

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Закономерности накопления водорода в титановом сплаве ВТ1-0 при электролитическом и газофазном наводороживании

УДК 669.295.5:669.788:621.794.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чэнь Инхао		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ	Лидер Андрей Маркович	д.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кудияров Виктор Николаевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОСЗ+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
Р2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОСЗ+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
Р3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
Р4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
Р5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-9)

	за последствия своей инженерной деятельности.	
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<p><u>Научно-исследовательская деятельность</u></p> <p>Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.</p>	Требования ФГОС3+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<p><u>Научно-инновационная деятельность</u></p> <p>Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.</p>	Требования ФГОС3+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<p><u>Организационно-управленческая</u></p> <p>Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования</p>	Требования ФГОС3+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<p><u>Педагогически-просветительская</u></p> <p>Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний</p>	Требования ФГОС3+ (ПК-9)

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Лидер А.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б52	Чэнь Инхао

Тема работы:

Закономерности накопления водорода в титановом сплаве ВТ1-0 при электролитическом и газофазном наводороживании

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Титановый сплав ВТ1-0 до и после наводороживания, автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller LPB

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Подготовка образцов; – Исследование взаимодействие водорода с титаном; – Способы наводороживания сплавов из титана – Анализ полученных результатов; – Заключение.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кудияров Виктор Николаевич	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чэнь Инхао		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
150Б52		Чэнь Инхао	
	Инженерная школа ядерных технологий		Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Физика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>	
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>	
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чэнь Инхао		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б52	Чэнь Инхао

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Физика (03.03.02)

Тема ВКР:

Закономерности накопления водорода в титановом сплаве ВТ1-0 при электролитическом и газофазном наводороживании	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Прибор: автоматизированный комплекс; Рабочая зона: лаборатория в ТПУ(3 корпус); Материал: титановый сплав ВТ1-0 Авиакосмическая область.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <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. 	По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы: инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller; Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019); ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды: – шум – электрический ток,

	– вибрация Применение малозумных технологий.
3. Экологическая безопасность:	Экологическая безопасность: – Влияние экспериментальных отходов на окружающую среду;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Защита в чрезвычайных ситуациях: – Возникновение возгорания; – Ураганный ветер и ливневые дожди; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б52	Чэнь Инхао		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2018	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2018	Подготовка образцов титанового сплава ВТ6 с различными концентрациями водорода	15
30.12.2018	Получение спектров термодесорбции титанового сплава ВТ6 с различными концентрациями водорода	20
30.04.2019	Анализ результатов	15
25.05.2019	Социальная ответственность	15
25.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2019	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кудияров Виктор Николаевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	Д.Т.Н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 72 страницы, 13 рисунков, 14 таблицы, 31 литературный источник, 0 приложений.

Ключевые слова: титановый сплав ВТ1-0, взаимодействие водорода с титаном, наводороживание, термодесорбция, энергия связи водорода.

Объектом исследований являлся титановый сплав ВТ1-0 с различными концентрациями водорода. С помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LP было определено влияние концентрации водорода на энергию связи в титановом сплаве ВТ1-0 методом термостимулированной десорбции.

Целью работы является изучение закономерностей накопления водорода в титановом сплаве ВТ1-0 при электролитическом и газофазном наводороживании.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести наводороживание титанового сплава ВТ1-0 электролитическим методом и из газовой фазы;

2. Изучить распределение водорода в титановом сплаве до и после наводороживания;

3. Определить фазовый состав сплава после наводороживания;

4. Оценить энергию связи водорода в сплаве методом термостимулированной десорбции.

Оглавление

РЕФЕРАТ	11
Введение	14
ГЛАВА 1. Накопление водорода в титановых сплавах	16
1.1 Состав сплава VT1-0	16
1.2 Влияние водорода на свойства титановых сплавов	20
1.2.1 Водородное охрупчивание титановых сплавов.....	21
1.2.2 Водород-индуцированный замедленный разрыв титановых сплавов	23
1.3 Метод термостимулированной десорбции	23
ГЛАВА 2. Методы исследования	25
2.1. Газофазное гидрирование на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller	25
2.1.1 Механизм GRC	25
2.1.2 Главные компонент комплекса	27
2.2. Метод электронно-лучевого плавления (EBM)	30
2.2.2 Технические характеристики.....	31
2.2.3. Преимущества и недостатки.....	32
2.3 Реализация термостимулированной десорбции на автоматизированном комплексе GRC	33
ГЛАВА 3 Экспериментальная часть	35
3.1 Процедура экспериментов	35
3.1.1 Подготовка образцов	35
3.1.2 Насыщение водородом.....	35
3.1.3 Термостимулированная десорбция.....	35
3.2 Результаты	36
3.2.1 Распределение элементов в образцах	36
3.2.3 Спектры ТДС водорода.....	39
3.3 Заключение по главе 3	41
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
4.1 Организация и планирование работ	42
4.1.1 Продолжительность этапов работ.....	43

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	46
4.2.1 Расчет затрат на материалы	46
4.2.2 Расчет заработной платы.....	47
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог	48
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	48
4.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	50
4.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	51
4.2.7 Расчет прочих расходов	51
4.2.8 Стоимость всех проектов	52
Вывод по главе 4	52
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	53
Введение	53
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	54
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	54
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	55
5.2. Производственная безопасность.	56
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	56
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	58
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	61
5.3 Экологическая безопасность.	63
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.	64
Список использованных источников	69

Введение

Титан и титановые сплавы - новые металлические материалы, разработанные после Второй мировой войны. Лишь в 1948 году Соединенные Штаты начали производить титан, а Китай начал производить титан в 1958 году. Содержание титана в земной коре очень богато, и оно занимает четвертое место в структурных металлических элементах после алюминия, железа и магния. Титан стал очень важным конструкционным материалом в основном благодаря его всесторонним характеристикам и обильным ресурсам. [1] Титановый сплав обладает большой плотностью, высокой удельной прочностью, широким диапазоном рабочих температур, устойчивостью к средней коррозии и хорошей биосовместимостью, широко применяется в различных областях, таких как авиация, авиакосмическая, военная и гражданская.[2] Однако сам титановый сплав представляет собой сплав для хранения водорода, который легко ломается или трескается (водородное охрупчивание) из-за поглощения водорода. [3] А влияние водорода на свойства титановых сплавов зависят от состояния водорода в материале. В этой работе осуществлено определение состояния, в котором водород находится в наводороженном титановом сплаве методом термостимулированной десорбции.

Целью работы

Целью данной работы являлось изучение закономерностей накопления водорода в титановом сплаве VT1-0 при электролитическом и газофазном наводороживании.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

- 1.Провести наводороживание титанового сплава VT1-0 электролитическим методом и из газовой фазы;
- 2.Изучить распределение водорода в титановом сплаве до и после наводороживания;

3. Определить фазовый состав сплава после наводороживания;

4. Оценить энергию связи водорода в сплаве методом термостимулированной десорбции.

ГЛАВА 1. Накопление водорода в титановых сплавах

1.1 Состав сплава ВТ1-0

Титан представляет собой химический элемент с химическим символом Ti и атомным номером 22, который расположен в 4-м цикле и IVB-группой в периодической таблице химических элементов. Это серебристо-белый переходный металл, характеризующийся малым весом, высокой прочностью, металлическим блеском и устойчивостью к влажному газообразному хлору. Тем не менее, титан не может использоваться в сухом газе хлора. Даже сухой газообразный хлор с температурой ниже 0 °С может подвергнуться сильной химической реакции с образованием тетрахлорида титана, который затем разлагается с образованием дихлорида титана или даже горит. Титан сохраняет надежную стабильность только тогда, когда содержание воды в газе хлора выше 0,5%. [4]

Водород — это химический элемент, который занимает первое место в периодической таблице. Обычной элементной формой водорода является водород. Это бесцветный, без запаха, легко воспламеняющийся газ, состоящий из двухатомных молекул, а водород - самый легкий газ. [5]

Титановая продукция имеет определенную характеристику и указывает на химический состав металла с порядковым номером 22 и атомным весом 47,88. Технический титан - марка ВТ1-0 с серебристо-белым оттенком и удельным весом 4,32 г / см³. Этот металл обладает значительной яркостью, высокой плотностью, отличной коррозионной стойкостью и небольшим изменением коэффициента теплового расширения. Химический состав металла ВТ1-0 соответствует требованиям ОСТ1 90013 или ГОСТ-19807. [6]

В состав ВТ1-0 входит углерод, кремний, железо, азот, кислород и водород, остальное - титан. Также могут присутствовать незначительные примеси — около 0,3%.

BT1-0 - самый популярный титановый сплав, его добыча составляет от 50% до 70% всех добываемых в мире титанов. По химической классификации его микроструктура относится к группе $\alpha + \beta$ -сплавов. Удачное легирование этого сплава обеспечивает его широкое применение. Например, азот и кислород в нем повышает его пластичность.

Таблица 1.1. химический состав (%) BT1-0

H	Si	N	Ti	Fe	C	O
0,008	0,08	0,04	Основа	0,15	0,05	0,10

Таблица 1.2. Физические свойства BT1-0

C	ρ	$E \cdot 10^{-5}$	$R_{10} \cdot 10^9$	T	$\alpha \cdot 10^6$	λ
Дж/(кг·град)	кг/м ³	МПа	Ом·м	Град	1/Град	Вт/(м·град)
540	4505	1,12		20		18,85
				100	8,2	

Таблица 1.3. механические свойства BT1-0 при T=20°C

Сортамент	Размер	Напр.	s_b	s_T	d_5	y	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Трубы, ГОСТ 24890-81			390- 590		15			
Прутки, повышенн. качество, ГОСТ 26492-85			355- 540		19-20	38-50	500- 1000	Отжиг
Лист, ГОСТ 22178-76			375		20-30			
Прутки отожжен., ГОСТ 26492-85			345		15	36-40	500- 700	
Плита, ГОСТ 23755-79	11-60		370- 570		13	27		

Плита, ГОСТ 23755-79	60-150		295- 540		10	24		
----------------------------	--------	--	-------------	--	----	----	--	--

α - Титановый сплав

α титановый сплав представляет собой однофазный сплав, состоящий из твердого раствора α -фазы с ГПУ решеткой. У них стабильная организация, износостойкость выше, чем чистый титан, антиокислительная способность. При 500-600 °С сохраняют свою прочность и сопротивление ползучести.

α -сплавы характеризуются однофазной структурой. Они не упрочняются термической обработкой. Повышение их прочности достигается холодной пластической деформацией.

Кислород и азот имеют большую растворимость в α -фазе, оказывают значительное усиливающее действие на титановый сплав, но пластичность уменьшается. Растворимость водорода в α -фазе очень мала (примерно 0,1 масс.%). Превышение предела растворимости приведет к образованию гидроксида, в последствии возможно водородное охрупчивание. Содержание водорода в титановом сплаве обычно контролируется ниже 0,015%.[7]

Алюминий улучшает стабильность альфа-фазы.

β - Титановый сплав

β -титановый сплав представляет собой β -фазовый твердый раствор, состоящий из однофазного сплава с ОЦК кристаллической решеткой.

β -сплава имеет высокопрочную и хорошую свариваемость, но плохую термическую стабильность.

β -сплавы в основном используется для изготовления лопастей компрессоров пружин и крепежных деталей, которые работают при температурах ниже 350 ° С.

