

Министерство образования и науки 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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Структура и твердость титанового сплава ВТ6, изготовленного методом аддитивных технологий

УДК 669.295.018.539.5.0040.925.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Юань Цзяхун		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е. В.	к.х.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 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	Требования

	безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	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 за последствия своей инженерной деятельности.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> 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.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> 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.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3,ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы	Требования ФГОСЗ+

	<p>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>	<p>(ПК-6, ПК-7, ПК-8)</p>
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>	<p>Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)</p>

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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) 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
150Б42	Юань Цзяхун

Тема работы:

Структура и твердость титанового сплава ВТ6, изготовленного методом аддитивных технологий

Утверждена приказом директора (дата, номер)

02.02.2018 г., 618/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Изучить свойства сплавов ВТ6 и исследовать свойства сплавов ВТ6, полученных с помощью 3D-печати</p>
<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; – Разработка для сплава ВТ6; – Структура и твердость титанового сплава ВТ6, изготовленного методом аддитивных технологий; – Анализ полученных результатов; – Социальная ответственность; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Заключение.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Кинетические кривые сорбции водорода</p> <p>Распределение твердости образцов титанового сплава</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ларионова Е. В.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Черепанова Н. В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Юань Цзяхун		

Министерство образования и науки 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)
01.03.2017	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2017	Исследование структуры и твердости титанового сплава ВТ6 полученного аддитивными методами	15
30.12.2017	Исследование влияния водорода на свойства сплава ВТ6 полученного аддитивными методами	20
30.04.2018	Анализ результатов	15
25.05.2018	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15

25.05.2018	Заключение	5
------------	------------	---

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Юань Цзяхун

Школа	ИЯТШ	Отделение	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; информационных; человеческих; 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость сырья Размер заработной платы 2. Амортизационные расходы 3. Нормы амортизации – 20%, районный коэффициент – 1,3; коэффициент дополнительной зарплаты – 12% 4. Отчисления во внебюджетные фонды – 27 %
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Планирование научно-исследовательских работ 3. Составление бюджета внедрения инженерного 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение ресурсной (ресурсо-сберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. 4. Расчет основной заработной платы исполнителей темы. 5. Расчет отчислений на социальные нужды. 6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Календарный график проведения НИ 4. Бюджет проект

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Юань Цзяхун		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Юань Цзяхун

Школа	ШБИП	Отделение	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Технический процесс заключается в насыщении водородом металлов с помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller, В процессе возникли следующие вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электромагнитное излучение; 2. Огонь и взрыв при нагревании; 3. Жара не является своевременной причиной пожара и взрыва; 4. Шум. <p>Возможно, возникают пожар и взрыв газовых баллонов, и пожар в процессе работы.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический 	<p>1.1 Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой:</p> <p style="padding-left: 40px;">Электромагнитное излучение;</p> <p style="padding-left: 40px;">Электробезопасность</p> <p style="padding-left: 40px;">Пожар взрывоопасность</p> <p>1.2 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <p style="padding-left: 40px;">пожаровзрывобезопасность (соблюдение правил</p>
--	---

<p>документ);</p> <ul style="list-style-type: none"> – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты) 	<p>безопасности и эксплуатации установки).</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>2. Охрана окружающей среды:</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p><i>3. Возможные чрезвычайные ситуации являются: ситуации природного характера. К мерам по предупреждению будут относиться: 1. Планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действиям в условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.</i></p>

<p>4. 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><i>4. Правовые вопросы обеспечения безопасности</i></p>
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е. В.	К.Х.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Юань Цзяхун		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 29 рисунков, 14 таблицу, 21 литературных источников, 0 приложений.

Ключевые слова: Технология ЕВМ, титановый сплав ВТ6, взаимодействие водорода с титаном.

Объектом исследований являлся титановый сплав ВТ6, полученный методом аддитивного производства, его структура и свойства. С помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller было определено влияние структуры исследуемого материала на взаимодействие водорода. Проведено сравнение свойств титанового сплава, полученного методом аддитивного производства и титанового сплава, полученного традиционным методом прокатки.

Целью данной работы являлось сравнительный анализ различий в структуре, механических свойствах и взаимодействии с водородом титанового сплава ВТ6, полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подготовка образцов, исследование поверхности и зеренной структуры образцов титанового сплава ВТ6;
2. Исследование микротвердости титанового сплава полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ);
3. Исследование сорбции водорода на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller;
4. Исследование микротвердости титанового сплава полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ) после насыщения водородом.

Оглавление	
РЕФЕРАТ	
ВВЕДЕНИЕ.....	21
ГЛАВА 1. Литературный обзор	
1.1 Структура и свойства изделий из титановых сплавов, полученных методом электронно-лучевого сплавления.....	23
1.2 Влияние водорода на структуру и твердость титановых сплавов.....	30
ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования	
2.1 Материал исследований и подготовка образцов.....	35
2.2 Метод электронно-лучевого сплавления – метод аддитивного производства.....	38
2.3 Исследование поверхности и зеренной структуры титановых сплавов методом оптической микроскопии	40
2.4 Метод измерения микротвердости.....	41
2.5 Газофазное насыщение водородом титанового сплава ВТ6.....	45
ГЛАВА 3. Результаты экспериментальной работы и их обсуждение	
3.1 Поверхность и зеренная структура титанового сплава ВТ6.....	48
3.2 Накопление водорода титановым сплавом ВТ6.....	49
3.3 Микротвердость титанового сплава ВТ6.....	53
ГЛАВА 4. Социальная ответственность	
4.1 Производственная безопасность.....	60
4.1.1 Электромагнитное излучение;.....	60

4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67
4.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	69
4.5	Выводы.....	71
ГЛАВА 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....		72
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	73
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	73
5.1.2	SWOT-анализ.....	74
5.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	79
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	79
5.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	83
5.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	83
5.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	86
5.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	88
5.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	88
5.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	91
5.3.6	Накладные расходы.....	92
5.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского	

проекта.....	92
5.4 Вывод.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Титановые сплавы представляют собой металлы, содержащие смесь титана и других химических элементов. Такие сплавы обладают очень высокой прочностью на растяжение и вязкостью (даже при экстремальных температурах). Они легкие по весу, обладают исключительной коррозионной стойкостью и способностью выдерживать экстремальные температуры. Однако высокая стоимость как сырья, так и переработки ограничивает их использование для военных применений, самолетов, космических аппаратов, медицинских устройств, высоконапряженных компонентов, таких как шатуны на дорогих спортивных автомобилях, а также премиальное спортивное оборудование и бытовая электроника [3]. В этой связи разработка новых методов изготовления изделий из титановых сплавов является актуальной задачей.

Новым методом применения титановых сплавов в промышленности стала 3D печать. Концепция печати в широком смысле включает нанесение капель или частиц, которые плавят с образованием слоя, имеющих различные размеры. В 3D-печати, такие слои образуются друг над другом, образуя изделие необходимой формы и размера. Данные технологии называют аддитивным производством (Additive Manufacturing)[1].

Аддитивное производство (AM) представляет процесс добавления материала при создании изделия, а не традиционный метод производства, при котором излишки материала удаляются из заготовки изделия. AM является новой передовой технологией производства, в котором изделие производится слой за слоем. Примером таких процессов AM являются методы селективного лазерного плавления (SLM) и электронно-лучевой плавки (EBM). В SLM, источником тепла является лазер, а в EBM это электронный пучок. Оба метода привлекают большее внимание

исследователей в аэрокосмической, биомедицинской и инженерных областях. Основные преимущества проявляются при создании прототипов изделий. Для этих процессов характерна высокая скорость производства изделий и в тоже время относительно низкая цена производственного оборудования. В то же время, АМ позволяет печатать изделия с высокой точностью, со сложной внутренней структурой и сложной внешней формой [2].

Таким образом объектом исследований был выбран титановый сплав ВТ6, составляющий до 90% из общего количества производимых титановых сплавов. С помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller было определено влияние структуры исследуемого материала на взаимодействие водорода. Проведено сравнение свойств титанового сплава полученного методом аддитивного производства и титанового сплава полученного традиционным методом прокатки.

Целью данной работы являлось сравнительный анализ различий в структуре, механических свойствах и взаимодействии с водородом титанового сплава ВТ6, полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подготовка образцов, исследование поверхности и зеренной структуры образцов титанового сплава ВТ6;
2. Исследование микротвердости титанового сплава полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ);
3. Исследование сорбции водорода на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller;
4. Исследование микротвердости титанового сплава полученного традиционным методом и методом аддитивного производства (ЕВМ) после насыщения водородом.

ГЛАВА 1. Литературный обзор

1.1 Структура и свойства изделий из титановых сплавов, полученных методом электронно-лучевого сплавления

Метод EBM использует интенсивный электронный пучок высоких энергий для селективного расплавления проводящих металлических порошков. Сообщается, что процесс EBM используется для производства деталей из различных материалов, таких как Ti-6Al-4V, Ti-48Al-2Cr-2Nb (Biamino et al., 2011)[4], CoCr сплавы (Murr et al., 2011)[5] и стали H13 (Cormier et al., 2004)[6]. Сегодня технология EBM используется для производства, среди прочих приложений, индивидуальных биомедицинских продуктов из титана с уникальными геометрическими особенностями, например, чашечки вертлужной впадины для замены тазобедренного сустава. Тем не менее, поверхности, обработанные EBM, были довольно грубыми, содержащими рифленую структуру с видимыми спеченными порошковыми зернами. Для продуктов, где важна гладкая поверхность, необработанная шероховатость поверхности, возникающая из-за EBM, может быть неблагоприятной. Кроме того, при производстве маленьких компонентов (<1 см) с высоким уровнем детализации точности размеров продукта будут затронуты и детализация может быть потеряна.

Поскольку EBM использует плавленные слои, уложенные друг на друга друг над другом для создания деталей, толщина слоя влияет на разрешение сборки. Ранние версии оборудования для получения изделий методом EBM использовали 100 мкм в качестве стандартной толщины слоя. В настоящее время установки обеспечивают толщину стандартного слоя на уровне до 50-70 мкм. Для печати методом EBM используется порошок с размером частиц 45-100 мкм. Для селективного лазерного плавления (SLM), который является AM-процессом, который использует лазер в качестве источника энергии, в

настоящее время может быть получена более тонкая морфология поверхности, чем с EBM. Yasa et al. изучили морфологию поверхностей деталей, изготовленных лазером (Yasa et al., 2011)[7], где Murr et al. сравнили поверхности как с EBM, так и с лазерными деталями (Murr et al., 2009b)[5]. В SLM используется более тонкая толщина слоя по сравнению с EBM, обычно используется 20-30 мкм вместе с размером порошка 25-45 мкм (Mangano et al., 2010)[8]. Однако некоторыми исследователями сообщается и о толщине слоя до 2 мкм. Для SLM также сообщалось об использовании размеров порошка размером от 1 до 10 мкм. Гибсон[9] заявили, что использование порошков с меньшими размерами позволит обеспечить более тонкую толщину слоя и тем самым получить более тонкую морфологию поверхности. Размер пятна источника энергии также может влиять на морфологию поверхности (Safdar et al., 2012)[10].

Ранее в нескольких статьях были опубликованы исследования характеристик сборки EBM. Cormier et al., 2004[6]. изучили микроструктурную эволюцию Ti-6Al-4V, обработанную с использованием аддитивной технологии. Murr et al. охарактеризовали технологию EBM в аспекте механических свойств и сравнили ее с коваными образцами (Murr et al., 2009a)[5]. Фаччини и др. изучили свойства растяжения и микроструктуру деталей, полученных через EBM, после горячего изостатического прессования (Facchini et al., 2009)[11]. Микроструктура и механические свойства слитков Ti-6Al-4V, расплавленных электронным пучком (а не описанный здесь EBM-процесс), были исследованы.

Металлический титан быстро создает устойчивый защитный поверхностный оксидный слой при воздействии кислорода (Leyens and Peters, 2008)[12]. Для титана, который обрабатывается путем распиловки, фрезерования или штампования новая поверхность будет подвергаться воздействию атмосферы (Lütjering and Williams, 2007)[13]. В этих условиях титан будет менее чем через 1 с взаимодействовать с кислородом в

атмосфере и создать слой оксида толщиной 2-7 нм. Точная толщина зависит от условий, таких как максимальная температура, достигнутая во время работы, состав металла и окружающая среда. Защитный слой оксида влияет на свойства поверхности, такие как свойства износа, морфология поверхности, свойства трения и свойства адгезии. Для биомедицинских применений оксидный слой также имеет важное значение. Оксидный слой защитит от коррозии в агрессивной среде в организме человека. Эксперименты с рентгеновской дифракцией на месте (TRXRD) проводились на месте для отслеживания эволюции последовательности фазового превращения $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow L \rightarrow \beta \rightarrow \alpha / \alpha$ во время сварки вольфрамовой дугой Ti-6Al-4V[14]. Синхротронное излучение использовалось для измерений *in situ* как в зоне сплавления (FZ), так и в зоне термического влияния (HAZ) сварного шва, обеспечивая информацию о скоростях преобразования в условиях быстрого нагрева и охлаждения. Данные TRXRD были связаны с результатами вычислительных термодинамических прогнозов фазовых равновесий и численного моделирования температур сварки. Результаты показывают, что необходим значительный перегрев над температурой β -перехода, чтобы завершить преобразование $\alpha \rightarrow \beta$ при нагреве шва и что количество перегрева уменьшается с расстоянием от центра сварного шва, где скорости нагрева ниже. Модель фазового преобразования Джонсона-Мель-Аврами дала набор кинетических параметров для предсказания фазового превращения $\alpha \rightarrow \beta$ при нагреве шва. Соответствующие измерения TRXRD проводились при охлаждении сварного шва. Было показано, что трансформация $\beta \rightarrow \alpha$ при охлаждении сварного шва инициируется при температуре β -перехода и заканчивается ниже температуры M_s , в результате чего образуется микроструктура, содержащая значительную долю «мартенсита». Показано, что в FZ трансформация $\beta \rightarrow \alpha$ при охлаждении сварного шва инициируется ниже температуры M_s и полностью превращает микроструктуру в α 'мартенсит.

