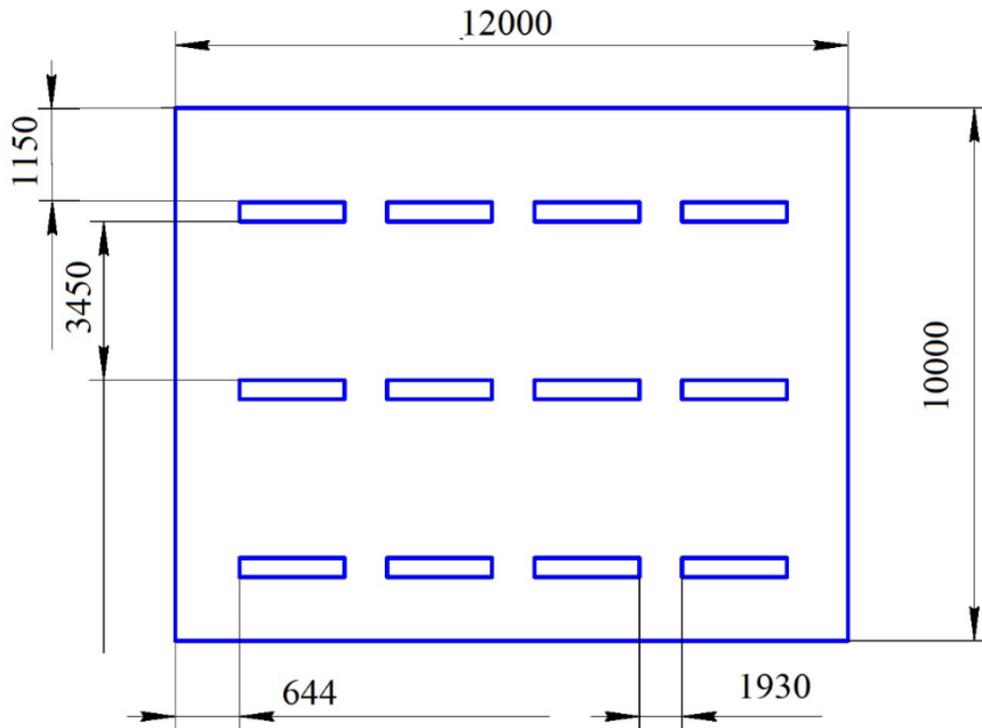


Рисунок 5.1 – План размещения светильников на потолке.

Подставляя численные значения получаем:

$$-10\% \leq 3,58\% \leq +20\%.$$

Результат расчета укладывается в поле допуска.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N_l \times P_l = 40 \times 80 = 3200 \text{ Вт}$$

5.1.6 Поражение электрическим током и УФ излучением

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных операций возможность поражения электрическим током исключается. Но все же, оно возможно и происходит при прикосновении к токоведущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры.

Напряжение холостого хода, выбранного в ходе работы источника питания сварочной дуги, достигает 67 В. Следует учесть тот факт, что данное

напряжение весьма опасно для человеческого организма. Токи более 0,05 А могут вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами являются: недостаточная электрическая изоляция аппаратов и питающих проводов, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещений, и другие факторы.

Следовательно, во избежание поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

- корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «Земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

- заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

- для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого питания не должна быть более 10 м. При необходимости нарастить провод применяют соединительную муфту с прочной изоляционной массой или провод с электроизоляционной оболочкой. Провод подвешивают на высоте 2,5...3,5 м;

- все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с ветхой и растрепанной изоляцией категорически запрещается;

– электрододержатель должен быть снабжен полностью изолированной рукояткой. Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано;

– спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

– для персонала 1 группы допуска по электробезопасности, работодатель обязан, организовать инструктаж по электробезопасности на первую группу, с записью в специальном журнале регистрации инструктажей по электробезопасности для неэлектротехнического персонала на 1 группу (сварщик должен быть аттестован по электробезопасности).

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная ответная реакция на дугу производит ослепляющее действие.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. В комплект защитной

одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

5.2 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ

5.2.1 Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования.