Элементы, которые могут увеличить стабильность β -фазы, называются β стабилизатором. В этой группе элемент подразделяется на две подгруппы. Эвтектоидное разложение β -фазы происходит при достаточно низкой температуре в сплаве титана и первой группе элементов. Например, Cr, Fe, Mn. Эти элементы называются β -эвтектоидными стабилизаторами. Во второй группе титановых сплавов β -твердый раствор поддерживается при комнатной температуре при достаточно высокой концентрации, и эвтектоидное разложение не происходит. Такой элемент называется изоморфным бета-стабилизатором. Например, V, Mo.

$\alpha + \beta$ титановый сплав

Большинство промышленных титановых сплавов имеют полную полиморфную трансформацию $\alpha + \beta \rightarrow \beta$ при температуре в диапазоне 750-1020 °С в зависимости от содержания и типа легирующих элементов и примесей (α - или β -стабилизаторов).

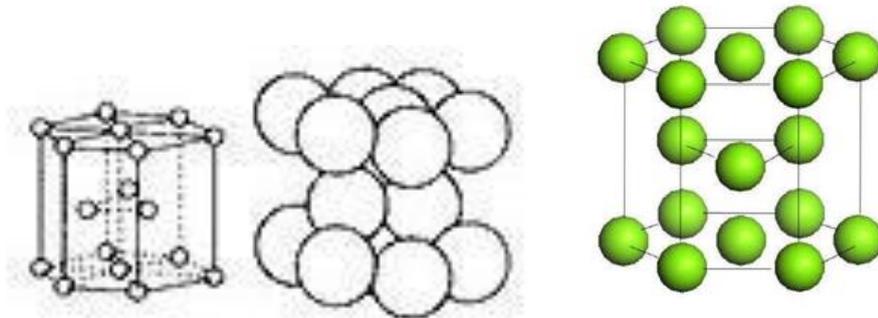


Рисунок 1.1. Элементарная ячейка ГПУ структуры

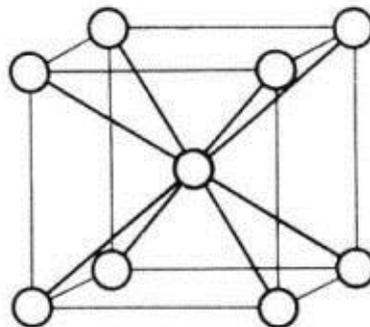


Рисунок 1.2. Элементарная ячейка ОЦК структуры

Первая категория включает низколегированный сплав $\alpha+\beta$ -мартенсит (псевдо α -сплав). Среди них помимо алюминия также присутствует небольшое количество элемента, который стабилизирует β -фазу в пределах, близких к растворимости в α -титане. Этот тип сплава включает сплавы OT4-0, OT4-1, OT4, BT4 и сплавы BT20 (6% Al-2% Zr-Mo-1% V) с 1-5% Al и 0,8-2,0% Mn. Прочность на растяжение составляет от 500 до 950 МПа из-за этого легирования

Вторая категория включает сплавы $\alpha+\beta$ -мартенситные сплавы среднего сорта: BT6C, BT6, BT14, BT23, BT23M (структура) и BT3-1, BT8, BT9 (теплота). Эти сплавы гасятся от температуры в β -области до α' -фазы. Самый прочный паяемый сплав BT23 используется для комплексного легирования четырех β -стабилизаторов с использованием более дешевых легирующих элементов из хрома и железа. Третья категория включает высоколегированный сплав $\alpha+\beta$ -мартенсит. [8]

1.2 Влияние водорода на свойства титановых сплавов

Сам титановый сплав имеет титановый сплав с малой плотностью, высокой удельной прочностью, широким диапазоном рабочих температур, устойчивостью к коррозии среды и хорошей биосовместимостью, полученной в аэрокосмической, аэрокосмической, военной, гражданской и других областях. Водородные сплавы могут легко вызвать охрупчивание или растрескивание (водородное охрупчивание) из-за поглощения водорода. Поэтому вопрос о влиянии водорода на титановые сплавы стал горячей темой, и многие эксперты в стране и за рубежом провели эффективные результаты.

α - β -титановый сплав обладает более высокой температурой в помещении и средней температурой, чем α -титановый сплав, и способность водорода растворять примеси, такие как водород, больше, чем у α -фазы. Поэтому вред водорода для $\alpha + \beta$ титанового сплава меньше, чем у титанового сплава. [9]

1.2.1 Водородное охрупчивание титановых сплавов

1.2.1.1 Гидрирование титана

Отличая от реакции титана с другими газами как кислородом или азотом, реакция титана с водородом представляет собой обратимый процесс. Титан начинает поглощать водород, когда температура не ниже 250 °С, но процесс поглощения водорода является относительно медленным. После того, как температура превысит 300 °С, скорость поглощения водорода титаном ускоряется, поглощение водорода достигает равновесия при температуре от 500 до 600 °С, температура продолжает увеличиваться, и количество поглощаемого водорода увеличивается.

Если не увеличиться, он упадет вместо этого. После реакции титан-водород в основном образуются соединения TiH, TiH₂ и твердые растворы Ti (H). Поскольку радиус атомов водорода мал, в титане существует высокая скорость диффузии, поэтому титан и водород не образуют поверхностной пленки, а количество водорода, растворенного в титане, очень велико. 1 г атомного титана может растворять 2 г атомного водорода, что очень Хороший материал для хранения водорода. Водород является стабилизирующим β-фазой элементом. Прежде чем водород будет подвергаться аллотропизму, водород.

Растворимость водорода в α-Ti составляет около 0,2%. После температуры перехода в β-Ti растворимость водорода увеличивается и достигает 2%. Известно, что температура положительно влияет на растворимость водорода. Когда температура повышается, растворимость водорода увеличивается, но при атмосферном давлении до температуры плавления растворимость водорода относительно мало повышается повышением температуры. Кроме этого, парциальное давление водорода также влияет на растворимость водорода путем влияния на процесс поглощения водорода и дегидратации титана. Похожи на

температуру, парциальное давление растворимость водорода положительно коррелируют, стоит отметить, когда парциальное давление водорода уменьшается, а растворимость водорода в титане уменьшается до тех пор, пока устранен. (0,002%)

Высокотемпературный вакуумный отжиг является эффективным мерилем дегидрирования, 800 ° С или около того, может снизить содержание водорода до 0,002% или менее. Тем не менее, водород в высокотемпературных атмосферах или в растворе кислотного травления может адсорбироваться титаном, из-за того вызывается охрупчивание водорода. [10]

1.2.1.2 Механизм охрупчивания водорода и характеристики титанов

Влияние водорода на механические свойства титановых сплавов. Ранее изучались внутренние эффекты присутствия твердого плавления водорода и косвенные эффекты индуцированных водородом изменений фазового состава и микроструктуры. Водород очень плохо влияет на пластичность титана. Когда содержание водорода в титане превышает 0,015-0,02%, водород диффундирует и накапливается в местах с более низкой температурой или более высоким напряжением при градиенте температуры или градиенте напряжения. В результате гидриды осаждаются в определенных локальных зонах (наконечник трещины или зона концентрации напряжений).

Из-за образования гидроксида он вызывает растягивающее напряжение или растрескивание вблизи него, сильно уменьшая величину ударной вязкости титана, вызывая водородное охрупчивание титана. Водородное охрупчивание, вызванное гидридом титана, является обычным явлением, и водородная восприимчивость хрупкого гидроксида обычно высока. Сплав β -Ti с объемноцентрированной кубической структурой имеет более плотную гексагональную структуру, чем сплав α -Ti с водородом. Хрупкость более

чувствительна. Водородное охрупчивание, по-видимому, является уменьшением пластичности и небольшим увеличением прочности. Также установлено, что при температурах ниже 93 °С ударная вязкость сплава уменьшается и изменяется диапазон температур хрупкости к пластику. [11]

Водородное охрупчивание также иногда напоминает охрупчивание стали, явление охрупчивания, возникающее при медленных испытаниях при постоянной нагрузке или постоянной нагрузке. Этот метод испытаний обычно использует зубчатые образцы, применяя напряжение выше определенного уровня прочности и соблюдая поведение хрупкости. Обычно указывается, что содержание водорода в используемых титановых частях должно составлять менее 0,015%.

1.2.2 Водород-индуцированный замедленный разрыв титановых сплавов

Поскольку титановые сплавы используются в качестве конструкционных материалов, вызванные водородом переломы могут привести к катастрофическим авариям. Затянувшийся перелом вызванных водородом титановых сплавов получил широкое внимание. [12] Замедленное растрескивание, вызванное водородом, происходит, когда предварительно заряженный титановый сплав подвергается устойчивой нагрузке, но на его удельные характеристики влияют многие факторы, такие как материал, микроструктура, условия нагрузки, окружающая среда и температура.

1.3 Метод термостимулированной десорбции

Спектроскопия термодесорбции состоит в измерении потока десорбированного водорода с постоянным нагревом с заданной скоростью и построении графика зависимости выхода водорода от температуры. При таком дизайне пики интенсивности появляются при разных температурах на графике;

каждый пик соответствует одному состоянию водорода в материале. Чтобы определить состояние водорода в металле в соответствии с положением соответствующего пика, используется один из аналитических методов, разработанных Li и Li. Когда достигается определенная температура, интенсивность десорбции водорода увеличивается, поскольку скорость, с которой водород выделяется из определенного состояния, увеличивается быстрее, чем тот факт, что количество водорода уменьшается в этом состоянии. Когда в этом состоянии водород полностью десорбируется, интенсивность десорбции водорода снижается до его первоначального значения. Скорость нагрева и энергия связи водорода определяют температуру пика. Т. е. при определенной скорости нагрева температура пика отражает энергию связи. Скорость нагрева и количество водорода определяют интенсивность пика. Т. е. при определенной скорости нагрева интенсивность пика отражает количество водорода. Следовательно, температура пика отражает энергию связи водорода в этом состоянии, а интенсивность пика характеризует количество водорода. Энергия связи водорода в данном состоянии определена как произведение общих газовых постоянных R и $\ln(\beta / T^2)$ на угловой коэффициент кривой $1 / T$, где β - скорость нагрева, а T - пиковая температура. Количество десорбированного водорода может быть четко интегрировано по температурной зависимости интенсивности водорода. [13]

Таким образом, метод ТСД позволяет определить состояние или ловушку водорода в материале и конечно позволяет определить энергию связи водорода.

ГЛАВА 2. Методы исследования

2.1. Газофазное гидрирование на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller

Процессы адсорбции и десорбции фундаментальные для связанных задач, они важные и необходимые. В гидридообразующих материалах необходимо разработать способ предотвращения попадания водорода для того, чтобы сопротивляться гидрированию и охрупчиванию. Кроме этого, также важно установить методы неразрушающего контроля для определения увеличения содержания водорода и образования гидридов в конструкционных материалах. Поскольку одним из необходимых условий для изучения основных проблем в системе водородных материалов являются различные концентрации образцов, в первую очередь необходимо подготовить образцы с различными концентрациями водорода. GRC (Модель низкого давления автоматического регулятора газовой реакции) помогает реализовать все эти возможности. [14]

2.1.1 Механизм GRC

Для решения проблемы как определить количество поглощенного газ в диапазонах давлений и температур и исследования реакций водорода с различными твердыми телами разработан автоматизированный комплекс GRC. Рис.2.1 хорошо показывает его основной механизм.