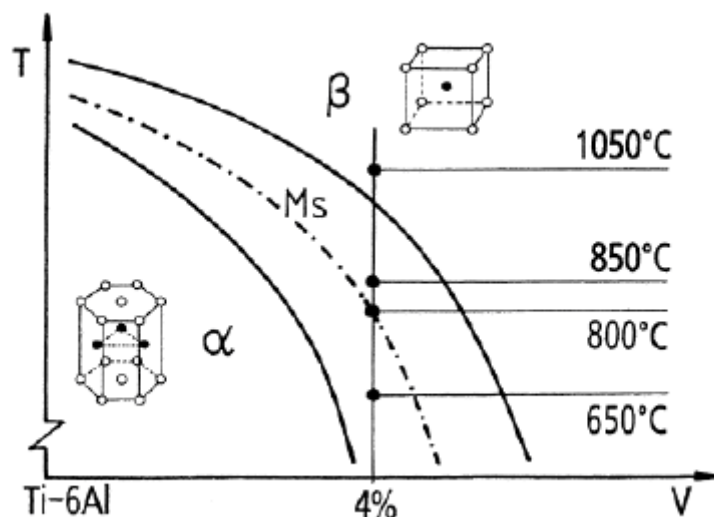


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма Ti-6Al-4V [15]

Экспериментальные результаты показывают, что при переработке сплава в поле β -фазы происходила динамическая и / или метадинамическая рекристаллизация. Модель, встраивающая фундаментальные металлургические принципы динамической рекристаллизации (DRX) в метод клеточного автомата (СА), смоделировала количественно и топографически микроструктурную эволюцию и соотношение напряжений и деформаций потока во время термомеханической обработки [16]. При моделировании на физическую модель DRX рассчитывали изменение плотности дислокаций и кинетику роста зерна каждого динамически рекристаллизующегося зерна (R-зерно), а кривая пластического течения вычислялась непосредственно из изменения плотности дислокаций матричных зерен и R-зерна. Равновесный рост R-зерен был имитирован с использованием метода СА. Изучено влияние скорости деформации и температуры на микроструктурную эволюцию напряжение потока при динамической рекристаллизации.

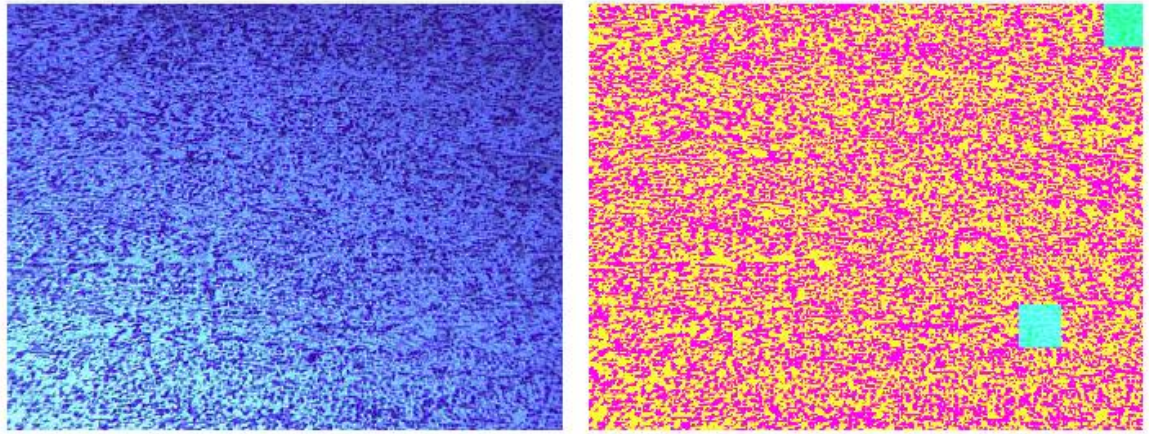


Рисунок 2– Образец исходного образца Alpha и Beta (слева) и выходная классификация (справа) с использованием дескриптора Tamura. Голубые области были (ошибочно) классифицированы как Alpha + Beta. Желтые пиксели классифицируются как альфа-и фиолетовые пиксели в виде бета-версии [14]

Исследование горячей деформации сплава Ti-6Al-4V проводилось путем проведения испытаний на горячее сжатие при температурах 800-1150 ° C и при скоростях деформации в диапазоне от 0,001 с⁻¹ до 1 с⁻¹ с интервалом порядка величина [12]. Проанализированы кажущиеся различия кривых напряжений потока в двухфазных $\alpha + \beta$ и однофазных β -областях в зависимости от различной зависимости напряжения потока от температуры и скорости деформации и различных микроструктурных эволюций. Значения чувствительности к скорости деформации и кажущейся энергии активации были получены соответственно как 0,20 и 530 кДж / моль для двухфазной микроструктуры. Однако для однофазной β -микроструктуры они были приблизительно равны 0,19 и 376 кДж / моль соответственно. Было обнаружено, что в двухфазной области значения деформаций, соответствующих пиковой точке, ϵ_r , и самой высокой скорости размягчения потока ϵ^* , почти не зависят от параметра Зеннера-Холломона. В однофазной области ϵ_r и ϵ^* показали прямую связь с параметром Z и были предложены

соответствующие

эмпирические

уравнения.

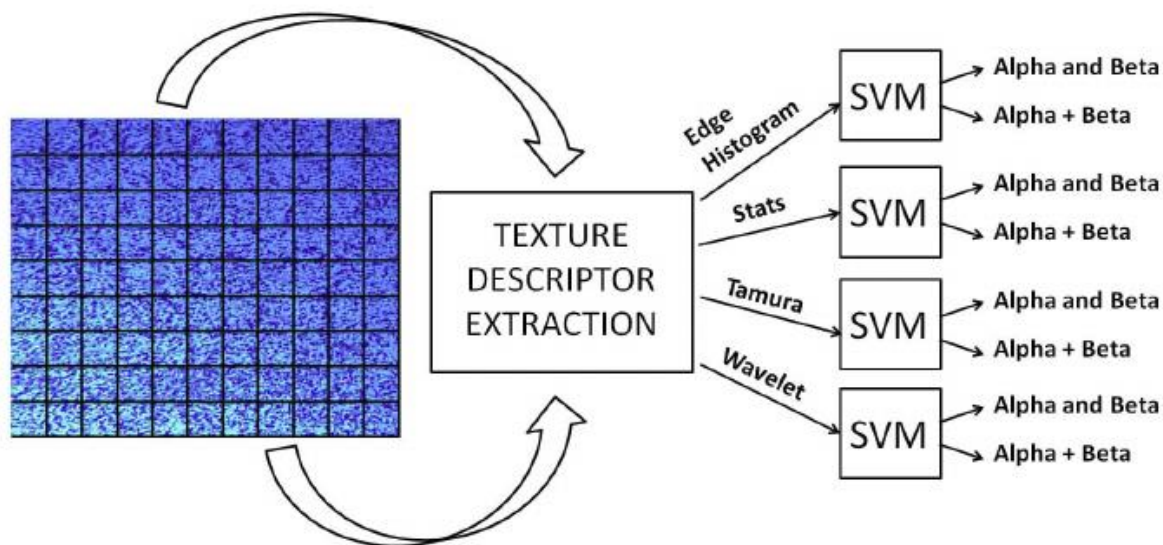


Рисунок 3 –Общая схема предлагаемой системы

Поверхность

Совокупность границ, разделяющих различные физические состояния, или фазы, называется поверхностью или границей раздела[19].

Концепция поверхности применяется в физике, инженерном деле, и прочих областях при изучении физических объектов. Интуитивно простую поверхность можно представить как часть плоскости, подвергнутый непрерывным деформациям (растяжениям, сжатиям и изгибаниям).

Поверхность твердого тела в общем случае представляет собой довольно сложную систему, структура и состояние которой зависят от физико-механических свойств исходного материала, обработки поверхности, внешних воздействий (приложения нагрузки, наличия трения, влияния окружающей среды и др.) и изменяются во времени в процессе этих воздействий. Поверхность твердого тела, по сравнению с его внутренним строением, имеет ряд особенностей. Любой атом, расположенный внутри твердого тела с идеальной кристаллической решеткой, находится в состоянии подвижного устойчивого равновесия, поскольку для него по всем

направлениям интенсивность силового поля одинакова. В ином положении оказываются атомы, которые находятся у поверхности; они имеют только односторонние связи, в объеме металла, поэтому их состояние неуравновешенное, неустойчивое; они более активны, обладают избыточной энергией (свободной) по сравнению с атомами, находящимися в объеме. Обычно поверхность твердых тел покрыта неровностями и субмикроскопическими трещинами. Самые чистые металлические поверхности имеют неровности высотой 0,05 - 0,1 мкм, а наиболее грубые металлические обработанные поверхности - 100 - 200 мкм, которые располагаются обычно на волнистой поверхности с шагом волны 1000 - 10000 мкм.

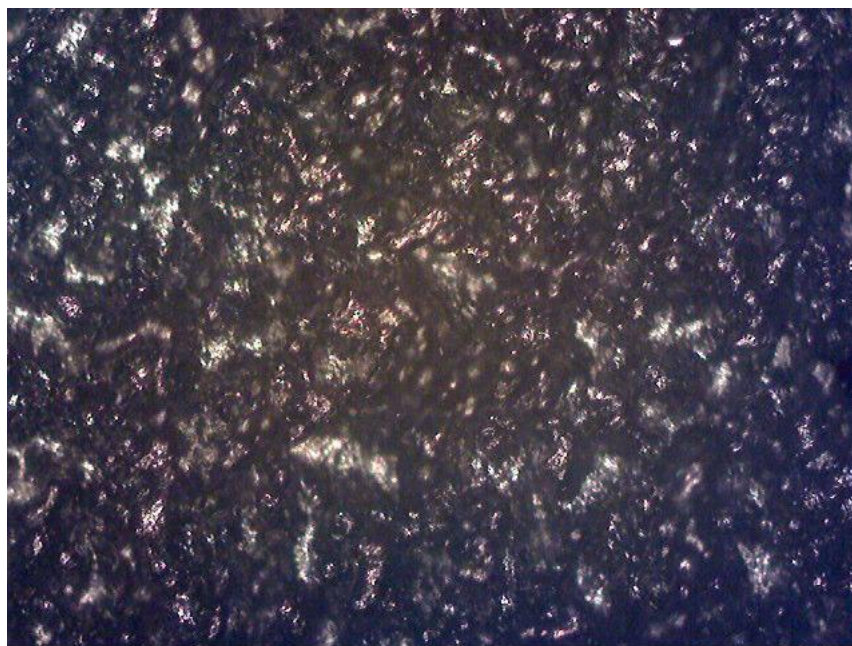


Рисунок 4– Поверхность образца, полученного методом ЕВМ(Ti-6Al-4V)
перед шлифованием

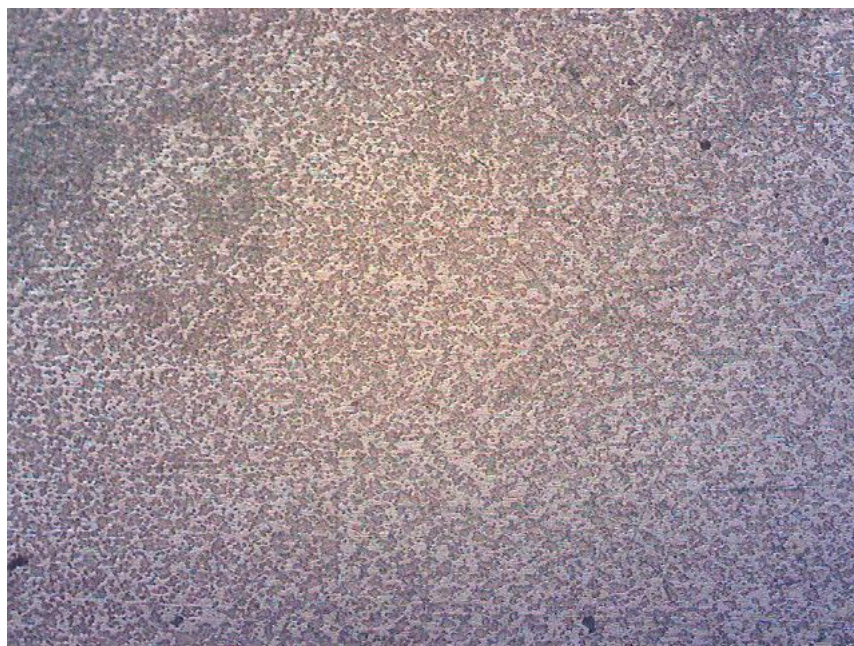


Рисунок 5– Поверхность образца, полученного методом EBM(Ti-6Al-4V)
после шлифования

1.2 Влияние водорода на структуру и твердость титановых сплавов

Титановые сплавы обеспечивают отличную комбинацию соотношения прочность/вес и отличную коррозионную устойчивость. Это делает титановые сплавы крайне важными современными материалами для различного применения, в частности, для аэрокосмического, морского, медицинского, а также некоторых других специфичных областей гражданской индустрии. Хотя титановые сплавы обладают высокой химической стойкостью, при использовании изделий из титановых сплавов в контакте с водород содержащимися средами могут возникать проблемы связанные с активным взаимодействием титана с водородом, когда захватывается достаточное количество водорода, особенно при повышенных температурах. Уровень и скорость взаимодействия водорода с титаном определяется микроструктурой и составом титановых сплавов. Титан и титановые сплавы взаимодействуют с водородом с выделением энергии, в отличие, например от железа.