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1 \text{ А}$; $U < (2-36) \text{ В}$; $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ. К средствам коллективной защиты относятся:

- защитное заземление, зануление;
- малое напряжение;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства.

Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты: использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с

изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В– горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

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

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся

под напряжением до 1000 В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

– специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

– специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

– первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, противопожарное полотно);

– автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 1, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

5.2.3 Работа на механическом оборудовании и слесарном инструменте, СКЗ, СИЗ

В сборочно-сварочных цехах происходит обработка металла резанием, рубка на гильотинных ножницах. При выполнении данных операций возможны: порезы; защемления, захваты в движущихся частях механизмов; удары об твердые части оборудования и инструмента.

При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности согласно «Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».

При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других. Внимательно осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы.

Проверить наличие и исправность инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты (защитных очков, перчаток и т. п.).

При работе применять только исправные инструменты и приспособления.

При работе на ножницах или вальцах надежно зажимать деталь. При спуске рычага остерегаться удара по ноге и защемления руки между ножами или вальцами.

Так же в цехах производят работу на шлифмашине с быстродвижущейся кромкой отрезного диска.

К самостоятельной работе с угловой шлифовальной машинкой допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- предварительный (при поступлении на работу) или периодический медицинский осмотр и годные по состоянию здоровья;
- вводный инструктаж по охране труда и пожарной безопасности;
- первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда и пожарной безопасности;

– обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях на производстве.

При работе с угловой шлифовальной машинкой необходимо:

– соблюдать требования к эксплуатации угловой шлифовальной машинки;

– соблюдать правила безопасности и охраны труда при работе с угловой шлифовальной машинкой;

– использовать по назначению и бережно относиться к выданным средствам индивидуальной защиты.

5.3 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

– свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);

– ртуть (поражает мозг и нервную систему);

– никель и цинк (могут вызывать дерматит);

– щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

– отделить металлические детали от неметаллов;

– разделить углеродистые металлы от цветмета;

– пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;

– кофир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлечет за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

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

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

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует

предусмотреть а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензиновые электрогенераторы; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В аудитории №104 16а корпуса ОЭИ ИШНКБ ТПУ наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы в первую очередь был произведен обзор литературы, касающийся основ сварочного производства, а в частности – сварки титановых сплавов. После усвоения новой информации было произведено описание сварной конструкции. Затем был обоснован выбор сварки, режимов сварки, сварочных материалов и оборудования. После чего изучили сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними.

При рассмотрении аргонодуговой сварки неплавящимся электродом было выявлено, что данный процесс имеет множество достоинств и пользуется актуальностью. При этом аргонодуговой сварки неплавящимся электродом имеет и недостатки. К этим недостаткам относится небольшая производительность по сравнению с остальными способами сварки. Сварку неплавящимся электродом в среде защитных газов используют, когда требуется повышенное качество сварного соединения.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был рассчитан бюджет проекта, равный 323 371 рублей.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, экологическая безопасность и чрезвычайные ситуации. Было выявлено, что рабочее место соответствует нормативно техническим документам. Применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом обеспечивает безопасность рабочего от излучения дуги, повышенной температуры воздуха рабочей зоны, искр и брызг расплавленного металла.