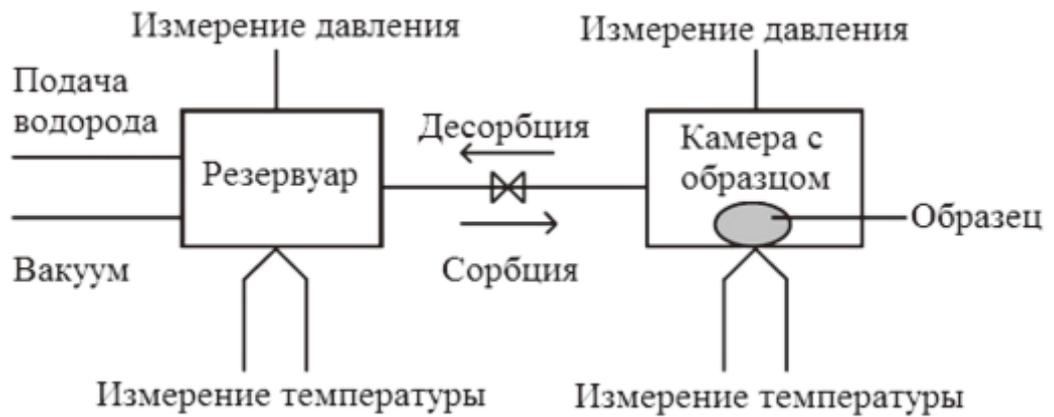


Рисунок 2.1. Механизм работы автоматизированного комплекса GRC

Для понятия главного принципа GRC, мы пренебрегаем другими устройствами. В исходном состоянии клапан, который соединяет резервуар и камеру, закрывается. Потом для накопления водородом и реакции водорода с образцом сначала напускается водород в резервуар и потом открывается клапан. Пусть N_1 — молярный объем водорода в начале, то N_1 можно определять по формуле идеального газа. Когда в камере реакция между водородом и образцом завершается, определяется молярный объем водорода в камере (N_2).

Затем речь идет о определении общего молярного количества водорода после реакции. В зависимости от состояний образца расчет разделяется на два случая. В первом случае, если водород уже содержится в образце (например, гидрид металлический), пусть его молярный объем равен N_4 , в этом случае для расчета водорода после окончания реакции водорода с образцом должен добавить начальный объем водорода. Тогда общее молярное количество водорода в образце рассчитывается по формуле (2.1)

$$N_3 = N_1 - N_2 + N_4 \quad (2.1)$$

Во втором случае, когда образец не содержит водород до реакции, то расчет упрощается. Формула (2.1) превращается в (2.2) без учета начального водорода.

$$N_3 = N_1 - N_2 \quad (2.2)$$

Известно, что по закону идеального газа давление, температура и молярный объем газа связаны между собой уравнением Менделеева-Клапейрона (2.3) [15]

$$pV = \nu RT \quad (2.3)$$

где: ν —молярное количество газа, $R = 8,31$ Дж/(моль·К)—универсальная газовая постоянная.

По формуле (2.3) нетрудно обнаружить, что точность системы органичена точностью измерений температуры и давления. Когда температура не изменяется, главный фактор становится точность измерения давления. Аналогично, когда давление является постоянной, главный фактор будет точное измерение температуры.

Согласно формуле (2.3), при известном объеме, температуре и давлении молярное количество газа вычисляется по формуле (2.4)

$$\nu = \frac{pV}{RT} \quad (2.4)$$

Формула (2.4) представляет собой упрощенный вид, для общего случая молярное количество газа определяется формулой (2.5)

$$\nu = \frac{\frac{pV}{RT}}{1 + B(T) \frac{n}{V} + C(T) \frac{n^2}{V^2} + D(T) \frac{n^3}{V^3}} \cdot (2.5)$$

где: $B(T)$, $C(T)$ и $D(T)$ только зависит от температуры и типа образца.

Их значения для водорода можно найти в интернете.

2.1.2 Главные компонент комплекса

Автоматизированный комплекс контроля газовой реакции схематически показан на рис. 2.2.

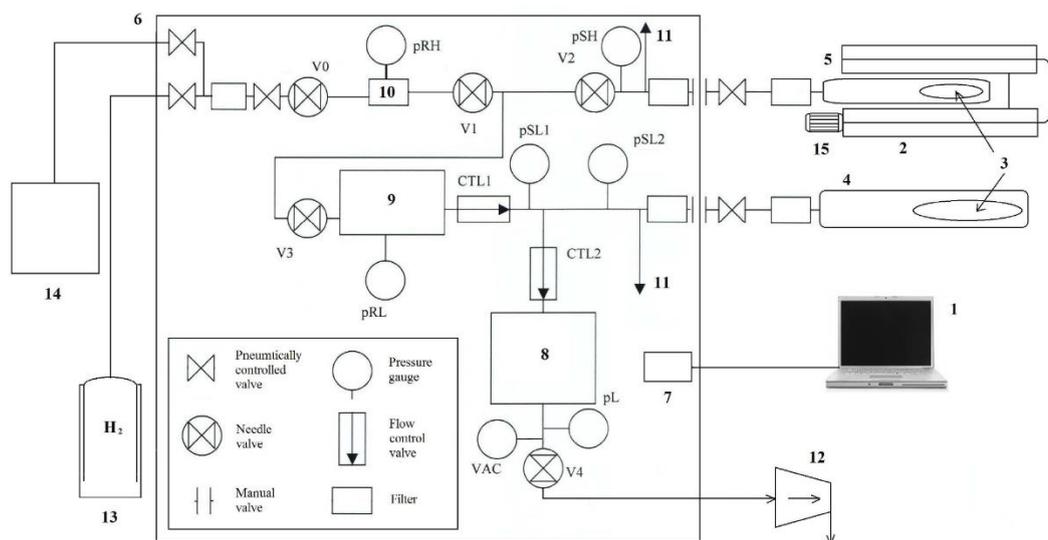


Рисунок 2.2. Схема GRC

1 - компьютер; 2 - печь / криостат; 3 - образец; 4 - камера низкого давления; 5 - камера высокого давления; 6 - контроллер; 7 - электронная система управления; 8 - регулятор громкости; 9 - резервуар низкого давления; 10 – резервуар высокого давления; 11 - система аварийного удаления водорода; 12 - вакуумная сборка; 13 - цилиндр с водород; 14 - генератор водорода; 15 - система охлаждения

Функции компонентов автоматизированного комплекса обеспечивают исследование в нем при различных условиях, таких как различные температуры и давления. Примерами могут служить криостат, печь и т.д. Криостат и высокотемпературная печь служат для контроля температуры. Диапазон рабочих температур автоматизированного комплекса —(-30 °С, 1000 °С). Что касается давления, то с помощью постоянной откачки дается возможность поддерживать высокий вакуум и проводить эксперимент с твердым веществом посредством вакуумного отжига, который удаляет десорбированный газ при нагревании и линейно нагревается с заданной скоростью. Кроме этого, у камер высокого и низкого давления свои параметры, как размер и максимальное давление водорода.

Существуют много методов хранения водорода в автоматизированном комплексе. Основной из них является подгонка кривых PCI. PCI делится на поглощение PCI и десорбцию PCI. Оба из них постаноятся при постоянной температуре. С помощью поглощенного PCI можно понять взаимосвязь между давлением и максимальным количеством поглощенного водорода. Аналогично десорбированный PCI помогает понять взаимосвязь между давлением и максимальным количеством десорбированного водорода. Тем не менее, PCI очень полезно для получения важной информации о характере реакций поглощения и десорбции водорода.

2.1.3 Процедура проведения эксперимента

У GRC в работе всего 4 режима: PCI , RELEASE, SOAK и Monitor.

1.PCI:

При этом режиме дается возможность фокусировать зависимость максимального количества водорода и десорбированного (десорбция PCI) и поглощенного (поглощение PCI). После того есть шанс получить важную информацию о реакциях и поглощенного и десорбированного, как скорость реакции и т.д.

2.SOAK:

При определенной температуре напускают водород в реакционную камеру. Образец реагирует с водородом и выдерживается определенное время. Данные о температуре, поглощении водорода и давлении регистрировались компьютером. Функция этого режима состоит в том, чтобы подготовить образец с определенной концентрацией водорода.

3.RELEASE:

Этот режим обычно используется с предыдущим режимом. В этом режиме происходит противоположный процесс относительно режима SOAK. После реакции водорода с образцом режим RELEASE позволяет удалять водород в

камере. Данные о количестве водорода, температуре и т.д. тоже записываются компьютером. По этим данным можно изучать кинетику десорбции водорода путем построения зависимости количества водорода от времени.

4. Monitor:

Режим используется тогда, пока не напускается водород в камеру. В этом режиме данные о температуре и давлении регулярно записываются на компьютер.

Процедура экспериментов, в которых изучают процессы десорбции и поглощения водорода, обычно следующая: перед экспериментом получить данные образца путем взвешивания образца с помощью весоизмерительного устройства, записать данные (масса и плотность) образца в компьютер комплекса, потом вложить образец в камеру, открыть клапан между камерой и вакуумной системой и вакуумировать с помощью насосов, после этого начинать процесс нагрева или охлаждения. В это время согласно цели задачи подключить режим, показанных выше. Когда эксперимент заканчивается, откачивать газ из камеры и охлаждать устройство.

2.2. Метод электронно-лучевого плавления (EBM)

Электронно-лучевая плавка (EBM) — это тип аддитивного производства или 3D-печати для металлических деталей, разработанный в середине 1990-х годов. Сырье (металлический порошок или проволока) помещают в вакуум и сплавляют вместе от нагрева электронным пучком. Этот метод отличается от селективного лазерного спекания, так как плавкие исходные материалы полностью расплавились. [16]

2.2.1 Принцип технологии

Принцип работы следующий: сборщик порошка укладывается слоем порошка заданной толщины (обычно 30-70 мкм), электронный луч сканирует и расплавляет порошковый материал в соответствии с путем, запланированным

файлом САПР, после завершения сканирования формирующий стол опускается и укладывается порошок. Устройство заменяет новый слой порошка. Этот послойный процесс тротуарной плитки повторяется до тех пор, пока деталь не будет сформирована. Как показано на рис.2.3. [17]