Взаимодействие водорода с титаном и его сплавами осложняется чередой аллотропных фазовых превращений с том числе с образованием устойчивых гидридов. При температурах выше 500 °С в системе титан — водород существуют три фазы: α - фаза (с плотноупакованной гексагональной решеткой), β - фаза (с о.ц.к. решеткой) и γ -фаза (с г.ц.к. решеткой). α - фаза и β - фаза являются низко- и высокотемпературными аллотропическими формами металлического титана, γ -фаза соответствует гидриду, найденному Хэггом и Шипко[20] при температурах ниже 500 °С. Из правила фаз следует, что в однофазных сплавах равновесное давление водорода будет изменяться с изменением его содержания, тогда как в двухфазных областях давление будет оставаться постоянным. Горизонтальные участки кривых давление — концентрация указывают на то, что при этом составе, давлении и температуре существуют двухфазные сплавы.

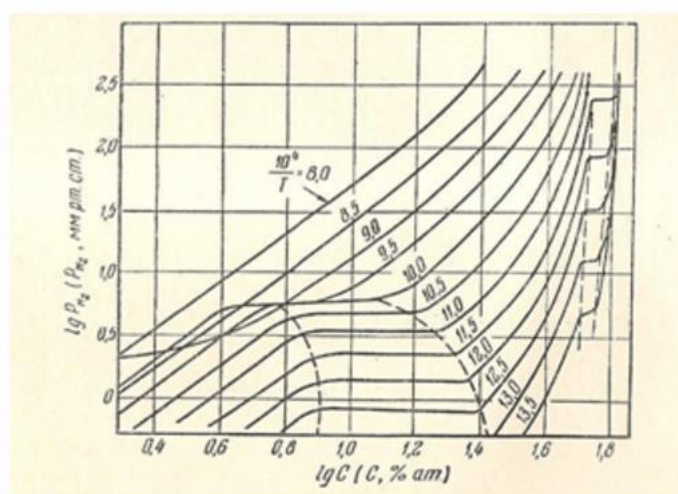


Рисунок 6– Кривые зависимости концентрации от давления при постоянной температуре для системы водород – титан [15]

γ -фаза присутствует при достаточной концентрации водорода и имеет структуру при которой атом водорода занимает позиции внедрения в кристаллической решетке и окружен до четырех атомов титана. Эта фаза может быть отнесена к фазам внедрения и подобна промежуточным фазам в

обычных сплавах. Превращения титана и переход в гидрид титана хорошо демонстрирует диаграмма титан-водород.

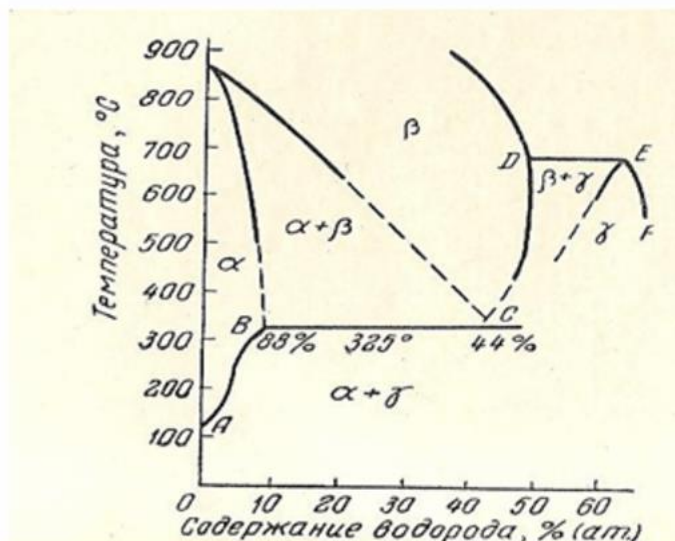


Рисунок 7—Диаграмма равновесия титан-водород (при давлении водорода 760 мм.рт.ст.)[15]

Представленная на рисунке 7 диаграмма хорошо описывает только двойную систему чистый титан –водород при давлении водорода не выше одной атмосферы. При изменении чистоты титана или при насыщении водородом многокомпонентного сплава титана фазовая диаграмма может существенно изменять свой вид. Также на процессы взаимодействия влияет и давление водорода. Внедрение водорода стабилизирует β -фазу в области низких температур. При снижении температуры и достаточных концентрациях водорода происходит образование двухфазных состояний содержащих α -фазу и γ -фаза в виде гидрида титана.

Это превращение происходит приблизительно при 325 °С. Растворимость водорода в металлическом α -титане в твердом состоянии возрастает от 0,1% (ат.) при комнатной температуре до 8% (ат.) при эвтектоидной температуре; при температуре выше эвтектоидной β -фаза в присутствии водорода находится в стабильном состоянии. Растворимость

водорода в β -титане при этой температуре соответствует эвтектоидному составу. Растворимость водорода в β -фазе значительно выше по сравнению с α -титаном.

Часть примесей в титане стабилизируют β -фазу, поэтому в ряде сплавов и не особо чистом титане β -фаза сохраняется и при низких температурах по границам зерен и в виде выпадений отдельными зернами. Образование и сохранение β -фазы обеспечивает более высокую растворимость водорода по сравнению с особо чистым титаном. Изменяется и фазовая диаграмма титан-водород.

Технический титан

Так как добиться отсутствия β -фазы в техническом титане крайне сложно, точно определить растворимость водорода затруднительно. При концентрации водорода до 0,26 % получить гидридные выпадения из твердого раствора сложно, при любой скорости охлаждения, из-за присутствия β -фазы по границам зерен. При этом в той же концентрации в особо чистом титане гидриды образуются. Так как растворимость водорода в β -фазе существенно выше, чем в α -фазе, состояние и форма присутствия водорода определяется составом сплава или примесями в чистом титане, и в конечном счете присутствием элементов стабилизирующих β -фазу. Воздействие на механические свойства титана и его сплавов водорода проявляются сильнее чем на особо чистый титан. При достижении концентрации водорода до уровня 12% атомных, пластичность снижается до 10%, в то время как без водорода пластичность достигает до 70%. В титане высокой чистоты такое снижение пластичности наблюдается при содержании водорода свыше 30% (ат.). Снижение сопротивления удару падает до нуля при концентрации водорода около 1%, а чистом титане такого поведения при этой концентрации не наблюдается.

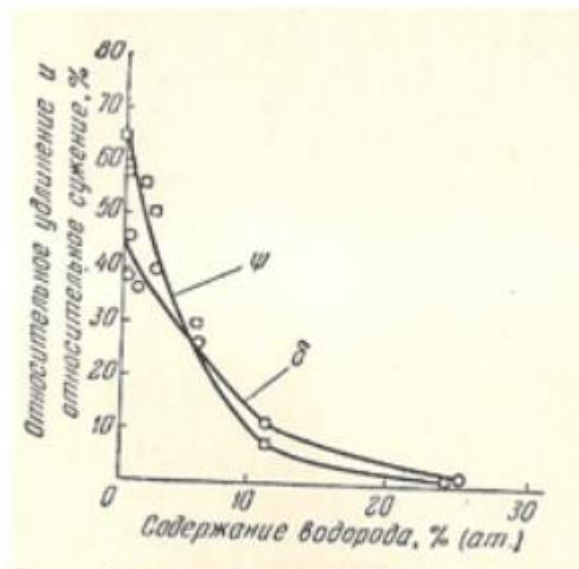


Рисунок 8– Изменение пластичности технически чистого титана в зависимости от содержания водорода.

Ввиду того, что необратимые изменения механических свойств наблюдаются уже при концентрациях до 1%(ат.) для исследований выбраны три концентрации при которых изучалась микротвердость сплава ВТ6 0,1%, 0,3% и 0,8% (ат.)

ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования

2.1 Материал исследований

Титан и его сплавы труднее подготовить для металлографического исследования, чем стали. Они имеют намного меньшие скорости измельчения и полировки. Деформационное двойникование может быть индуцировано в альфа-сплавах чрезмерно агрессивными процессами секционирования и шлифования. Наиболее безопасно монтировать относительно чистые образцы Ti в литых («холодных») смолах, а не использовать установку горячего сжатия из-за возможности изменения содержания гидрида и морфологии. Устранение размытия и царапин во время подготовки может быть довольно сложным, особенно для чистого Ti. Образец металла, специально приготовленный для исследования его структуры, называется микрошлифом. Изготовление микрошлифов включает несколько операций.

Вырезку образца из объекта исследования производят в том его участке, который дает характеристику внутреннего строения всего исследуемого материала и отвечает цели исследования.

Шлифование осуществляют на плоском твердом основании, расположенном горизонтально, или на вращающемся круге, на поверхности которого закреплена наждачная бумага. Для получения качественной поверхности микрошлифа при шлифовании последовательно переходят от одной шкурки к другой и т.д. с непрерывно уменьшающимися размерами абразивных частиц и при этом при каждой смене шкурки поворачивают образец на 90°; что позволяет полностью уничтожить риски, оставшиеся от предыдущей шлифовки. Периодически шлифование прерывают, остатки абразива удаляют со шлифа, протирая его ватным тампоном. После

окончания шлифования образец промывают в проточной воде и промокают фильтровальной бумагой.

Полированием удаляют оставшиеся после тонкого шлифования мелкие дефекты поверхности, риски. Применяют механический, химико-механический и электрохимический способы полировки. Механическое полирование проводят на полировальном станке. Вращающийся диск этого станка покрыт сукном, на которое наносят очень тонкий абразив, специальные полировальные пасты ГОИ или алмазные пасты. Полировка заканчивается после получения зеркально гладкой обрабатываемой поверхности. После полировки шлиф может быть исследован под микроскопом

Травление - группа технологических приёмов для управляемого удаления поверхностного слоя материала с заготовки под действием химических веществ. Ряд способов травления предусматривает активацию травящих реагентов посредством других физических явлений, например, наложением внешнего электрического поля при электрохимическом травлении, ионизацией атомов и молекул реагентов при ионно-плазменном травлении и т. п.

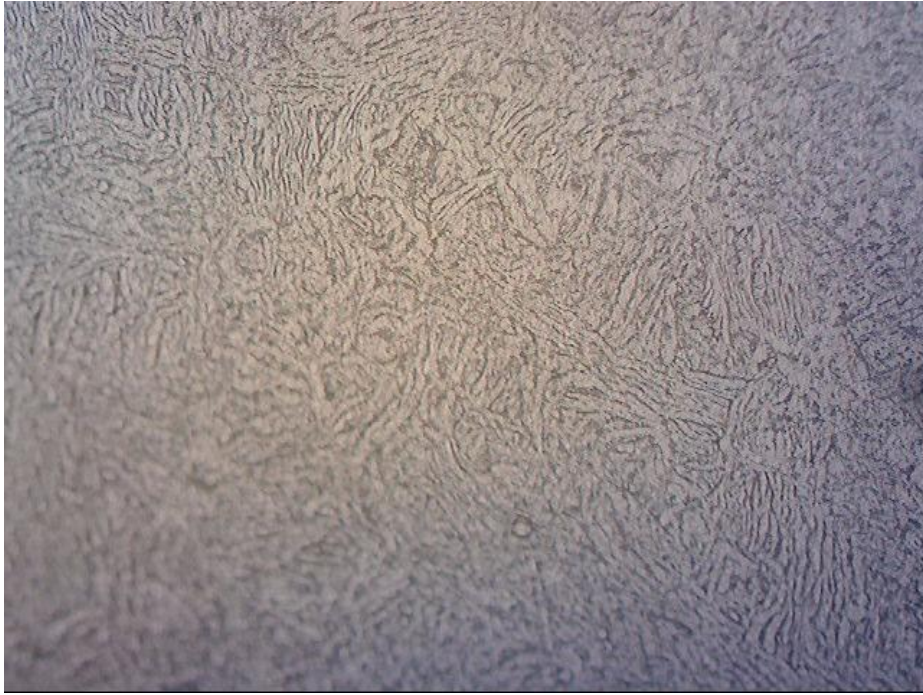


Рисунок 9– Поверхность образца титанового сплава полученного методом
EBM после травления реактивом Кролла



Рисунок 10–Поверхность образца титанового сплава листового проката после
травления реактивом Кролла

2.2 Метод электронно-лучевого сплавления (EBM)

Электронно-лучевое плавления (EBM) представляет собой быстрый процесс производства, в настоящее время широко используется в 3D-печати.