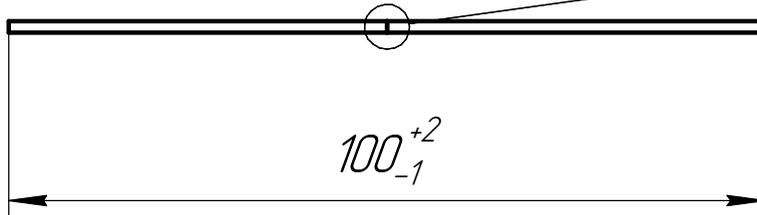
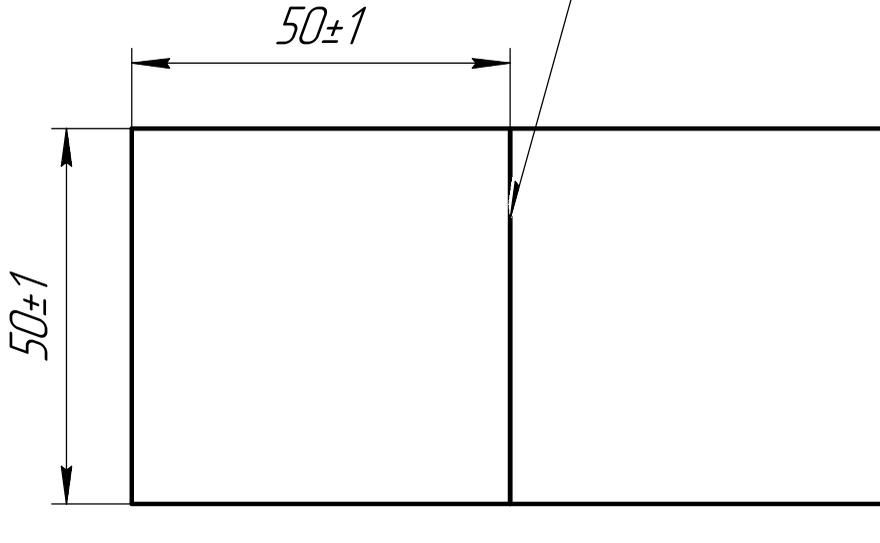
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фролов К.В. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. – М.: Машиностроение, 2001. – 880 с.
2. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. – 2-е изд. – Киев: Наук.думка, 1990. – 400 с.
3. Бродский А.Я. Аргодуговая сварка вольфрамовым электродом. – М.: Машгиз, 1956. – 97 с.
4. Панченко В.Я. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 664 с.
5. Туричин Г.А., Валдайцева Е.А., Климова О.Г. Механизмы влияния динамических процессов при высокоскоростной лазерной, лазерно-дуговой и электронно-лучевой сварке на формирование дефектов сварных швов // Сварка и диагностика. – 2015. – №3. – С. 23-27.
6. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. – М: Машиностроение, 1974. – 767 с.
7. Акулов А. И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
8. Марки стали и сплавы // Центральный металлический портал URL: http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/VSt3sp (дата обращения: 05.04.2023).
9. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Изд.Центр «Стандартинформ», 2003. – 39 с.
10. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.

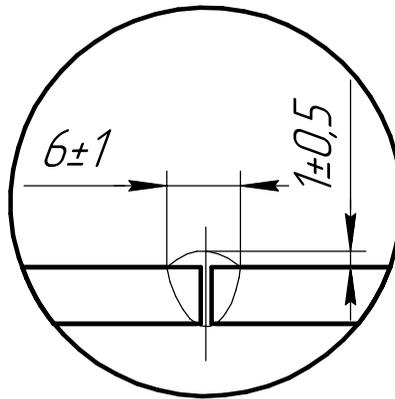
Приложение А
(обязательное)
Сборочный чертёж

ФЮРА.027452.000СБ

ГОСТ 14.771-76-С4-ИН-6



Вид А (5:1)



ФЮРА.027452.000СБ

Соединение пластин

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист		Листов 1

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Павлов А.О.		
Пров.		Киселев А.С.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Справ. №

Перв. примен.

Приложение Б

(обязательное)

Комплект технологической документации

1											ГОСТ 3.1105-84 форма 2											
2																						
3	Дубл.																					
4	Взам.																					
5	Подл.																					
6											ФЮРА 02190.007					6		1				
8											ТПУ ИШНКиБ					ФЮРА 10190.001						
12											Технология сварки титановых пластин					у						
15	МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ																					
19	СОГЛАСОВАНО Доцент ОЭИ _____ Першина А.А. «__» _____ 20__ г.										УТВЕРЖДЕНО Доцент ОЭИ _____ Першина А.А. «__» _____ 2023 г.											
23	КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ по изготовлению стыкового сварного соединения пластин из сплава ВТ5 толщиной 1,5 мм.																					
26	ПРОКОНТРОЛИРОВАНО Доцент ОЭИ _____ Першина А.А. «__» _____ 2023 г.										РАЗРАБОТАНО Студент ИШНКиБ _____ Павлов А.О. «__» _____ 2023 г.											
31	ТЛ		Титульный лист																		10	