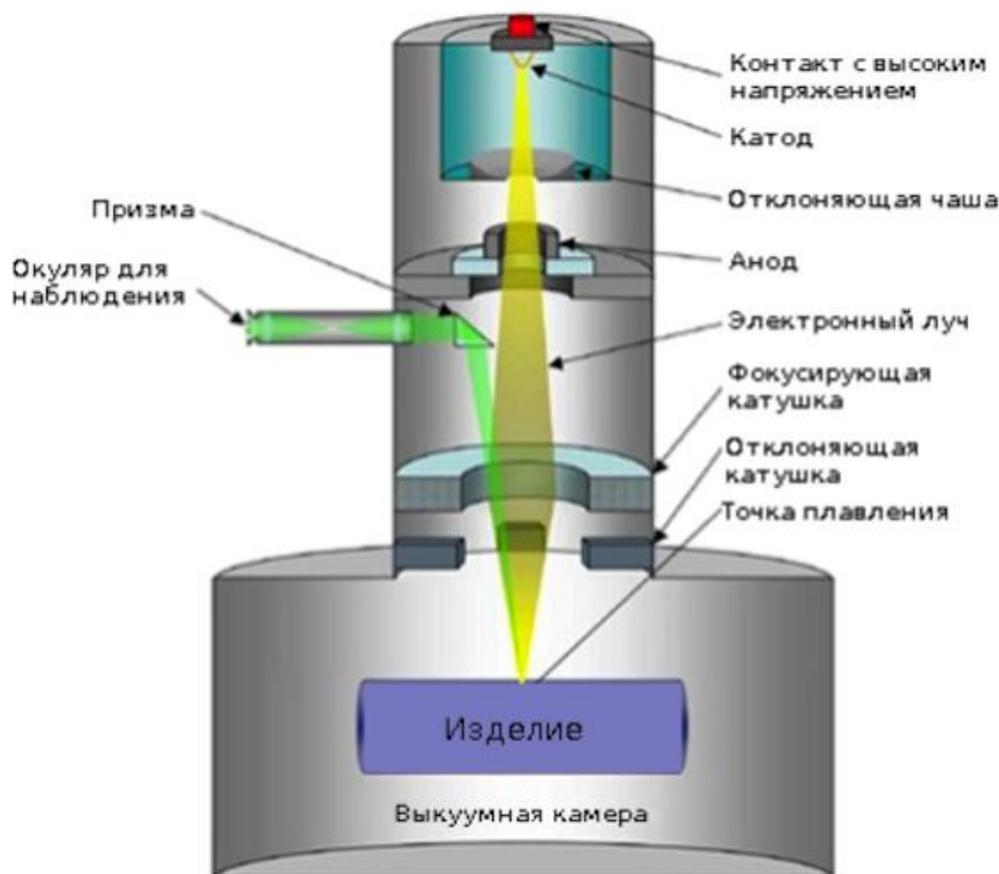


Рисунок 2.3. оборудование ЭВМ

2.2.2 Технические характеристики

Основными особенностями технологии ЭВМ являются:

1. Вблизи формы сетки точность размеров достигает $+ 0,2$ мм;
2. Он может изготавливать детали сложной формы, такие как полости и сетчатые структуры, формование производится в вакуумной среде,

- чтобы избежать окисления материалов;
3. Температура среды формования высокая (выше 700 ° C), а остаточное напряжение детали мало;
 4. Высокое качество поверхности, шероховатость Ra 25 ~ 35;
 5. Эффективность формования высокая, достигая 55 ~ 80 см³ / час;
 6. Оставшийся порошок после формования может быть переработан и использован повторно;
 7. Размер формовочной полости ограничен, и максимальный размер в настоящее время составляет 350 × 380 мм;
 8. В процессе формования происходит потеря содержания алюминия, которое необходимо компенсировать путем корректировки состава порошка;
 9. Микроструктура и механические свойства формовочного материала анизотропны.

2.2.3. Преимущества и недостатки

Преимущества:

1. Возможность достижения высокой мощности на узком луче.
- 2, качество вакуумной плавки может гарантировать высокую прочность материала.
3. Вакуумная среда исключает возможность появления примесей, таких как оксиды и нитриды.
- 4, может плавить тугоплавкий металл, и может сплавить различные металлы.
5. Эффективное генерирование мощности электронного пучка приводит к снижению энергопотребления и снижению затрат на установку и обслуживание.
6. Из-за высокой выходной скорости фактическая общая мощность всей машины выше.

7. Поскольку управление электронным пучком не требует движущихся частей, скорость сканирования может быть увеличена, а необходимое обслуживание редко

Недостатки

1. Требуется вакуум, поэтому машина должна быть оснащена другой системой, которая требует денег технического обслуживания (преимущество заключается в том, что вакуум устраняет образование примесей и обеспечивает тепловую среду, способствующую созданию свободной формы)

2, Процесс работы электронно-лучевой технологии будет производить рентгеновское излучение (решение: разумная конструкция вакуумной камеры может идеально защитить излучение). [18]

2.3 Реализация термостимулированной десорбции на автоматизированном комплексе GRC

Автоматизированный комплекс GRC дает возможность реализации термостимулированной десорбции в вакууме. Короткая процедура следующая: сначала образец помещается в камеру определенного давления; потом камера вакуумируется до определенного давления в зависимости от условий эксперимента; после вакуумирования проводится линейный нагрев до нужной температуры, в этом процессе одновременно проводится откачка из камеры для того чтобы удалить примеси, которые десорбируются в процессе нагрева; после этого напускается определенное количество водорода и начинается насыщение водородом в данной температуре; наконец охлаждается камера и откачивается водород из камеры.

Когда накопление водорода в материале исследуется методом термодесорбционной спектроскопии, необходимо тщательно подходить к

чистоте образца и реакционной камеры. Также важно создать высокий вакуум в камере перед экспериментом. Для этого камеру откачивали в течение нескольких часов с помощью внешней вакуумной колонны и встроенного турбомолекулярного насоса перед включением линейного нагрева. Масс-спектрометр может быть использован для измерения парциального давления всех газов в вакуумной системе. На рисунке 2.4 показана схема состояния вакуума в камере перед началом нагрева. Ось абсцисс — это массовое число в газовой камере, а ось ординат - соответствующее парциальное давление.

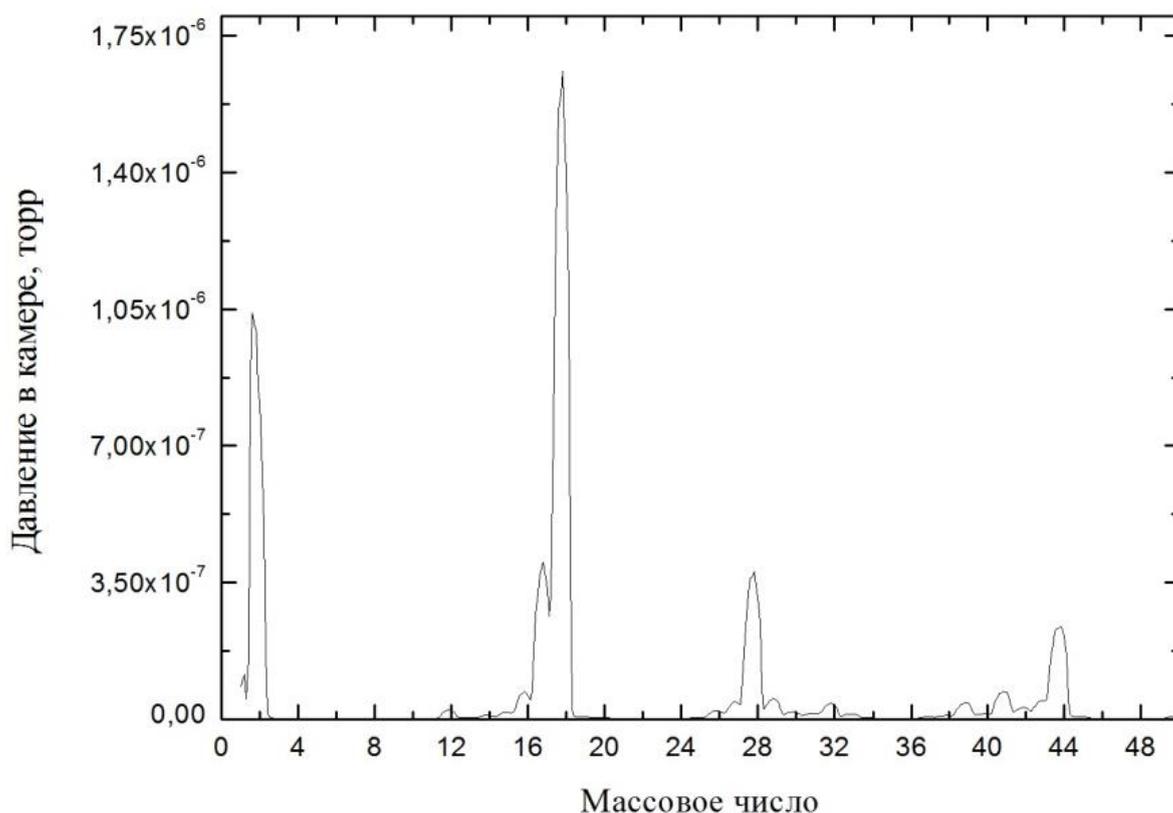


Рисунок 2.4. Схема состояния вакуума в камере перед началом нагрева

ГЛАВА 3 Экспериментальная часть

3.1 Процедура экспериментов

3.1.1 Подготовка образцов

Размеры образцов, которые использовались в эксперименте, представляют собой $20 \times 20 \times 1$ мм. Они были получены за несколько этапов предварительной обработки. Во-первых, образцы вырезались из листа ВТ1-0 в транспортированном состоянии. Потом проводились шлифование, полирование и отжиг.

3.1.2 Насыщение водородом

После того как образцы готовы, речь идет о насыщении водородом. В этой работе использовались два метода насыщения: электролитическое наводороживание и газофазное наводороживание. Газофазное наводороживание реализовано на GRC, а электролитическое гидрирование в растворе H_2SO_4 . Газофазное наводороживание реализовано при температуре $600\text{ }^\circ\text{C}$, а электролитическое гидрирование проводили при плотности тока 1 mA/mm^2 и температуре электролита $70\text{ }^\circ\text{C}$. Газофазное наводороживание реализовано в течение часа, а электролитическое гидрирование проводили в течение шести часов.

3.1.3 Термостимулированная десорбция

Для исследования после насыщения водородом нужно получить спектры термостимулированной десорбции H_2 . С помощью масс-спектрометра RGA-100 на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller получают эти спектры. Короткий процесс получения спектров следующий: образцы

помещались в камеру, камера вакуумировалась до давления ниже $10^{-4} Pa$, проводился линейный нагрев и одновременно непрерывно измеряется поток водорода при помощи масс-спектрометра. В процессе термостимулированной десорбции скорость нагрева принимала три значения: 4, 6, 8 °С/мин. При нагреве температура менялась в диапазоне 30 — 900 °С. Используя метод Киссинджера, сделал анализ этих спектров.

3.2 Результаты

3.2.1 Распределение элементов в образцах

На рис. 3.1 показана кривая распределения элементов в исходных образцах. Видно, что в исходных образцах уровень водорода остается низким по всему объему. И в приповерхностном слое существуют окиси.

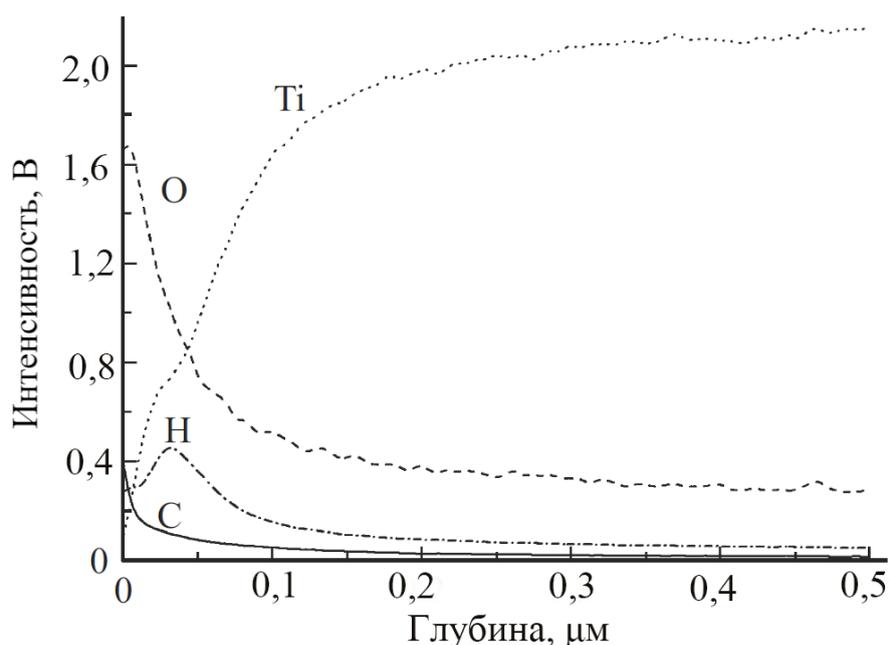


Рисунок 3.1. Кривая распределения элементов в исходных образцах до насыщения

На рис.3.2 и рис.3.3 показаны кривые распределения элементов после электролитического наводороживания и газофазного наводороживания. Видно, что после двоих методов насыщения уровень водорода повышалось, но существует разница. После электролитического насыщения уровень водорода повышался только в приповерхностном слое (~0,4 μм), а после газофазного наводороживания уровень водорода повышался по всей глубине. Это потому что для газофазного наводороживания при высокой температуре произошла диффузия водорода, а для электролитического наводороживания из-за низкой температуры диффузия водорода не имела значения.