В качестве источника нагрева в методе электронно-лучевого сплавления используется вольфрамовый нагреватель для генерации электронного пучка. Этот метод позволяет использовать материалы с высокой температурой плавления, но у него есть и недостатки - достаточно большое потребление энергии. В основном используется в производстве огнеупорных и химически активных металлов и термостойких сплавов. Кроме того, этот метод широко используется в машиностроении, медицинской и других областях, является одним из основных в технологии 3D печати. Главным недостатком электронно-лучевого сплавления является образование сферических пор в процессе производства деталей.

В электронно-лучевом плавлении (EBM) металлический порошок подается из накопителя и равномерно распределяется по плоскости при помощи лопаток поперек пластины, размер которых обычно составляет 200 мм × 200 мм. Как правило, толщина слоя порошка составляет от 50 мкм до 200 мкм. В отличие от лазерного луча электронный пучок выполняет роль нагревателя для плавления порошка. Электронный пучок формируется в электронной пушке, прежде чем он ускоряется с ускоряющим напряжением 60 кВт. Фокусировка пучка происходит при помощи электромагнитных линз и направляется магнитной катушкой в заданных местах плоскости. Мощность, фокусировка и скорость сканирования электронного пучка, как правило, определяется выбором тока пучка, областью фокусировки и функции скорости соответственно. Сначала порошковый слой подогревается дефокусированным пучком, дефокусированный пучок сканирует несколько раз слой порошка. Использование больших значений тока пучка (более 30 мА) и скорости сканирования 104 мм/с, температура > 700 ° С необходимы для печати сплава ВТ6. Для меди достаточно использовать температуру 550

°С. Это приводит не только к нагреву порошка, но также и к спеканию частиц. Для того, чтобы обеспечить полное расплавление металлического порошка, ток пучка и скорость плавления уменьшают до $\approx 10^2$ мм/с и 5-10 мА соответственно во время последующего плавления с определенной последовательностью. После цикла сплавления, основу опускают, затем на нее наносится следующий слой металлического порошка. Процесс нанесения порошка, его распределение, сканирование верхнего слоя и опускание пластины основы повторяется до тех пор, пока изделие не будет закончено. Эксплуатационная атмосфера для процесса EBМ в основном вакуум $< 10^{-2}$ Па.

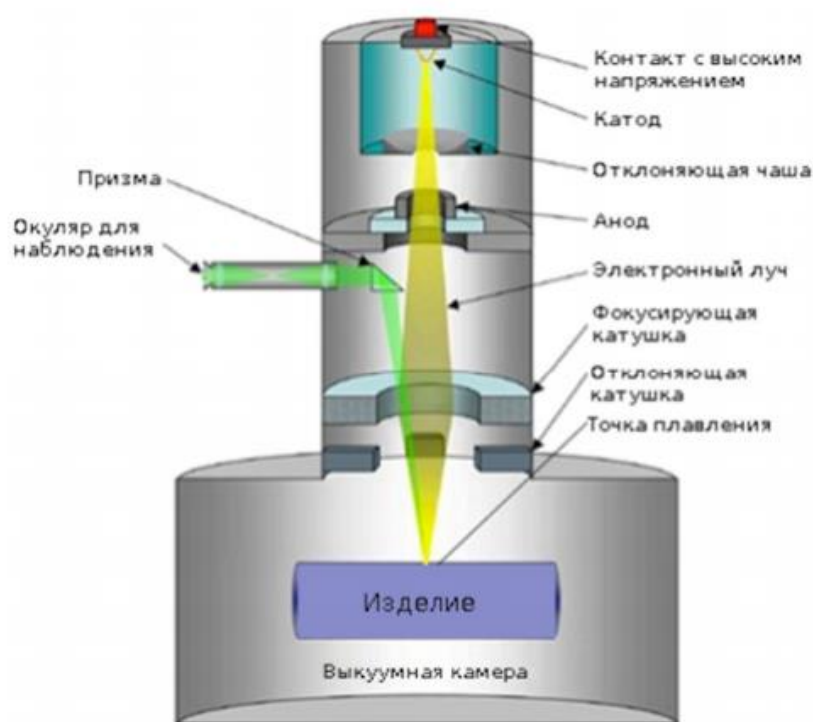


Рисунок 11– Принципиальная схема электронно-лучевой плавки (EBM)[21]

2.3 Оптическая микроскопия

Микроскопы МЕТАМ ЛВ являются серией микроскопов, предназначенных для исследования и фотографирования микроструктуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов в отраженном свете в светлом поле при прямом и косом освещении, в темном поле, в поляризованном свете и по методу дифференциально-интерференционного контраста (ДИК).

Комплект оптики микроскопа обеспечивает получение стандартных увеличений при визуальном наблюдении, при рассматривании изображения объекта на демонстрационном экране, при фотографировании объекта на листовую и рулонную фотопленку.

Особенностью микроскопов МЕТАМ ЛВ является применение объективов сверхширокого поля без хроматической окраски по контуру и широкоугольных окуляров, что позволяет добиться высокой контрастности изображений исследуемых объектов. За счет применения растровой осветительной системы повышена равномерность освещенности объекта.

Шкалы и сетки, входящие в комплект микроскопа, обеспечивают возможность количественной оценки микроструктуры объекта по балльным шкалам.

Микроскоп применяется в металлографических лабораториях научно-исследовательских институтов и на предприятиях металлургической, микроэлектронной и машиностроительной промышленности.

В микроскопе ЛВ-31 применяется метод дифференциально-интерференционного контраста (ДИК).

Микроскопы позволяют рассматривать изображение объекта и производить его фотографирование. За счет применения растровой осветительной системы повышена равномерность освещенности объекта. Технические характеристики: Увеличение: 50х-1500х Окуляры: 10х/18, 15х/12 Объективы: 5х, 10х, 20х, 50х, 100х/0.95, 100х/1.32 МИ



Рисунок 12–Микроскоп Метам ЛВ-31

2.4 Метод измерения твердости

Метод Виккерса часто проще в использовании, чем другие испытания на твердость, потому что требуемые расчеты не зависят от размера алмазного индентора, а индентор может использоваться для всех материалов. Основным принципом метода Виккерса, как и для всех общих мер твердости, заключается в том, чтобы наблюдать способность материала сопротивляться пластической деформации из стандартного источника. Метод Виккерса может использоваться для всех металлов и имеет один из самых широких

масштабов среди испытаний на твердость. Единица измерения твердости, данная тестом, известна как показатель Виккерса (HV) или твердость алмазной пирамиды (DPH). Номер твердости можно преобразовать в единицы паскалей, но не следует путать с давлением, которое также имеет единицы паскалей. Число твердости определяется нагрузкой по площади поверхности отступа, а не нормалью к силе и, следовательно, не является давлением. Так как тестовый отступ очень мал в тесте Виккерса, он полезен для различных применений: тестирование очень тонких материалов, таких как фольга, или измерение поверхности детали, мелких деталей или небольших областей, измерение отдельных микроструктур или измерение глубины.

Инденторы должны быть способна производить геометрически похожие отпечатки, независимо от размера; отпечатки должны иметь четко определенные точки измерения; и индентор должен иметь высокую устойчивость к самодеформации. Этим условиям удовлетворяет алмазный индентор в виде квадратной пирамиды. Было установлено, что идеальный размер отпечатка Бринеллю был $3/8$ диаметра шарика. Поскольку две касательные к окружности на концах хорды $3d/8$ пересекаются с длинами в 136° , было принято решение использовать это как включенный угол индентора, давая угол горизонтальной плоскости 22° с каждой стороны. Угол варьировался экспериментально, и было обнаружено, что величина твердости, полученная на однородном куске материала, оставалась постоянной, независимо от нагрузки. Соответственно, нагрузки различных величин применяются к плоской поверхности в зависимости от твердости измеряемого материала. Затем число HV определяется отношением F/A , где F - сила, приложенная к алмазу в килограммах, а A - площадь поверхности полученного углубления в квадратных миллиметрах.

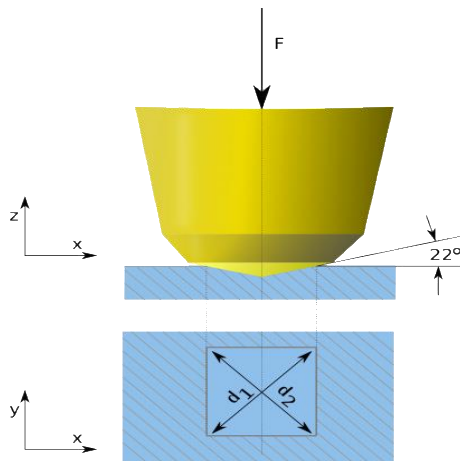


Рисунок 13– Схема индентора Виккерса

А можно определить по формуле.

$$A = \frac{d^2}{\sin 136^\circ/2} \quad (2.1)$$

можно аппроксимировать

$$A \approx d^2/1.854 \quad (2.2)$$

Где d - средняя длина диагонали слева от индентора в миллиметрах

$$HV = F/A \approx 1.854 * F/d^2 \quad [kgf/mm^2] \quad (2.3)$$

F – kgf, d – mm

Соответствующие единицы HV представляют собой килограмм силы на квадратный миллиметр (кгс / мм²). Чтобы вычислить число твердости по Виккерсу с помощью единиц SI, необходимо преобразовать силу, применяемую от ньютонов к килограмму, путем деления на 9,80665 (стандартная сила тяжести). Это приводит к следующему уравнению

$$HV \approx 0.1891 * F/d^2 \quad [kgf/mm^2] \quad (2.4)$$



Рисунок 14–Машина для измерения твердости KB-5

Автоматическая измерительная система KB-5 объединяет компьютерное программное обеспечение и измерительное устройство микротвердомер, вся процедура тестирования завершается простой работой клавиатуры и мыши, что позволяет избежать визуальной усталости и антропогенной ошибки и может протестировать различные типы твердости. Он оснащен камерой и системой управления, которые позволяют легко позиционировать образец и управлять областями тестирования. Изменяя программное обеспечение, он может достичь измерения односточечного и случайного многоточечного измерения, статистического измерения данных, произвольных двухточечных или многоточечных измерений для глубины слоя интервала. Микротвердость можно измерить вдоль X или Y в двух направлениях, автоматически выполнять расчет глубины проникновения, статистические расчеты, преобразование, формировать кривую нагружения.

Для исследования равномерности свойств 3-D печати нами использований многоточечные измерения микротвердости.

2.5 Газофазное насыщение водородом

Газофазное насыщение является одним из экспериментальных методов внедрения водорода в материалы, другими распространенными методами являются внедрение водорода при электролизе и из водородной плазмы.

Решение проблем взаимодействия водорода с материалами имеет большое фундаментальное и прикладное значение. Водород может рассматриваться с разных позиций в различных отраслях. Так с точки зрения развития использования водорода в качестве топлива, необходимо создание материалов, которые устойчивы как к воздействию водорода с одной стороны, так и способных накапливать большие объемы водорода и сохранять емкость, с другой.

В аэрокосмической, морской, атомной энергетике, везде, где нашли применение коррозионностойкие сплавы на основе титана встает проблема охрупчивания в следствии наводороживания. Изучение механизмов сорбции водорода, разработка методов модификации материалов для их защиты требует разработки и использования методов насыщения водородом для тестирования. Важным требованием для подобных методик выступает контролируемое введение водорода при контроле и управлениям той средой, из которой водород вводится в материал. Также важна воспроизводимость условий ввода водорода в материал. Как указывалось выше газофазное внедрение водорода часто применяется для испытания материалов на взаимодействие с водородом. Метод позволяет вводить водород для довольно широком диапазоне давлений и температур. В разработанном ТПУ совместно в компанией Advanced Material Corporation приборе Gas Reaction Controller (GRC) Low Pressure Model реализованы многие методы внедрения и водородной обработки.

Автоматизированный комплекс «Gas Reaction Controller Low Pressure 100» состоит из компьютера с программным обеспечением, контроллера управления измерения и напуска газов, горизонтальной печи для нагрева

трубчатых камер с образцами и камер для образцов: малой и большой. Комплекс позволяет изучать сорбцию/десорбцию газов в автоматическом режиме. Установка позволяет вводить до двух различных газов в камеру, как последовательно, так и одновременно. Данные о сорбции/десорбции водорода в материале отслеживаются в режиме реального времени.



Рисунок 15–Экспериментальная установка

Для блока модели LP два порта для образцов снабжены следующим рабочим диапазоном:

Канал 1 (высокое давление):

порт: 1/4 VCO

Температура: комнатная температура~900° C

Максимальное давление: 50 атм

Пространство образца: 2 см³

Канал 2 (высокое давление):

порт: 1/2 VCO

Температура: комнатная температура~1000° С

Максимальное давление: 2 атм

Пространство образца: 175см³

Система управления установкой сначала напускает отмеренное количество газа в камеру с известным объемом (калиброванный резервуар). Из точного измерения температуры и давления по занимаемому объему определяется количество помещённого в резервуар газа. Затем он посылает газ в реакционную камеру, где газ поглощается образцом. Температуру, давление и скорость реакции можно контролировать и измерять. В любой заданной точке реакции блок отслеживает количество газа. Любое недостающее количество связано с единицей, также способной к характеристикам, поскольку любая десорбция из образца приводит к дополнительному количеству газа.

У блока есть два независимых порта для подачи газа (1/8 "Swagelok. В дополнение к реакционному газу для приведения в действие клапана необходимо подавать воздух, азот или другой промежуточный газ 5 ~ 7 атм. Контроллер газовой реакции снабжен компьютером управления (персональный компьютер под управлением Windows 7). Программное обеспечение управления (GrcNL версия 1.02) позволяет полностью автоматизировать сбор данных, но также обеспечивает поддержку ручного сбора данных для специальных целей.

ГЛАВА 3. Результаты экспериментальной работы и их обсуждение

3.1 Поверхность и зеренная структура титанового сплава ВТ6

Для изучения структуры поверхности изучаемого титанового сплава ВТ6 были подготовлены серии экспериментальных образцов из листового материала полученного методом горячей прокатки и напечатанных методом ЕВМ из титанового порошка с размером частиц от 75 до 100 мкм тождественного состава. Образцы были последовательно подвергнуты механической шлифовке и полировке с последующим удалением внешнего слоя химическим травлением в реактиве Кролла. Состав реактива Кролла применённый в данном случае: 3 мл фтороводородной кислоты, 6 мл азотной кислоты и 100 мл дистиллированной воды. Шлифовка выполнялась до равномерного снятия верхнего слоя материала, что на образцах полученных методом ЕВМ составляло до 150-200 мкм. После полирования, перед изучением шлифов на оптическом микроскопе поверхность растравливалась.

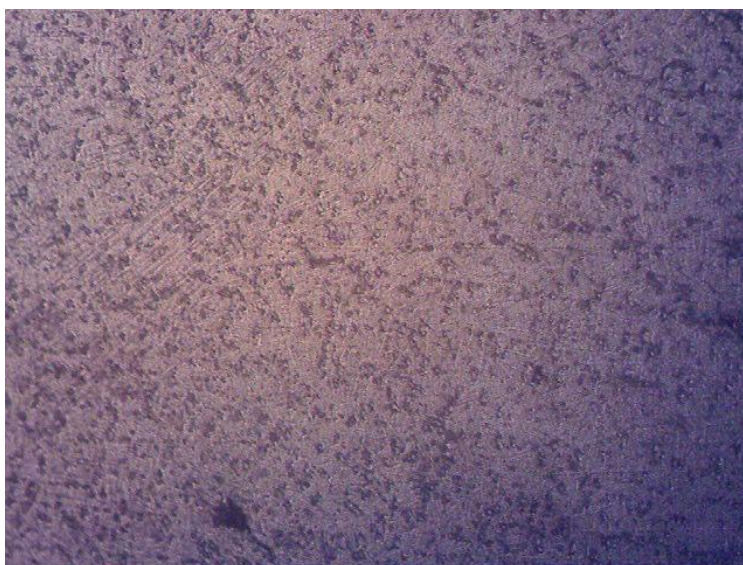


Рисунок 16–Поверхность образца, полученного методом ЕВМ(Ti-6Al-4V)
после шлифования

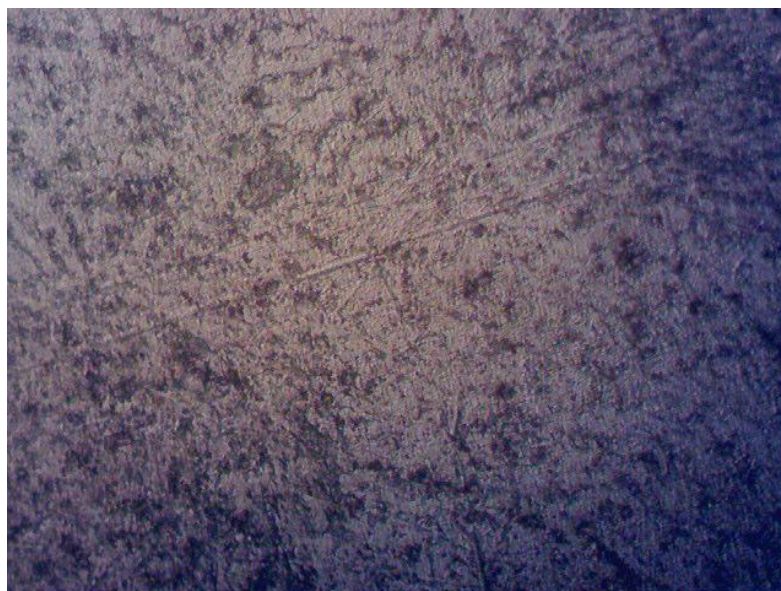


Рисунок 17– Поверхность образца, полученного (Ti-6Al-4V) после шлифования

Наблюдаемый размер зерен титанового сплава, полученный методом ЕВМ, существенно меньше, чем у обычных титановых сплавов. Структура образцов ВТ6 полученных методом ЕВМ состоит из пластинчатой α -фазы. Методами оптической микроскопии выпадения β и α'' фаз не обнаружено. Характер структуры определяется значением подводимой энергии и быстрым охлаждением слоев материала сплава при печати.

3.2 Накопление водорода титановым сплавом ВТ6.

Насыщение образцов водорода выполнялось из газовой фазы. Для внедрения необходимой концентрации водорода необходимо было рассчитать количество газа, которое необходимо подать в камеру. Так как количество водорода растворившегося в материале рассчитывается по падению давления при постоянной температуре, расчет исходных параметров насыщения определял точность всех последующих измерений. В эксперименте мы сначала должны вычислить по геометрическим размерам образцов занимаемый ими в камере объем - m^3 . После этого мы задаемся требуемой

концентрацией водорода в нашем целевом образце как C_h . Нам нужно вычислить требуемую массу водорода как m_H . Таким образом:

$$m_H = C_h * m / (100 - C_h) \quad (3.1)$$

Проведя измерения образцов, нами вычислена масса водорода, необходимая для получения заданной концентрации. Мы используем уравнение Менделеева-Клайперона для вычисления требуемого давления водорода в камере через соотношение массы, объема, давления и температуры.

$$PV = nRT \quad (3.2)$$

$$n = m_H / M \quad (3.3)$$

$$P = nRT / V \quad (3.4)$$

После определения необходимого давления в системе, учитывая объемы калиброванного резервуара и камеры насыщения мы устанавливаем требуемые уровни давления и температуры (650 °C) в экспериментальной системе Gas Reaction Controller (GRC) Low Pressure Model. После достижения температуры насыщения водород подается в камеру с экспериментальным образцом и выдерживается до полного поглощения водорода. При этом автоматизированная система регистрирует все параметры.

По изменению параметров насыщения строятся кинетические кривые насыщения и рассчитывается конечная концентрация водорода в насыщаемых образцах. Таким образом последовательно были подготовлены две серии образцов для материала, полученного из листового проката и материала, напечатанного методом ЕВМ. Образцы из листового материала были насыщены до концентраций 0,1%, 0,3% и 0,7%, соответственно, а

образцы ВТ6 с использованием 3D-печати (EBM) - до концентраций водорода 0,08%, 0,2% и 0,8%.

Ниже представлены кинетические кривые давления сорбции водорода в камере насыщения.

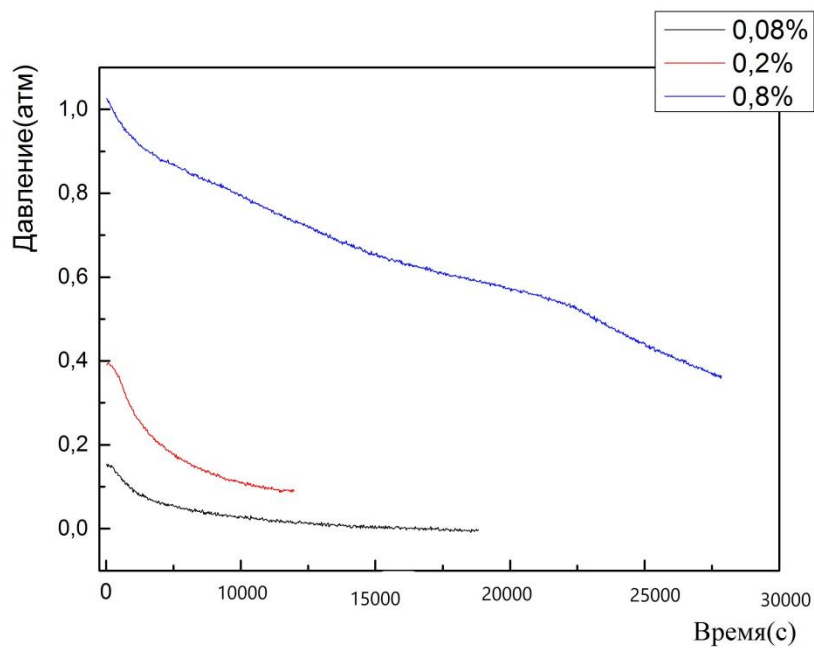


Рисунок 18– Кинетические кривые давления сорбции водорода при насыщении образцов титанового сплава ВТ6(полученного методом EBM) до концентраций водорода 0,08%, 0,2%, 0,8%

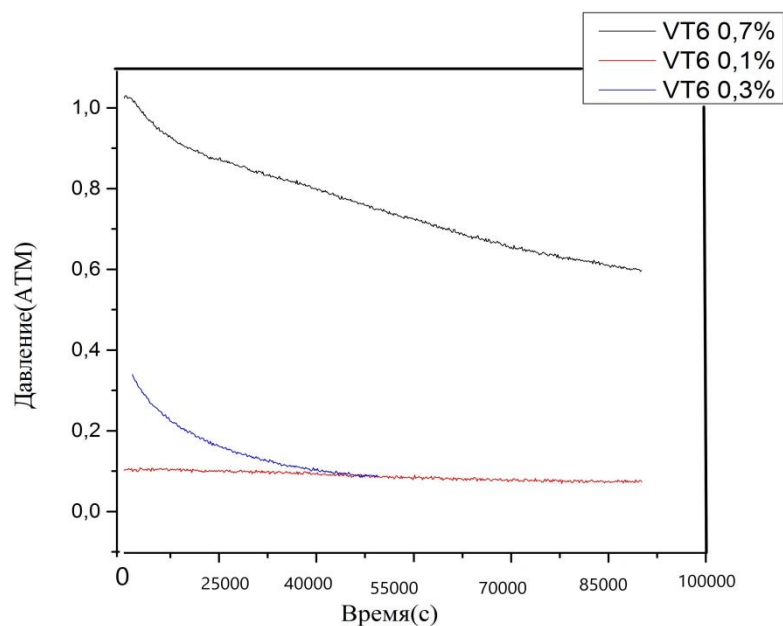


Рисунок 19–Кинетические кривые давления сорбции водорода при насыщении образцов титанового сплава VT6 до концентраций водорода 0,1%, 0,3%, 0,7%

Сравнивая кинетические кривые давления сорбции водорода (рис. 20) можно определить во сколько раз сорбция водорода в образцах, полученных методом ЕВМ протекает быстрее, чем в образцах, изготовленных из листового проката. Скорость сорбции определялась дифференцированием кинетических кривых давления при насыщении водородом.