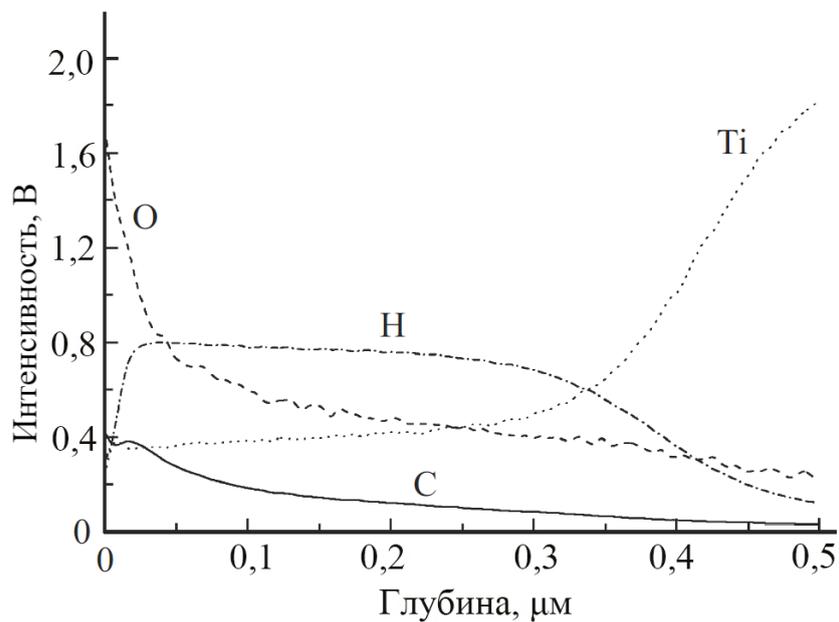


Рисунок 3.2. Кривая распределения элементов в образцах после электролитического наводороживания

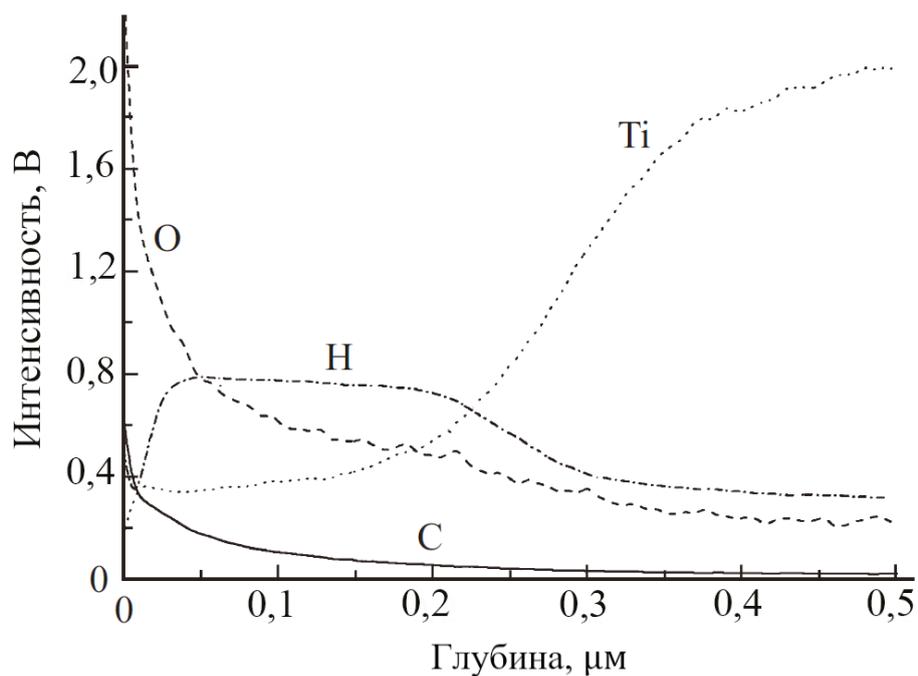


Рисунок 3.3. Кривая распределения элементов в образцах после газофазного наводороживания

3.2.2 Состав фаз в образцах

На таб.1 показан результаты рентгеноструктурного анализа. По результатам видно, что под влиянием водорода в образцах образовались гидриды титана с разными концентрациями.

Таблица 3.1. Состав фаз в образцах

Образцы	Фазы	Содержание фаз, объем%
Исходный	Титан	99,9
Электролитическое наводороживание	Титан	11,1
	Гидрид титана	88,9
Газофазное наводороживание	Титан	59
	Гидрид титана	40,26

3.2.3 Спектры ТДС водорода

Наконец были получены спектры термостимулированной десорбции водорода для обоих методов при различных скоростях нагрева (4 °С/мин, 6 °С/мин и 8 °С/мин). И в основе спектров получим зависимость $\ln(\beta/T^2)$ от $1/T$. По графикам этой зависимости можно рассчитать значения энергии связи: 108 Дж/моль для электролитического наводороживания, 100 Дж/моль для газофазного наводороживания.

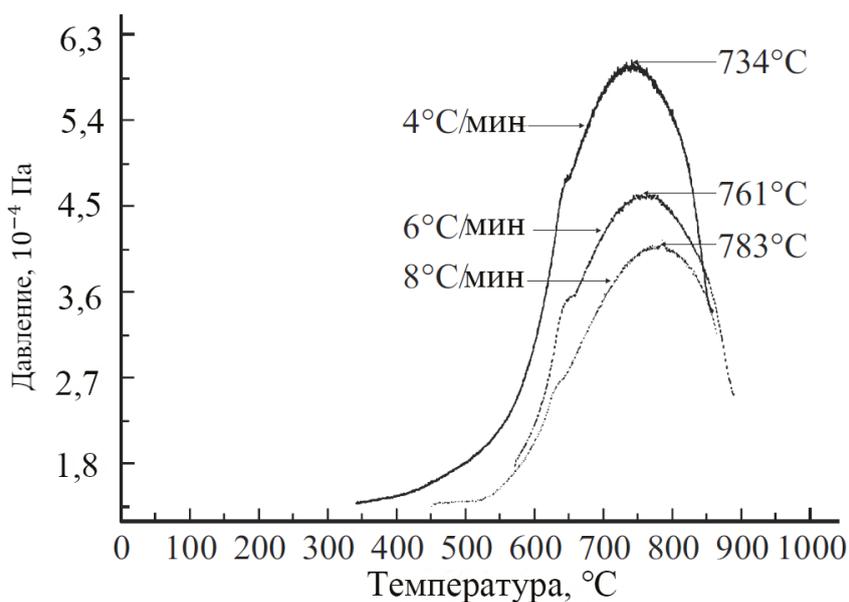


Рисунок 3.4. Спектры ТДС водорода из образцов после электролитического наводороживания

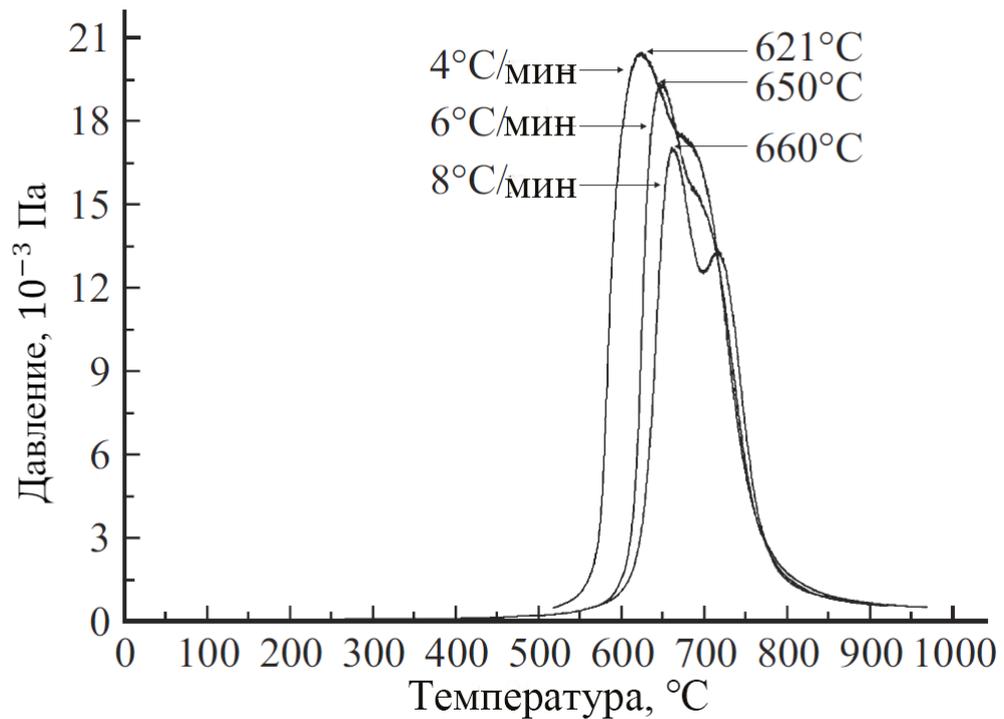


Рисунок 3.5. Спектры ТДС водорода из образцов после газофазного наводороживания

И в основе спектров были получены зависимости $\ln(\beta/T^2)$ от $1/T$ (представлены на рис.3.6). Где β —это скорость нагрева, T —это температура, при которой наблюдается максимум интенсивности десорбции водорода. Спектры термостимулированной десорбции анализированы с помощью метода Киссинджера [19]. В методе Киссинджера для энергия связи водорода существует уравнение (3.1):

$$\frac{d \ln(\beta/T^2)}{d(1/T)} = -\frac{E}{R} \quad (3.1)$$

Где R —универсальная газовая постоянная ($\approx 8,314$).

Тогда энергия связи водорода вычисляется по формуле (3.2)

$$E = -R \times \frac{d \ln(\beta/T^2)}{d\left(\frac{1}{T}\right)} \quad (3.2)$$

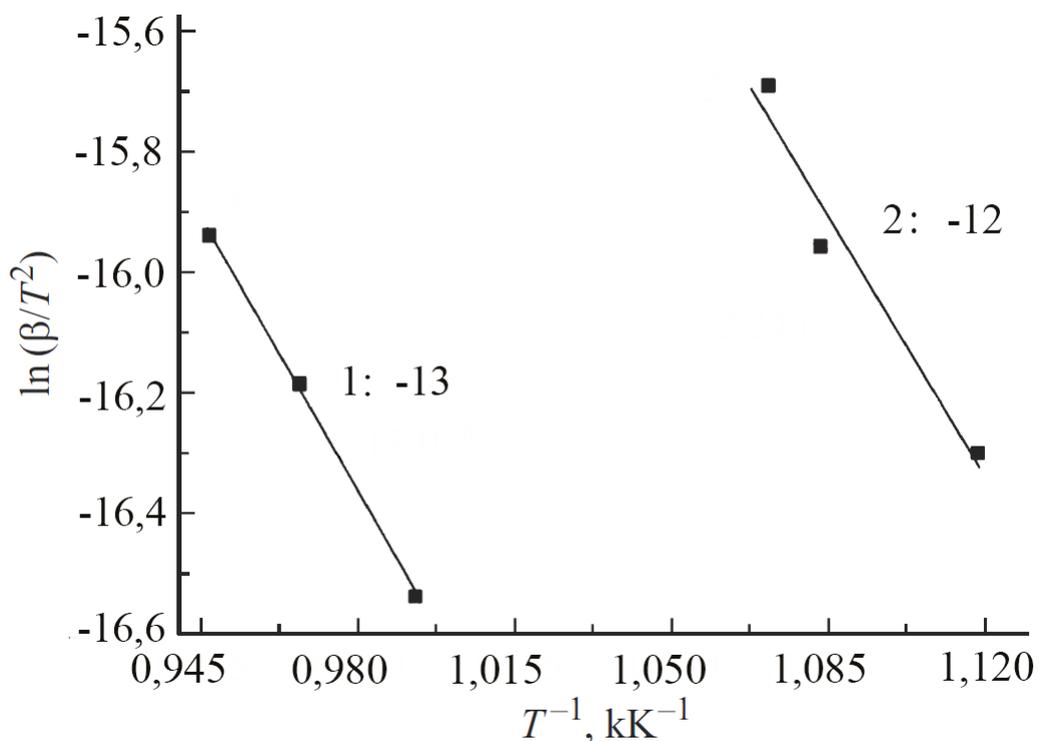


Рисунок 3.6. Зависимости $\ln(\beta/T^2)$ от $1/T$ для электролитического гидрирование (1) и газофазного гидрирования (2).

По формуле (3.2) получили значения энергии связи для метода:

Электролитическое гидрирование:

$$E_1 = -8,314 \times (-13) = 108,082 \text{кДж/моль}$$

Газофазное гидрирование:

$$E_2 = -8,314 \times (-12) = 99,768 \text{кДж/моль}$$

3.3 Заключение по главе 3

В данной работе было экспериментально установлено, что электролитическое наводороживание водородом ВТ1-0 приводит к образованию слоя на поверхности с толщиной 0.4 μm , который составляет из гидридов с энергией связи 108 кДж/моль. А газофазное наводороживание водородом ВТ1-0 приводит к образованию гидридов по всему объему с энергией связи 100 кДж/моль.

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Организация и планирование работ

В процессе организации реализации конкретных проектов необходимо разумно планировать ситуацию с занятостью участников и рабочее время каждого человека. В следующей таблице 4.1 перечислены люди и имена, вовлеченные в работу.

Таблица 4.1 Участники проекта

№ раб.	Исполнители	Имя
1	Научный руководитель (НР)	Кудияров Виктор Николаевич
2	Студент-дипломник (СД)	Чэнь Инхао

При проведении исследований в выпускной работе необходимо строить рабочие группы для того, чтобы достигнуть и выполнить конкретную цель. Для разных видов работ установите соответствующую должность исполнителя.

Таблица 4.2 Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР	НР – 100%
Определите тему и обсудите фактическое применение, связанное с темой.	НР, СД	НР – 30% СД – 100%
Разработать экспериментальный план и график	НР, СД	НР – 100% СД – 10%
Обсуждение литературы	НР, СД	НР – 30% СД – 100%

Выбор структурной схемы устройства	НР, СД	НР – 100% СД – 50%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, СД	НР – 100% СД – 80%
Горячая обработка металлических материалов и сбор экспериментальных данных	НР	НР – 100% СД – 80%
Экспериментальный анализ данных	НР, СД	НР – 20% СД – 80%
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, СД	НР – 40% СД – 80%
Оформление графического материала	НР, СД	НР – 100% СД – 80%
Подведение итогов	НР, СД	НР – 60% СД – 100%

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Существует два способа расчета продолжительности этапа работы.

Первый метод - это технология и экономика: этот метод применим к полностью разработанной нормативно-правовой базе для трудоемкости процесса планирования, что, в свою очередь, обусловлено их высокой воспроизводимостью в стабильной среде. Поскольку подрядчики часто не имеют соответствующих стандартов, мы отказываемся от использования этого метода.

Второй метод - опытно-статистический метод, который может быть реализован двумя способами: 1) аналоговый, 2) экспертный. Аналоговый метод возможен только при наличии устаревшего симулятора в поле зрения исполнителя. В большинстве случаев его можно применять только локально - для отдельных элементов (этап работы). Так что выбирайте экспертный метод

для оценки. Экспертные методы пригодны для использования при отсутствии информационных ресурсов, а эксперты в конкретных предметных областях проводят необходимые количественные оценки на основе своего профессионального опыта.

Рассчитайте время, необходимое для каждого шага работы, по следующей формуле:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{prob} + t_{max}}{6} \quad (4,1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (4.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, $K_{вн} = 1,2$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, $K_{д} = 1,1$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (4,3)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{к}$ – коэффициент календарности, решение по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4, 4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

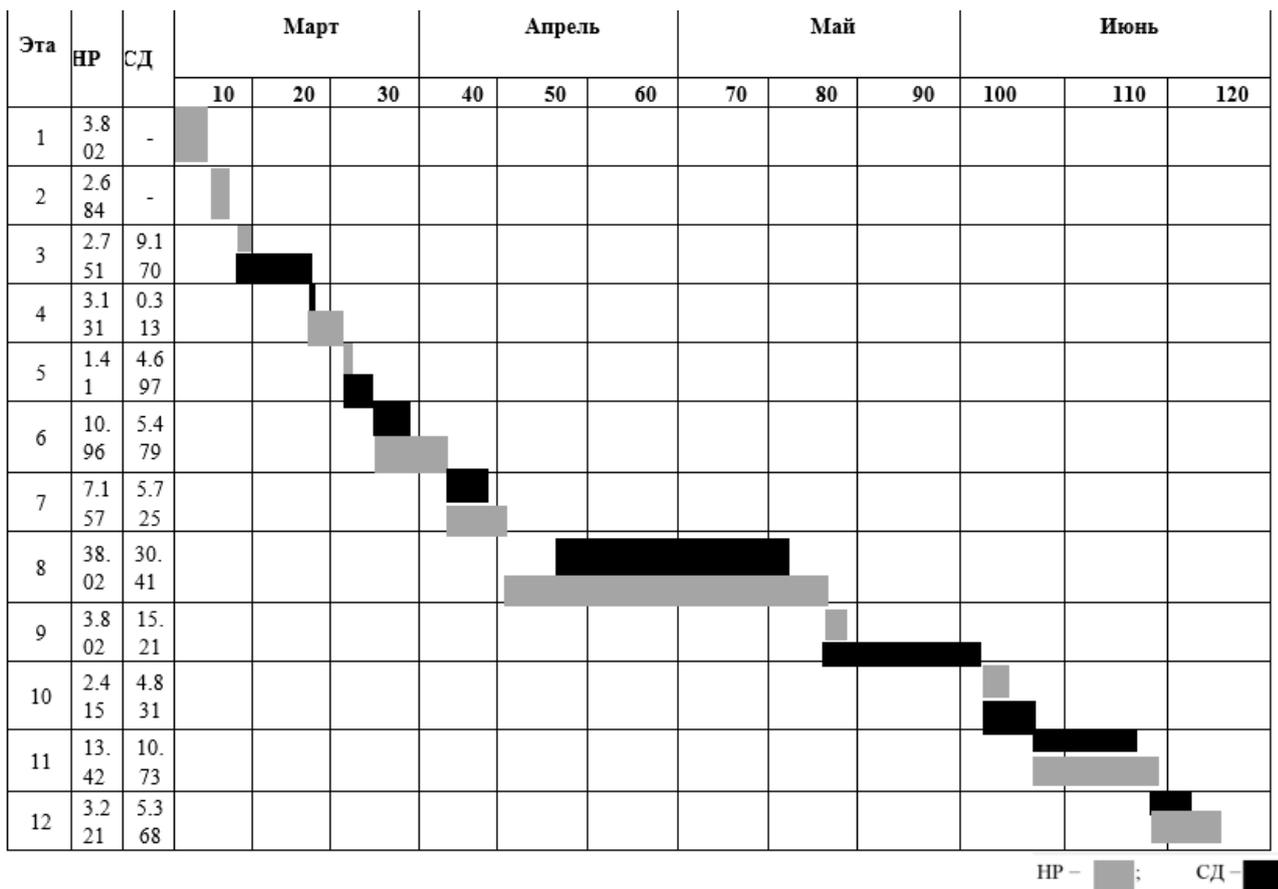
$T_{вд}$ – выходные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 111 ТК РФ, ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни по кадровым вопросам. Вопросы применения ст. 112 ТК РФ, ($T_{пд} = 14$).

Рассчитайте время, необходимое для работы на каждом этапе из таблицы 4.2, и сделайте следующие выводы:

Таблицы 4.3 Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнитель и	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	НР	3	4	3.4	3.116	-	3.802	-
Составление и утверждение ТЗ	НР	2	3	2.4	2.2	-	2.684	-
Определите тему и обсудите фактическое применение, связанное с темой.	НР, СД	7	10	8.2	2.255	7.516	2.751	9.170
Разработать экспериментальный план и график	НР, СД	2	4	2.8	2.566	0.256	3.131	0.313
Обсуждение литературы	НР, СД	3	6	4.2	1.155	3.85	1.4091	4.697
Выбор структурной схемы устройства	НР, СД	7	14	9.8	8.983	4.491	10.959	5.479
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, СД	4	10	6.4	5.866	4.693	7.157	5.725
Горячая обработка металлических материалов и сбор экспериментальных данных	НР	30	40	34	31.16	24.93	38.02	30.41
Экспериментальный анализ данных	НР, СД	15	20	17	3.116	12.46	3.802	15.209
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, СД	5	6	5.4	1.98	3.96	2.4156	4.8312
Оформление графического материала	НР, СД	10	15	12	11	8.8	13.42	10.736
Подведение итогов	НР, СД	4	6	4.8	2.64	4.4	3.2208	5.368
Итого:				109.7	76.33	74.36	93.02	92.12



4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Стоимость создания проекта включает в себя все затраты, необходимые для реализации каждой из задач, которые составляют эту разработку. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальный налог; расходы на электроэнергию (без освещения); амортизационные отчисления; командировочные расходы; оплата услуг связи.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

Во-первых, расходы включают материальные затраты, приобретенные продукты, полуфабрикаты и другие материальные ценности, которые непосредственно потребляются при работе объекта проектирования. Для покупки большого количества предметов, например цены листа сплава Э110,

мы используем метод взвешивания. Цена за единицу товара принимается за среднюю рыночную цену. Хотя цена на оптовую торговлю будет намного ниже, чем средняя рыночная цена, мало влияет на небольшое количество протестированных образцов.