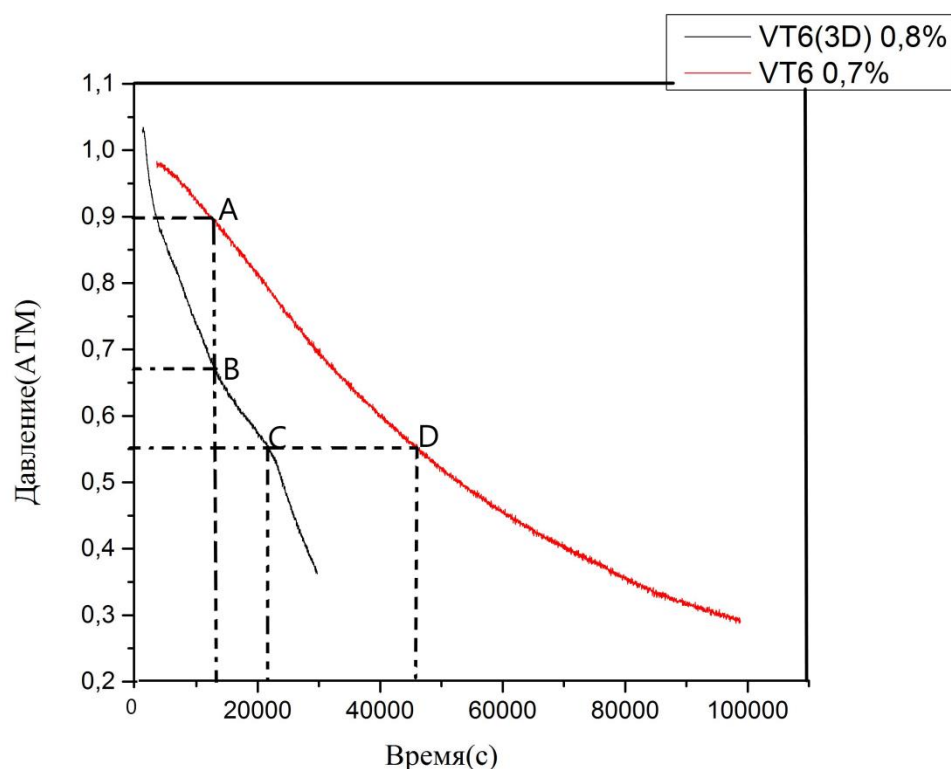


Рисунок 20—Сравнение процессов сорбции водорода титановым сплавом ВТ6 полученным методом ЕВМ и листового проката при насыщении до концентрации водорода до 0,8% и 0,7%, соответственно.

В среднем, скорость насыщения водородом выше 2-2,5 раза в образцах полученных методом электронно-лучевого сплавления.

3.3 Микротвердость титанового сплава ВТ6.

Сравнение механических свойств образцов сплава ВТ6 полученных из листового проката и напечатанных методом ЕВМ проводили с помощью измерения микротвердости на установке КВ-5. Измерялись как среднее значения микротвердости, так и измерение распределения микротвердости по поверхности образца. Для измерения микротвердости подготовленный образец помещался на предметный стол. После позиционирования формировалась программа индентирования, для чего задавались 20 позиций по горизонтальной оси и 15 позиций по вертикальной оси. После проведения

измерений и исключения, выпавших из статистически значимых значений точек была рассчитана средняя микротвердость образца и распределение микротвердости по поверхности. По значениям микротвердости построена карта с температурной шкалой значения микротвердости.

На рисунке 21 представлена карта распределения микротвердости для образца ВТ6, полученного методом ЕВМ. Значение средней микротвердости составило 382.7 Н. Среднее значение получено из обработки 284 экспериментальных точек.

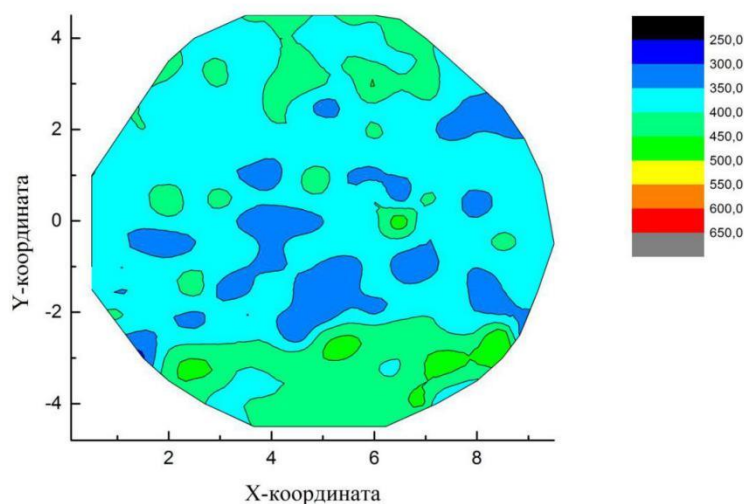


Рисунок 21– Распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, полученного методом ЕВМ

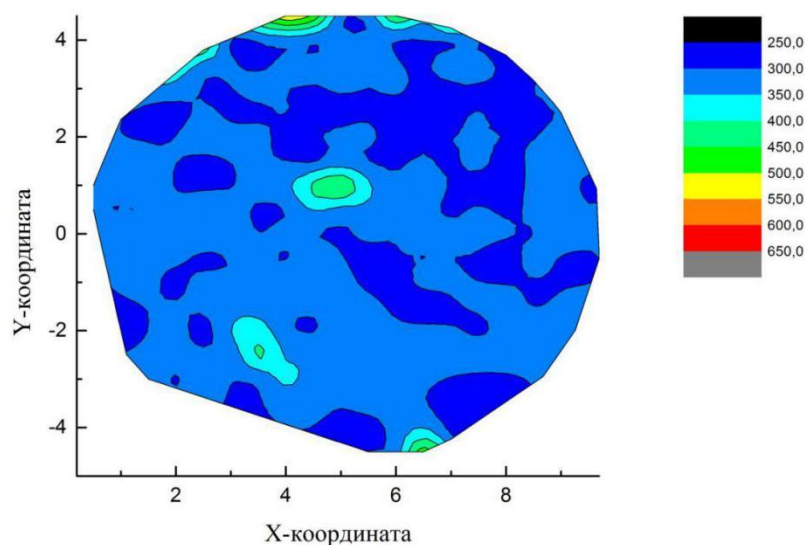


Рисунок 22–Распределение микротвердости в образце сплава VT6, изготовленного из листового проката

На рисунке 22 представлена карта распределения микротвердости для листового титанового сплава VT6. Значение средней микротвердости составляет 312.0 HV, по результатам обработки 282 экспериментальных точек. Сравнение показывает, что образцы полученные методом EMB, более твердые и менее однородные по микротвердости. Меньшая однородность может быть связана с меньшим размером зерна и высокой термической нестационарностью при получении такого материала.

После насыщения двух параллельных серий образцов водородом проведено сравнение микротвердости.

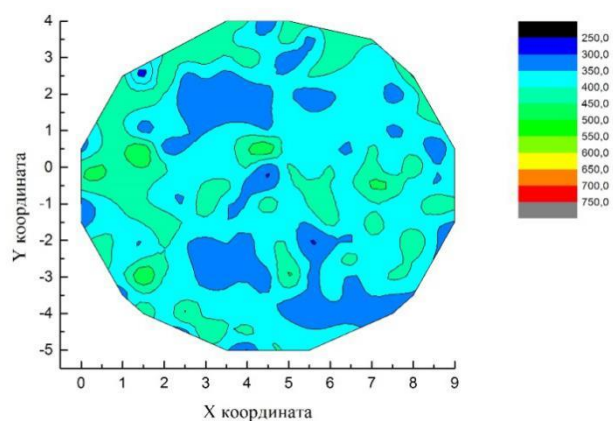


Рисунок 23–Распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, изготовленного из листового проката. Содержание водорода 0,1%

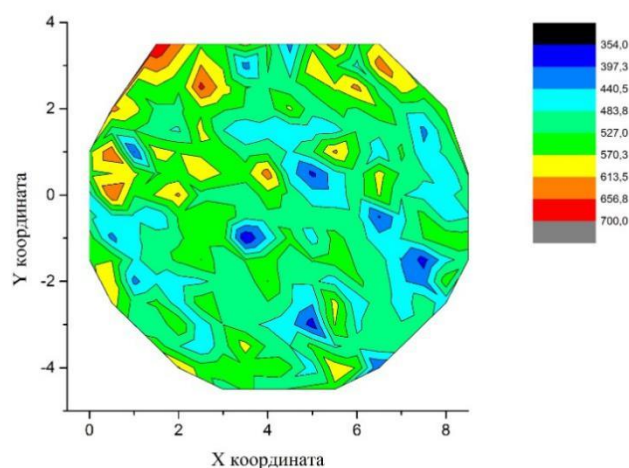


Рисунок 24–Распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, полученного методом ЕВМ. Содержание водорода 0,08%

На рисунке 23 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, изготовленного из листового проката с содержанием водорода 0,1%. Средняя микротвердость составляет 378.9HV, среднее значение получено из обработки 292 экспериментальных точек.

На рисунке 24 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6 полученного методом ЕВМ, с содержанием водорода 0,08%.

Микротвердость составляет 483,7HV, среднее значение получено из обработки 287 экспериментальных точек.

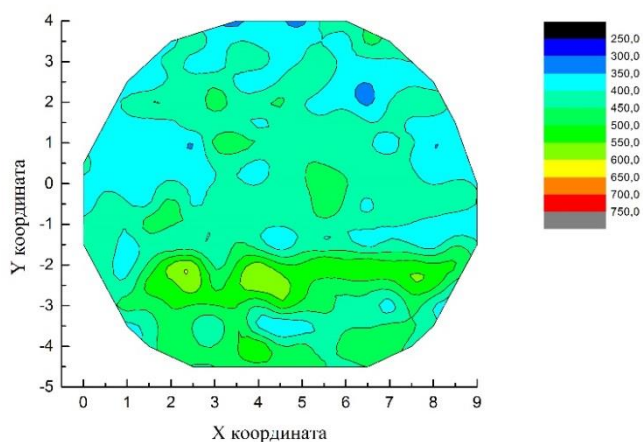


Рисунок 25–Распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, изготовленного из листового проката с содержанием водорода 0,3%.

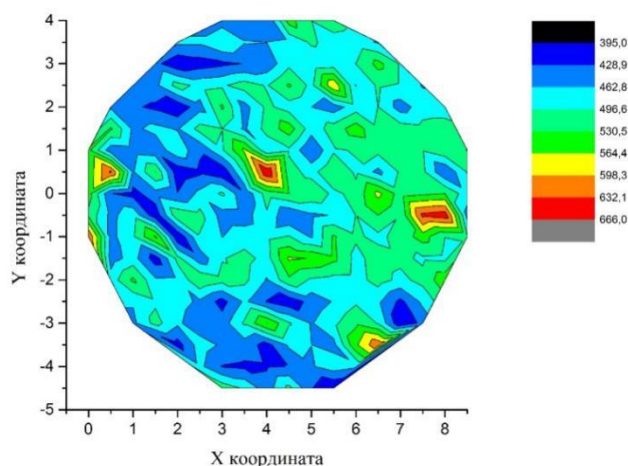


Рисунок 26– Распределение микротвердости в образце сплава ВТ6 полученного методом ЕВМ, с содержанием водорода 0,2%.

На рисунке 25 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, изготовленного из листового проката с содержанием водорода 0,3%. Средняя микротвердость составляет 416.7HV, среднее значение получено из обработки 286 экспериментальных точек.

На рисунке 26 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6 полученного методом ЕВМ, с содержанием водорода 0,2%. Микротвердость составляет 483,7HV, среднее значение получено из обработки 293 экспериментальных точек.

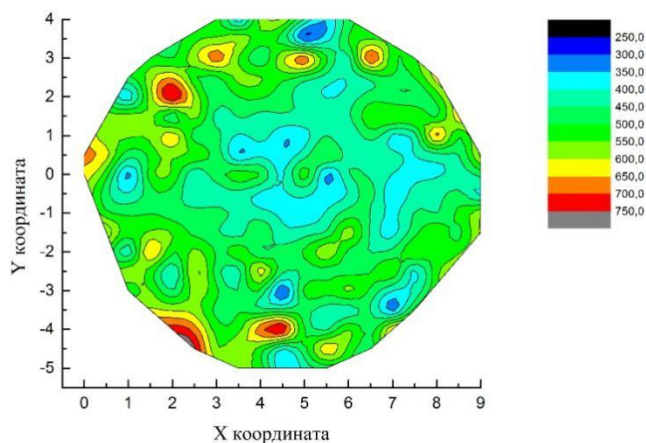


Рисунок 27–Содержание водорода 0,7%

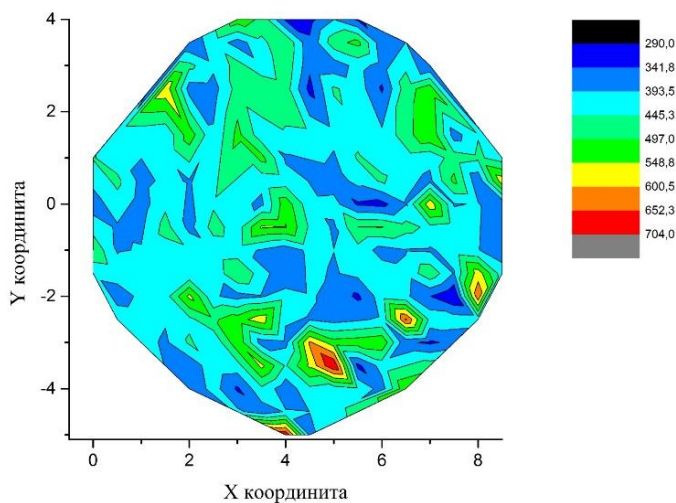


Рисунок 28–Содержание водорода 0,8%(3D ВТ6)

На рисунке 27 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6, изготовленного из листового проката с содержанием водорода 0,7%. Средняя микротвердость составляет 496,4HV, среднее значение получено из обработки 286 экспериментальных точек.