Таблицы 4.4 Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Образец ВТ1-0	см ³	20	6	120
Резиновые перчатки	шт.	100	2	200
Шлифовальная бумага	шт.	60	4	240
Ручка	шт.	20	3	60
Дополнительная литература	шт.	300	4	1200
Итого:				1820

4.2.2 Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = \frac{МО}{\frac{298}{12}} = \frac{МО}{24,83}$$

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

$$КПР = 1,1; Кдоп.ЗП = 1,188; Кр = 1,3.$$

Поэтому необходимо добавить тарифы к базовой зарплате и оценить соответствующий коэффициент. Формула для расчета коэффициента выглядит следующим образом

$$K_{и} = K_{ПР} * K_{доп.ЗП} * K_{р} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699.$$

Таблицы 4.5 Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1342,09	76	1,699	173296,03
СД	15 470	617,75	74	1,62	74055,87
Итого:					247351,9

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту.

$$C_{соц.} = C_{зп} * 0,3 = 247351,9 * 0,3 = 74205,57 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Рассчитайте счет за электроэнергию, необходимый для теста. Вам нужно знать местную цену на электроэнергию, мощность устройства и сколько времени использовать, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot C_{э}$$

где $P_{об}$ – мощность кВт;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

$C_{э}$ – цена на 1 кВт·час; $C_{э} = 5,748 \text{ руб./кВт.час}$ (в ТПУ).

Поскольку спектральные данные были записаны, экспериментальное оборудование работало 24 часа, и данные были получены в режиме реального времени с помощью удаленного компьютера. Поскольку экспериментальный метод имеет излучение частиц высокой энергии, он минимизирует контакт

между людьми и оборудованием. Эта операция приведет к тому, что рабочее время экспериментального оборудования будет больше рабочего времени человека.

В таких случаях $t_{об}$ определяется путем прямого учета, особенно если использование соответствующего оборудования ограничено.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C = 1$ (оборудование малой мощности).

Результаты расчета стоимости электроэнергии на таблице 4.6:

Таблице 4.6

№ п/п	Наименование оборудования	Время работы $t_{об}$ (ч)	Потребляемая Мощность $P_{об}$ (кВт)	Цена единицы оборудования, $C_э$ (кВт/ч);	Затраты на электроэнергию, руб.
1.	Автоматизированный комплекс GRC	620	0,52	5,748	1853,2
2.	Масс-спектрометр	410	0,04		94,3
3.	Компьютер	620	0,22		784,0
4.	Нагреватель	520	0,29		866,8
5.	Источник питания	620	0,03		106,9
	Итого	2790	1.1		3705,2

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В учете затрат учитывается не только счет за электроэнергию оборудования, но и амортизация оборудования. Используется формула.

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_d}$$

где N_A – годовая норма амортизации; ($N_A=12,5\%$ по приложению 1)

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования. ($301*24=7224$ ч)

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, задается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета нормы амортизации в таблице 4.7

Таблицы 4.7

№ п/п	Наименование оборудования	Количество (n).	Цена единицы оборудования, руб (C_{OB})	Общая стоимость оборудования, руб.	Время работы трф (ч)	Амортизация руб
1.	Автоматизированный комплекс GRC	1	12000	12000	620	128,7
2.	Масс-спектрометр	1	7800	7800	410	55,3
3.	Компьютер	1	8000	8000	620	85,8
4.	Нагреватель	1	6800	6800	520	61,2
5.	Источник питания	1	5 700	5700	620	61,2
	Итого		40300	2790	392,2	

4.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Время пребывания в командировке составило 10 календарных дней (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 50 руб./день*8 дней = 400 руб. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 4720 руб.; аренда специальных приборов – 4200 руб.; почтовые расходы – 240 руб.; консалтинговые услуги – 1500 руб. Итого по данному пункту $C_{\text{нп}} = (10 - 1) \cdot 100 + 400 + 4720 + 4200 + 240 + 1500 = 11960$ руб.

4.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (1820 + 247351,9 + 74205,6 + 1333,9 + 392,2 + 11960) \times 0,1 \\ &= 33706,4 \text{ Руб} \end{aligned}$$

4.2.8 Стоимость всех проектов

Консолидировать и суммировать расходы по вышеуказанным разделам. Все затраты на этот эксперимент представлены в таблице 5.8 ниже.

Таблицы 4.8 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1820
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	247351,9
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	74205,6
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1333,9
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	392,2
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нп}}$	11960
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	33706,4
Итого:		358810

Вывод по главе 4

Исследование стоило всего 358810 рублей. Этот эксперимент не имеет рыночного значения, только для изучения защиты материалов из сплава циркония в ядерных реакторах. Следовательно, оценка его экономической эффективности невозможно.

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В эксперименте использовались некоторые инструменты. Главным из них является Автоматизированный комплекс GRC.

Автоматизированный комплекс GRC разработан для определения количества сорбированного газа различными твердыми телами в различных диапазонах температур и давлений. Принцип работы GRC можно понять из рисунка 14.

При работе на комплексе Gas Reaction Controller LP на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:

Микроклимат; компьютер; опасность поражения электрическим током; воздействие высокой температуры; эксплуатация газовых баллонов (аргон), работающих под давлением.

При неисправности в работе комплекса Gas Reaction Controller LP возможна утечка газа, возгорание.

Итак, это необходимо исследовать его социальная ответственность. В разделе «социальная ответственность» рассмотрим все перечисленные вопросы. А также экологическую безопасность, типичную ЧС и меры, которые применяют при ее возникновении

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.

Инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;

(для исследования производственной безопасности при выполнении на установке Gas Reaction Controller)

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019);

(для исследования трудовых отношений между работниками и работодателями)

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;

(для исследования организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя)

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;

(для исследования организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя)

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования;

(для исследования организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя)

ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования.

(для исследования организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя)

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Основным объектом в производственной среде является рабочее место, которое обычно представляет собой пространство, которое люди выражают в процессе производства. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса.

Следует учитывать модульные размеры рабочей поверхности рабочего стола ПК, на основе которых должны быть рассчитаны проектные размеры: ширина 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубина 800 и 1000 мм, нескорректированная высота 725 мм. Стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, уровнем колен не менее 450 мм и удлиненным уровнем ног не менее 650 мм. Конструкция рабочего кресла должна предусматривать: - поверхность сиденья имеет ширину и глубину не менее 400 мм; - поверхность сиденья имеет закругленную переднюю кромку; - регулирует высоту поверхности сиденья, диапазон составляет 400-550 мм, а угол наклона регулируется так, чтобы 15 градусов, 5 градусов и обратно; - высота опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширина - не менее 380 мм, 400 мм радиус кривизны горизонтальной плоскости; - угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ± 30 градусов; - Отрегулируйте расстояние спинки переднего края сиденья до диапазона 260-400 мм; - Неподвижные или съемные подлокотники, длина не менее 250 мм, ширина 50-70 мм; - Отрегулируйте высоту подлокотника над сиденьем до 230 ± 30 мм.

5.2. Производственная безопасность.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Основная часть государственной системы стандартизации устанавливает требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

Для анализа и профилактики производственного травматизма профессиональной заболеваемости важное значение имеет классификация их причин. Несчастные случаи возникают в процессе неудовлетворительных условий труда в результате действия опасных и вредных производственных факторов.

Для анализа и профилактики производственного травматизма, вызванного профессиональными заболеваниями, очень важна классификация причин. Из-за опасных и вредных производственных факторов несчастные случаи происходят при неудовлетворительных условиях труда.

При анализе производственного травматизма и профессиональных заболеваний необходимо учитывать весь комплекс факторов, воздействующих на формирование безопасных условий труда [24].

Таблица 5.1. Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния подводного перехода нефтегазопровода

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклоне	+	+	+	ГОСТ

ние показателей микроклимата				12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности [20], СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату у производственных помещений[21], СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[22], ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ.
2. Превышение уровня шума	+	+		
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

				Электробезопасность. Защитное заземление, зануление[23]
--	--	--	--	--

Можно выделить две группы факторов: производственно-технологические или объективные человеческие, к которым относятся:

- все работающие (движущиеся) части станков, машин или цеховой транспорт, а также острые кромки и заусенцы деталей, заготовок, инструмента и оборудования
- запыленность и загазованность цеха или рабочей зоны
- некомфортный микроклимат цеха или участка
- повышенная температура оборудования или материалов
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте или в цехе
- отсутствие или недостаток естественного освещения и недостаточность искусственного освещения цеха и рабочего места
- электрическое оборудование токоведущие провода и кабели
- наличие вредных и токсичных веществ

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Рабочее оборудование, перемещаемые детали, транспортировка в мастерской и острые кромки заусенцев на деталях, заготовках, инструментах и оборудовании являются источниками производственных травм - резания,

поломки и т.д. Оборудование во время работы вырабатывает тепло, а нагретый металл во время обработки становится источником ожогов и термических ожогов. Все токонесущие и токоподводящие устройства могут стать причиной поражения электрическим током, если они не соблюдают меры предосторожности при работе.

Одним из вредных веществ в воздухе машиностроительной мастерской является пыль, которая является самой маленькой частицей в твердом веществе. Пыль, которая может находиться в воздухе в течение определенного периода времени, называется аэрозолем и называется аэрогелем по сравнению с осевшей пылью. Пыль оказывает серьезное неблагоприятное воздействие на дыхательные пути и легкие. Это может также оказать неблагоприятное воздействие на кожу и глаза в зависимости от его состава и типа. Токсичные или токсичные вещества включают свинец, марганец и хром. Эти частицы пыли могут попасть в организм или на кожу и вызвать острое или хроническое отравление.

По дисперсии (степени измельчения) можно различить пыль: грубая дисперсия - частицы размером более 10 микрон, средняя дисперсия - частицы с размером частиц от 10 до 5 микрон, мелкие и смога, с размером частиц менее 5 микрон. Мелкая пыль представляет наибольшую опасность для организма.

Промышленные объекты, дыхательные пути, вредные вещества в воздухе пищеварительного тракта (пар, газ, пыль) могут попадать в организм человека, вызывая острое и хроническое отравление при определенных условиях, а при попадании в атмосферу и постоянном воздействии и повышенной концентрации приводит к загрязнению.

Наличие чистого воздуха, необходимого химического состава и оптимальной температуры, влажности и скорости движения имеют важное значение для нормальной жизни человека.

Избыточное тепло и влага, загрязняющие воздух, а также газы, пары и пыль, могут быть выделены в процессе и обнаружены в производственной зоне во время работы машины, машины и оборудования.

Работающее оборудование, перемещаемые детали заготовки, цеховой транспорт, а также наличие острых кромок заусенцев на деталях, заготовках, инструменте и оборудовании является источником производственного травматизма – порезов ушибов переломов и т.д. Оборудование при работе выделяет тепло, и разогретый металл при обработке служит источником ожогов и тепловых травм. Все токоведущее и токопоглощающее оборудование при несоблюдении техники безопасности работы на нем может привести к поражению электрическим током.

Важнейшее значение для нормальной жизнедеятельности человека имеет наличие чистого воздуха, необходимого химического состава и имеющего оптимальные температуру, влажность и скорость движения.

В производственных помещениях при работе станков, машин, оборудования, от технологического процесса и нахождения работающих людей могут выделяться избыточное количество тепла и влаги, а также загрязняющих воздух газов, паров, пыли.