На рисунке 28 представлено распределение микротвердости в образце сплава ВТ6 полученного методом ЕВМ, с содержанием водорода 0,8%. Микротвердость составляет 426,9 НV, среднее значение получено из обработки 289 экспериментальных точек.

Насыщение водородом приводит к росту значений микротвердости и в образцах, полученных из листового проката, так и образцах, изготовленных методом ЕВМ. В тоже время было определено, что с ростом концентрации водорода в образцах, изготовленных из листового проката, микротвердость монотонно возрастает на 20, 35 и 58%, соответственно. В тоже время для образцов, напечатанных с помощью метода ЕВМ, микротвердость сначала возрастает на 20-25%, а затем по достижении концентрации 0,8 среднее значение микротвердости существенно снижается, и отличается от начального значения не более чем на 10%. Столь различное поведение механических характеристик образцов, можно связать, как с различием в структуре материалов, с распределением водорода, и различиях в условиях термообработки, связанных с кинетикой сорбции водорода при газофазном насыщении. Рост твердости при увеличении концентрации водорода обычно связывается с ростом доли гидридной фазы или со стабилизацией β -фазы. Не типичное поведение образцов, напечатанных с помощью метода ЕВМ требует дополнительного изучения.

ГЛАВА 4. Социальная ответственность

4.1 Производственная безопасность

Контроллер газовой реакции состоит из высоковакуумной камеры и насоса, нагревательного устройства, устройства для удаления тепла и параметрического устройства для регистрации давления внутри насоса и давления в камере. Могут быть такие вредные и опасные факторы:

1. Электромагнитное излучение;
2. Огонь и взрыв при нагревании;
3. Жара не является своевременной причиной пожара и взрыва;
4. Шум;

4.1.1 Электромагнитное излучение;

Научно-исследовательская работа была совершена с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). Электромагнитное излучение может влиять на костные ткани, ухудшать зрение, повышать утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 1 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность	в диапазоне частот	250 нТл

магнитного потока	5 Гц - 2 кГц	
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и показанны в табл.1.

Для того, чтобы снизить вредное влияние электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребёнка – 10 - 20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарные нормы предусматривают обязательные перерывы в работе на компьютере, в ходе которой рекомендуется делать самые простые упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном монитора и задней стенкой другого должно составлять не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов составляет 1,2 м. Расстояние между экраном монитора и исследователем должно в диапазоне 60÷70 см, но не ближе 50 см

3. Чтобы уменьшить эффект рассеянного рентгеновского излучения с монитора ПК, рекомендуется использовать защитные экраны из металлической сетки и металлических стержней в виде навесов, навесов и допустимых значений.

В дополнение к этим средства индивидуальной защиты (СИЗ) от статического электричества и электрических полей промышленной частоты включают защитные халаты, комбинезоны, защитные очки, специальную обувь, заземляющие браслеты.

Материал для защитных халатов, спецодежды, фартуков - специальная ткань, в конструкции которой используются тонкие металлические нитки, скрученные с хлопком. Шлем и обувные чехлы костюма выполнены из одной и той же ткани, но очки вшиты в шлем спереди и специальную проволочную сетку для дыхания. СИЗ должен быть заземлен.

Очки изготавливаются из стёкол специальных марок, металлизированных диоксидом олова.

4.1.2 Электробезопасность

Основными причинами воздействия тока на человека:

1. Случайный контакт или приближение к опасному расстоянию до живых частей;
2. напряжение на металлических частях оборудования возникает в виду ошибочных действий персонала или повреждения изоляции;
3. На поверхности земли возникает шаговое напряжение из-за замыкания провода на землю;
4. На отключенных токоведущих частях возникает напряжения, где работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
5. Освободите другого человека, который находится под стрессом;
6. Воздействие атмосферного электричества, разрядов молнии.

Неисправность монтажной проводки может привести к поражению электрическим током. Прохождение тока может вызвать раздражение и

повреждение различных органов у человека. Порог невозбуждающего тока составляет 50 Гц (6-16 мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерных и медико-профилактических мероприятий.

Согласно ГОСТ 12.1.019. ССБТ, электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электрических установок, технических методов и средств защиты. Электрические установки и их части таким образом, чтобы работники не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей и отвечали требованиям электробезопасности.

Согласно ПУЭ 7.4 «Правила установки электроустановок» помещение, в котором установка, предназначенная для осаждения оксидов и оксинитридов титана на стальные подложки, относится к помещениям без повышенной опасности, при которых условия, которые создают повышенную или особую опасность отсутствуют. Эти условия включают: влажность (влажность более 75%), проводящая пыль, проводящие полы (металл, земля, железобетон, кирпич и т. Д.); высокие температуры (выше 35 ° С); возможность одновременного прикосновения человека к технологическому оборудованию, подключенному к земле, механизму, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, с другой. В лаборатории имеются электроустановки с классами напряжения до 1 кВ, в которых по ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ максимально допустимые значения безопасности тока, напряжения и сопротивления не превышают 0,1 мА, 36 В и 4 Ом, соответственно. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо принять следующие меры:

1. Оборудования в рабочем состоянии и его эксплуатации в соответствии с нормативными и техническими документами;

2. Своевременное обслуживание;
3. соблюдать меры предосторожности при обращении с оборудованием;
4. обеспечить подготовку работников.

В качестве мер по обеспечению безопасности можно использовать работу с электрооборудованием:

1. изоляция токоведущих частей;
2. низкое напряжение в электрических цепях;
3. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
4. применение разделительных трансформаторов;
5. использование корпусов и замков для предотвращения случайного контакта с находящимися под напряжением частями и ошибочными действиями или операциями;
6. средства индивидуальной защиты и предохранительные устройства: диэлектрические перчатки, галоши, изоляционные стержни, изоляционные и электрические зажимы, коврики из диэлектрической резины, индикаторы напряжения.

4.1.3 Пожар взрывоопасность

Согласно НПВ 105-03, используемая комната классифицируется как категория опасности В4, то есть в которой содержатся легковоспламеняющиеся и трудновоспламеняющиеся жидкости, вещества и материалы, но конкретная огневая нагрузка на участке находится в диапазоне 1-180 МДж / м².

В лабораторных инструкциях по мерам пожарной безопасности для каждой взрывоопасной и пожароопасной зоны (мастерская, мастерская и т. Д.) В соответствии с Приложением № 1 РРВ 01-03.

В соответствии с НПВ 105-95 и СНиП 21-01-97 работникам разрешается работать только после того, как они были проинструктированы о мерах пожарной безопасности во всех комнатах размещенных таблиц с указанием номера телефона, противопожарной защиты и таблиц с указанием направления эвакуационный маршрут и план эвакуации.

Согласно ППБ 01-03 в здании, где проводятся работы, предусмотрены технические решения, обеспечивающие эвакуацию людей (аварийные выходы), оборудование для тушения пожара в очаг пожара в случае пожара, имеется сигнализация и предупреждение срабатывает при пожаре.

Огнетушители, огнетушители и другое противопожарное оборудование для защиты объектов (ГОСТ 12.1.004-91 с измен. 21.10.1993 г).

На рисунке 20 показан план эвакуации для 204 класса 3 здания, где находится установка для изучения эволюции газа, вызванного термо- и радиацией. В плане показаны основные эвакуационные выходы и огнетушители.

Из огнетушителей различных типов наиболее широко используются диоксид углерода, порошок и воздушная пена. Огнетушители воздушной пены используются для тушения пожаров классов А и В (древесина, краска и топливо), не допускающие тушения электроустановок под напряжением, а также щелочных металлов; работают при температуре от +5 до +50 ° С.

Порошковые огнетушители используются в качестве основного средства для покрытия пожаров класса А (физические вещества), В (жидкие вещества), С (газообразные вещества) и электроустановок под напряжением до 1000 В; Огнетушители не подходят для тушения горящих щелочных и

щелочноземельных металлов и других материалов, сжигание которых может происходить без доступа к воздуху.



Рисунок 29–План эвакуации из рабочего помещения

Огнетушители углекислого газа для тушения сжигания различных веществ, сжигание которых не может происходить без доступа к воздуху, загорать на электрифицированном железнодорожном транспорте, электроустановки под напряжением не более 10 кВ. Преимуществом огнетушителей с диоксидом углерода является отсутствие следов тушения. Огнетушители не предназначены для тушения сжигания веществ, сжигание которых может происходить без доступа к воздуху (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий).

Порошковые огнетушители ОП-4 (з) -АВСЕ-02 расположены в лабораториях (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000В).

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования;

2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;
4. Нарушение правил пожарной безопасности;
5. Неправильное хранение возгорающихся веществ.

4.2 Экологическая безопасность

В этой работе отходы представляют собой металлические порошки, из которых холодильные камеры и другие компоненты установки.

Порошки, в основном, состоят из стали, титана и оксинитридов титана. Чтобы переработать эти отходы, вы должны сначала их разделить, вы можете использовать магнит для этого. После разделения отходов на две подгруппы: сталь и оксинитриды титана, необходимо перенести их в специальные места для переработки.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде.

Рассмотрим две наиболее распространенные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на предприятии.

Первый случай: прекращение производства в результате сильных морозов. Меры по предупреждению ЧС:

1. Повышение стабильности системы электропитания. Прежде всего, целесообразно заменить линии электропередач кабельными (подземными) сетями, использовать резервные сети для потребителей электроэнергии,

обеспечить резервные источники питания объекта (мобильные электрогенераторы).

2. Обеспечение стабильности теплоснабжения за счет запасных автономных источников теплоснабжения, системного звонка, углубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования вод питания, кольцевание системы, заглубление водопроводов, обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

4. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение стабильности системы, при которой загрязненная вода может быть перенаправлена в случае аварии в основных сетях. Необходимо подготовить схему аварийного сброса сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, оснащены надежными источниками питания.

Второй случай: диверсия.

Чтобы обеспечить безопасность сотрудников, предотвратить кражу и проникновение на предприятие неавторизованных лиц, необходимо использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно-пропускной пункт.

2. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.

3. Установить оповещающие системы безопасности при несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не обязательно медицинские противопоказания, которые прошли подготовку по вопросам безопасности и инструктаж на рабочем месте, имеют право работать над установкой для изучения термообработки и радиационной эвакуации газа.

Отдельным работникам разрешается работать самостоятельно после специальной подготовки и проверки нормального и нормального функционирования с помощью газовых баллонов, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работ по установке термо- и радиационно-стимулированного выделения газа, имеющих по меньшей мере II группы для электробезопасности и одобрен для работы с газовыми баллонами.

Пересмотр знаний о нормах и правилах электробезопасности, правила безопасной работы с газовыми баллонами проводятся с сотрудниками не реже одного раза в 12 месяцев, повторное обучение на рабочем месте - не реже одного раза в 3 месяца.

Проведение всех видов инструктажа должно быть сделано в Инструкции по установленной схеме с обязательными сигнатурами, полученными и проинструктированными, с указанием даты инструкций, названий и номеров инструкций для видов работ.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

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

2. инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

3. инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

1. инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;

3. ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;

4. ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;

Микроклимат:

1. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

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

Шум:

1. ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

2. СНиП П-12-77. Защита от шума.

Освещенность:

1. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

4.5 Выводы

При рассмотрении вопросов безопасности и гигиены труда при выполнении работ по покрытию для установки тепловой и радиационно-стимулированной газовой эволюции были определены опасные и опасные факторы рабочей силы, причины и средства защиты, и на этом объекте были рассмотрены случаи , Чтобы обеспечить безопасность жизни, обязательно соблюдайте правила.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;

- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Методические указания содержат описание широкого спектра аналитических инструментов и расчетов. Комплекс инструментов и расчеты, проведение которых необходимо для каждой конкретной бакалаврской работы, определяется, исходя из темы научного проекта, консультантом по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и регламентируется заданием.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол,

национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

5.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта применяют анализ SWOT – комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Специфика данного анализа формируется несколькими этапами.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

Таблица 2– Матрица SWOT

<p align="center">Сильные стороны научно-исследовательского проект:</p> <p>С1.Актуальность тематики; С2.Использование одной из современных программ; С3.Экологичность технологии; С4.Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С5.Безопасность проведения исследований.</p>	<p align="center">Слабые стороны научно-исследовательского проект:</p> <p>Сл1.Недостаточное количество измерений; Сл2.Закрытость программы; Сл3.Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием; Сл4.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца; Сл5.Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования. Сл6.Отсутствие детектора</p>
<p align="center">Возможности</p> <p>В1.Проблема по энергетической эффективности; В2.Возможность появления новых условий</p>	<p align="center">Угрозы</p> <p>Уг1.Проведение подобных экспериментов в других учебных заведениях;</p>

измерений; В3.Использование инфраструктуры ТПУ; В4.Появление дополнительного спроса на результаты исследования; В5. Потребность антикоррозионной защиты.	Уг2.Задержки финансирования; Уг3.Развитая конкуренция технологий энергии; Уг4.Разработка новых методов исследования материалов.
---	---

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2. После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Использование интерактивной матрицы помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей SWOT. Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3– Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	-	+	+	-
	B2	+	+	-	-	+
	B3	-	+	-	-	+

	B4	-	-	+	+	-
	B5	+	-	-	+	-

Таблица 4–Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	B1	-	-	-	-	-	-
	B2	+	0	-	+	-	-
	B3	+	+	+	0	0	-
	B4	-	-	+	-	-	0
	B5	-	-	+	-	+	+

Таблица 5–Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	+	-	-	0
	У4	+	0	-	+	-

Таблица 6– Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта							
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6

проекта	У1	+	-	-	+	-	+
	У2	-	+	+	-	+	-
	У3	+	0	-	+	-	0
	У4	-	-	-	-	0	+

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в табл. 7.