Длительное воздействие человеческого шума может привести к частичной

потере слуха, повышению кровяного и внутреннего давления, повышенной утомляемости организма и повышению риска травм. Воздействие вибрации оказывает патологическое воздействие на весь организм человека, что приводит к общей усталости и снижению внимания, что приводит к травмам на работе и хроническим профессиональным заболеваниям.

5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Одним из вредных производственных факторов, действующих в цехах сервисного центра промышленной техники является шум и вибрация. При разработке технологического процесса, при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, до значений не превышающих допустимые применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87 [25]. В качестве средств индивидуальной защиты используют вкладыши, наушники, шлемы.

Средства и методы коллективной защиты от шума делятся на акустические, архитектурно-планировочные, организационно-технические.

К организационно-техническим методам защиты относятся применение малозумных технологий, оснащение шумных машин дистанционным управлением, использование рациональных режимов труда и отдыха.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя рациональные акустические решения планировок зданий, рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов.

Для устранения шума и вибрации в цехе применяются следующие

мероприятия:

а) Станки, установленные на фундаменты, виброизолированные от конструкции здания;

б) Электродвигатели станков, установленные на демпфирующие прокладки;

в) Сопряжение всасывающих и выхлопных воздухопроводов производится при помощи гибких патрубков.

Микроклимат производственных помещений - климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Во всех случаях в воздухе, поступающем внутрь зданий и сооружений через приемные отверстия систем вентиляции и через проемы для естественной приточной вентиляции, содержание вредных веществ не должно превышать 30% ПДК, установленных для рабочей зоны производственных помещений.

Требуемое состояние воздуха рабочей зоны может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими.

2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону.

3. Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

4. Защита от источников тепловых излучений.

5. Устройство вентиляции и отопления.

Вытяжная вентиляция устанавливается на рабочем месте заточки инструмента, а также на рабочем месте электросварщика.

В качестве индивидуальных средств защиты у каждого рабочего должны быть защитные очки. Для удаления стружки из рабочей зоны станка – специальные крючки.

В проектируемом цехе установлено большое количество электрооборудования. Чтобы избежать поражения работающих электрическим током, оборудование необходимо заземлить.

Для защиты от поражения электрическим током также применяют зануление и защитные отключающие устройства.

5.3 Экологическая безопасность.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Вследствие относительной инертности титана считается, что он не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду. 100% титана можно использовать повторно, он не разрушается, и как результат этого не загрязняет окружающую среду [26]. Другие металлы, когда подвергаются действию загрязняющих веществ окружающей среды, разъедаются или разрушаются от коррозии и выделяют ионы металла в грунтовые воды, что является причиной возникновения проблем в окружающей среде. С учетом обязательств, связанных со "спецификацией по строительству без вреда окружающей среде", преимуществами титана считаются его наибольшая степень инертности и наибольший срок службы по сравнению со всеми остальными архитектурными металлами [28]. Титан не оказывает плохое влияние на атмосферу, гидросферу и литосферу.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Таблица 5.2 - Анализ возможных ЧС

Чрезвычайная ситуация	Источники ЧС	Последствия ЧС
Пожар	Пожар, отравления продуктами горения	разрушение машин, ожоги, взрыв
Ураганный ветер	Природный фактор	Разрушение машин, зданий, травмирование и раздавливание людей летающими предметами и их осколками, взрыв

Ливневые дожди	Природный фактор	Затопление территории предприятия, разрушение зданий, летальные исходы
----------------	------------------	--

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

К возникновению ЧС могут привести полное или частичное разрушение технологического оборудования [29].

К основным причинам и факторам, связанным с отказами оборудования относятся:

- опасности, связанные с технологическими процессами;
- физический износ, коррозия, механические повреждения, температурные деформации оборудования или трубопроводов;
- ошибки обслуживающего персонала.

Основными причинами выбросов и утечек нефти могут быть:

- превышение рабочего давления;
- разрушение (полное или частичное) трубопроводов, оборудования и сооружений;
- отказы оборудования и технологических устройств.

Рассматриваются наиболее опасные варианты развития аварии:

- для технологических трубопроводов - связанные с порывом трубопровода на участке с максимальным давлением;
- для насосных - связанные с полным разрушением насоса [30].

5.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Организационные мероприятия касаются области управления ЧС. К ним относится планирование, комплексные проверки состояния объектов ГО, проведение на предприятиях контроля состояния сил и средств на предприятиях, установление персональной ответственности за проведение тех или иных видов работ, направленных на повышение надежности функционирования объекта в условиях ЧС и т. п [27].

Организационные мероприятия касаются области управления ЧС. К ним относится планирование, комплексные проверки состояния объектов ГО, проведение на предприятиях контроля состояния сил и средств на предприятиях, установление персональной ответственности за проведение тех или иных видов работ, направленных на повышение надежности функционирования объекта в условиях ЧС и т. п.

На рис.5.1 показан план эвакуации.

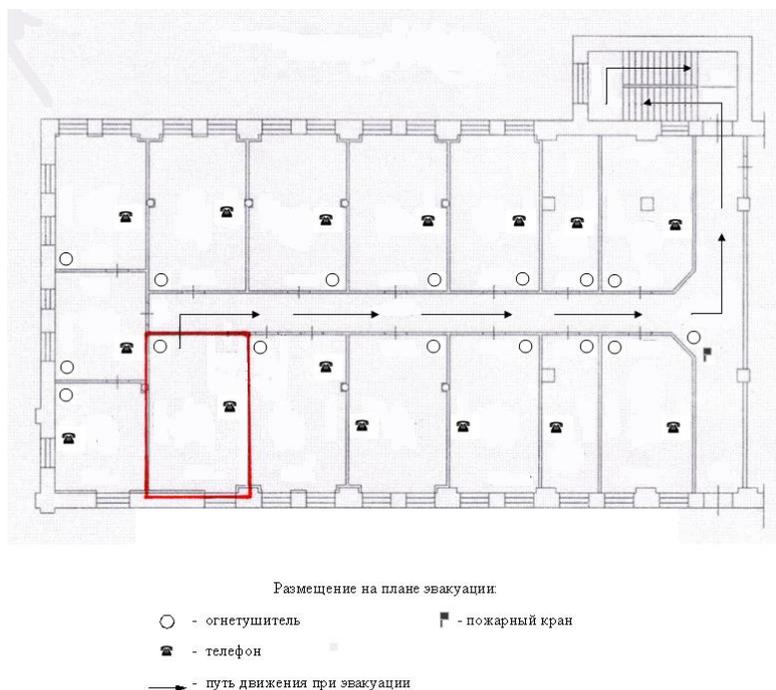


Рисунок 5.1. План эвакуации

Мероприятия по минимизации потерь населения [31]:

Технические:

1. Ведение контроля за системой молниезащиты, за системой пожаробезопасности.
2. Ведение строгого контроля за условиями хранения химически опасного вещества.
3. Хранение СД и ЯВ в специализированных резервуарах и установка на них приборов регистрирующих изменение параметры состояния вещества - в случае разгерметизации срабатывают сигнальные устройства.

Организационно – технические:

1. Установление персональной ответственности за проведение тех или иных видов работ, которые могут вызывать риск возникновения ЧС.
2. Установление ответственности за проведение работ по эвакуации работников предприятия при локализации аварии.
3. Использование сорбента и металлической пены при разливе СД и ЯВ.
4. Ведение работ по прогнозированию возникновения химической опасности.
5. Проведение учений для отработки действий при локализации ЧС.
6. Обучение персонала методам активной защиты и использование СИЗ при возникновении ЧС.

Вывод по главе 5

В этой части был выполнен анализ вредных и опасных факторов, рассмотрена экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях и разработаны действия во избежание опасности. Были обоснованы мероприятия по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов и по предотвращению ЧС и была разработана порядка действия в случае возникновения ЧС. В реальной работе можно использовать их обеспечивать безопасность.

Список использованных источников

[1] Илларионов, А. Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с

[2] Титановые сплавы и их свойства. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/liteynoe-proizvodstvo/titanovyey-splavy.shtml>– Загл. с экрана.

[3] Скворцова С В, Панин П В, Ночовная Н А, et al. Влияние водорода на фазовые и структурные превращения в титановом сплаве ВТ6[J]. Технология легких сплавов, 2011 (4): 35-40.

[4] Титан. Описание, свойства, происхождение и применение металла. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://mineralpro.ru/minerals/titan/> – Загл. с экрана.

[5] Кузьменко Н. Е., Еремин В. В., Попков В. А. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы: Учебное пособие для вузов. — М.: Издательство «Экзамен», 2005.

[6] ВТ1-0 - Титан технический Марочник стали и сплавов. [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1283 – Загл. с экрана.

[7] Ивасишин О М, Саввакин Д Г, Бондарева К А, et al. Производство титановых сплавов и деталей экономичным методом порошковой металлургии для широкомасштабного промышленного применения[J]. 2005.

[8] Анташев В Г, Ночовная Н А, Ширяев А А, et al. Перспективы разработки новых титановых сплавов[J]. Вестник Московского

государственного технического университета им. НЭ Баумана. Серия «Машиностроение», 2011 (SP2).

[9] Скворцова С В, Панин П В, Ночовная Н А, et al. Влияние водорода на фазовые и структурные превращения в титановом сплаве ВТ6[J]. Технология легких сплавов, 2011 (4): 35-40.

[10] Бережко П Г, Тарасова А И, Кузнецов А А, et al. Гидрирование титана и циркония и термическое разложение их гидридов[J]. РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ, 2006.

[11] Чжан Т. Проникновения водорода в титан из сред разного агрегатного состояния[J]. 2018.

[12] Соколов Б К, Соколова Т А, Анисимова Л И, et al. Влияние водорода на усталостное разрушение титанового β -сплава ВТ35[J]. Физическая мезомеханика, 2000, 3(6).

[13] Никитенков Н Н, Чернов И П, Тюрин Ю И, et al. Исследования накопления водорода в циркониевом сплаве методом термостимулированного газовыделения[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2006, 309(4).

[14] Кудияров В Н. Закономерности формирования гидридного обода в оболочечных трубах из циркониевого сплава Э110 при газофазном наводороживании: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 01.04. 07[D]., 2017.

[15] Тютюма В Д. Система уравнений локально неравновесного течения вязкой сжимаемой среды[J]. ЗАСНАВАЛЬНИК–НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ, 2010.

[16] Толкачёв С А, Москвитина Е, Цветкова Т М. Перспективы развития аддитивного производства в США[J]. США и Канада: экономика, политика, культура, 2016 (1): 87-102.

[17] Шестакова, Е. А., Шайхутдинова, Е. Ф., Янбаев, Р. М., & Янбаев, Ф. М. (2014). Технологии селективного спекания для авиастроения. Ползуновский альманах, (2), 21-24.

[18] Баева Л С, Маринин А А. Современные технологии аддитивного изготовления объектов[J]. Вестник Мурманского государственного технического университета, 2014, 17(1).

[19] Chernyshov A.A., Veligzhanin A.A., Zubavichus Y.V. // Structural Materials Science end-station at the Kurchatov Synchrotron Radiation Source: Recent in-strumentation upgrades and experimental results. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2009. V. 603. P. 95-98.

[20] ГОСТ 12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности.

[21] СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

[22] СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

[23] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

[24] ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

[25] ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний

[26] ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.

[27] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

[28] ГОСТ Р ИСО 1410-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного Цикла. Принципы и структура.

[29] ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

[30] ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

[31] Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. No 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).