Таблица 7–SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проект:</p> <p>С1.Актуальность тематики; С2.Использование одной из современных программ; С3.Экологичность технологии; С4.Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С5.Безопасность проведения исследований.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проект:</p> <p>Сл1.Недостаточное количество измерений; Сл2.Закрытость программы; Сл3.Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием; Сл4.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца; Сл5.Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования. Сл6.Отсутствие детектора</p>
<p>Возможности</p> <p>В1.Проблема по энергетической эффективности; В2.Возможность появления</p>	<p>Благодаря использования инновационной структуры экологичность и энергоэффективность технологии растет, а также</p>	<p>Отсутствие потенциальных потребителей может быть решено возможностью повышения цен конкурентов</p>

<p>новых условий измерений; В3.Использование инфраструктуры ТПУ; В4.Появление дополнительного спроса на результаты исследования; В5. Потребность антикоррозионной защиты.</p>	<p>рост цен конкурентов и снижение цены на сырье благотворно влияет на развитие предприятия</p>	
<p>Угрозы Уг1.Проведение подобных экспериментов в других учебных заведениях; Уг2.Задержки финансирования; Уг3.Развитая конкуренция технологий энергии; Уг4.Разработка новых методов исследования материалов.</p>	<p>Экологичность технологии, а также её энергоэффективность могут ослабить влияние данных угроз.</p>	<p>Из-за отсутствия прототипа данной разработки, а также потенциальных потребителей при введении дополнительных требований к сертификации, а также из-за большой конкуренции угроза потери рынка возрастает.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Приведенный анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований. При этом, если переход разработки в стадию коммерциализации затянется, то возможна потеря спроса на готовую технологию.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 8.








Таблица 8– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, Бакалавр

	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Проведение расчетов и анализ полученных данных	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель Бакалавр
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	12	Подготовка темы к защите	Руководитель Бакалавр

Таблица 9–Календарный план-график проведения НИРМ по теме

№	Вид работ	Т _к , кал.дн	Продолжительность выполнения работ																	
			2016-2017 уч. год.									2017-2018 уч. год.								
			Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Фев.	Мар.	Апр.	Май.	Июн.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Фев.	Мар.	Апр.	Май.	Июн.
1	1	15	■																	
2	2	20	■																	
	3	30		■																
	4	100		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3	5	200				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	6	75							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	7	30									■	■	■	■	■	■	■	■		
	8	90										■	■	■	■	■	■	■		

4	9	Оценка эффективности полученных результатов	15																			
	10	Определение целесообразности проведения НИР	15																			
5	11	Составление пояснительной записки	60																			
	12	Подготовка темы к защите	120																			
 - научный руководитель  - студент  - руководитель+студент																						

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям, представленным в таблице (табл. 10):

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Таблица 10–Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи									
	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
	-	-	4842.75	726.41	1447.98	-	-	-	891.06	7908.20
	-	-	6004.18	900.63	1795.21	-	-	-	1104.77	9804.83
3.	-	-	8104.44	1215.67	2423.22	-	-	-	1491.21	13234.56
4.	-	-	668.14	66.81	191.08	-	-	-	117.59	1043.62
5.	2320	28765.32	24014.31	3602.15	7180.2	-	-	-	4418.63	70300.69

6.	-	5321.71	2572.34	257.23	735.688	-	-	-	452.73	9339.69
7.	-	1442.09	3214.69	321.47	919.40	-	-	-	565.78	6463.43
8.	-	3485.10	1929.73	193.00	551.90	-	-	-	339.63	6499.37
9.	-	2629.62	2871.63	430.74	858.61	-	-	-	528.37	7318.98
10.	-	-	615.22	61.52	175.95	-	-	-	108.27	960.97
11.	-	-	5402.96	810.44	1615.4	-	-	-	994.14	8823.02
12.	-	-	30055.26	4508.29	8986.5	-	-	-	5530.16	49080.24

5.3.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (5.3.1.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цены материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

К основным затратам в данной НИИ относятся затраты на электроэнергию и приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 15.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{элвкт} = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об}, \quad (5.3.1.2)$$

Где $C_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (250 коп. за 1 кВт/ч); P – мощность оборудования. кВт; $F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Для данной работы затраты на электроэнергию составляют:

$$C_{\text{ЭЛВКТ}} = \frac{250 \cdot 1 \cdot 100}{100} = 250 \text{ руб.}$$

Таблица 11– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Металлические материалы (ВТ6)	г	100	5	500
Водород	г	0,5	900	450
Вода	л	1	100	100
Спирт	л	1	150	150
Перчатки	шт	3	150	450
Шкурка	шт	10	15	150
Всего за материалы				1800
Транспортно-заготовительные расходы (15%)				270
Электроэнергия				250
Итого по статье З _м				2320

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества

исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению.

5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данной работе к спецоборудованию необходимому для проведения экспериментальной работы относится установка для насыщения водородом по методу Сиверста, стоимость которой составляет 12000000 руб, назначенный срок службы – 10 лет.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = \frac{C_{\text{об}}}{T}, (5.3.2.1)$$

где $C_{\text{об}}$ - стоимость оборудования (руб); T - срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}} = \frac{1200000}{3650} = 328,78$$

Оборудование использовалось в течение 76 дней, поэтому затраты на оборудование составляют:

$$C_{\text{аморт(оби)}} = 328,78 * 23 = 7561,64$$

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, (5.3.3.1)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, (5.3.3.2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн; $Z_{\text{дн}}$ – *среднедневная* заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, (5.3.3.3)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-днсвная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-днсвная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях), см. табл. 12.

Таблица 12– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14

Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Студент во время прохождения преддипломной практики получает стипендию, равную 2560 руб/месяц. Среднедневная стипендия (оплата) составляет, согласно:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{2560 \cdot 11,2}{223} = 128,6 \text{ руб/день,}$$

Основной заработок студента, за время преддипломной практики, равен:

$$Z_{\text{осн}} = 128,6 \cdot 75,5 = 9709,3 \text{ руб,}$$

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

- иные выплаты. В заработной плате следует предусмотреть: надбавку за степень (кандидат наук – 3000 руб., доктор наук – 6000 руб.); надбавку ученого совета (от 2000 руб. до 10000 руб.); районный коэффициент.

Данная научно-исследовательская работа выполнялась научным руководителем, который имеет должность профессор. Оклад профессора составляет 42461 руб.

Надбавки в заработной плате составляют: 1,3 (районный коэффициент по Томску).

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{онр}} = 42461 \cdot 1,3 = 55199,3 \text{ руб/месяц,}$$

Тогда, среднедневная зарплата научного руководителя равна:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{55199,3 \cdot 10,4}{251} = 2287,14 \text{ руб/день,}$$

Зарботная плата руководителя, за время подготовки студента к дипломированию, составляет:

$$Z_{\text{осн}} = 2287,14 \cdot 30,1 = 68842,91 \text{ руб.}$$

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \cdot (5.3.4.1)$$

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

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

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

Примем коэффициент дополнительной зарплаты равным 0,15 для научного руководителя и 0,1 для студента (дипломника).

В таблице 13 приведены результаты расчётов основной и дополнительной заработной платы исполнителей НИР.

Таблица 13– Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата, руб.	68842,91	9709,30
Дополнительная зарплата, руб.	12197,21	970,93
Зарплата исполнителя, руб.	93511,91	10680,23
Итого по статье $C_{зп}$, руб.	104192,14	

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во вне бюджетные фонды составляют 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР.

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}), (5.3.5.1)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды,

$$Z_{внеб} = 0,26 \cdot 104192,14 = 27089,96 \text{ руб.}$$

5.3.6 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИР. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание

зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Если ВКР выполняется в ПИИ или на промышленном предприятии, то накладные расходы учитываются по этим организациям, как правило, они составляют 70-100%. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле;

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), (5.3.6.1)$$

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

Поскольку НИР выполнялась в ОЭФ ИЯТШ ТПУ, предположим, что накладные расходы составляют 85% от общей заработной платы работников.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 104192,14 = 16670,74 \text{ руб.}$$

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 14.

Таблица 14– Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
1. Материальные затраты	2320	

НТИ		
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	38451,83	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	68842,91	7564,64
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12197,21	970,93
5. Отчисления во внебюджетные фонды	27089,96	
6. Затраты на научные и производственные командировки	0	
7. Контрагентные расходы	0	
8. Накладные расходы	16670,74	
Бюджет затрат НТИ	179444,89	

5.4 Вывод

В данной главе был проведен расчет затрат на выполнение научно-исследовательской работы. Сумма, затраченная на комплексное исследование, составила 237154,54 рублей. Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

На основе расчета бюджета этого научно – технического исследования, видно, что изучение поведения титановых сплавов полученных аддитивными технологиями обладает большой перспективой и

прекрасной экономической эффективностью. В последнее время больше и больше внимания уделено этой области исследования. Это исследование может иметь хорошие экономические перспективы..

Заключение и основные выводы по работе

Проведена исследовательская работа, направленная на сравнение ряда свойств материалов, полученных методом аддитивного производства и традиционными свойствами для наиболее распространённого титанового сплава ВТ6.

Полученные в ходе выполнения исследования результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Структура образцов ВТ6 полученных методом электронно-лучевой плавки (ЕВМ) состоит из пластинчатой α -фазы. Методами оптической микроскопии выпадения β и α'' фаз не обнаружено. Характер структуры определяется значением подводимой энергии и быстрым охлаждением слоев материала сплава при печати.

2. В одинаковых условиях наводороживания, скорость сорбции водорода образцами полученными методом ЕВМ образцов выше, чем у образцов приготовленных из листового проката титанового сплава ВТ6 в 2-2,5 раза. Поэтому исследование стойкости материалов полученных методами аддитивных технологий представляет значительный практический интерес.

3. Микротвердость образцов титанового сплава ВТ6 полученных методом ЕВМ ($H_v=382,7$) образцов выше, чем у образцов изготовленных из листового проката титанового сплава ВТ6 ($H_v=312,0$).

4. Внедрение водорода из газовой фазы повышает твердость образцов из сплава ВТ6. При увеличении концентрации водорода в образцах изготовленных из листового проката твердость увеличивается: $H_v(0,1\%)=378,9$, $H_v(0,3\%)=416,7$, $H_v(0,7\%)=496,4$. При увеличении концентрации водорода в образцах полученных методом ЕВМ твердость снижается $H_v(0,08\%)=516,8$, $H_v(0,2\%)=483,7$, $H_v(0,8\%)=426,9$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.R. Wicker.A survey of finite element analysis of temperature and thermal stress fields in powder bed fusion Additive Manufacturing//Additive Manufacturing –2018. –V.20. –P.1–198.

2.Prinz, F. B.Merz, R. Weiss, Lee . Ikawa, N. ed. Building Parts You Could Not Build Before.// Proceedings of the 8th International Conference on Production Engineering.–1997. –V.27 –P.40 – 44.

3.Mathew J.Donachie,Jr.Titanium – A Technical Guide. ASM International.//First printing–2000. –V.3. –P.16–23.

4. G Biamino, P Grillo, I Lombardi, A Marcengo, A Rapp, R Simeoni, F Vernerо "The wheel" - an innovative visual model for interacting with a social web of things// .-2004.- Workshop on Visual Interfaces to the Social and Semantic Web.-V.11.

5. Lawrence E.Murr, Edwin Martinez, Krista N. Amato, Sara M.Gaytan, JenniferHernandez Fabrication of Metal and Alloy Components by Additive Manufacturing: Examples of 3D Materials Science// Journal of Materials Research and Technology.- 2012. -Volume 1.- Issue 1.- Pages 42-54

6. Denis CormierIrene .M. Gordon .Michel Magnan.Corporate Environmental Disclosure: Contrasting Management's Perceptions with Reality//Journal of Business Ethics-2004.-V.49.-P.143-165.

7. Yon Ho Choe Soon Ki Kim Byong Kwan Son Don Haeng Lee Yun Chul Hong Soo Hwan Pai.Randomized Placebo-Controlled Trial of Helicobacter pylori Eradication for Iron-Deficiency Anemia in Preadolescent Children and Adolescents//Helicobacter-1999. -V.4. -I.2-P.135-139.

8. Mangano, Carlo; Mangano, Francesco; Piattelli, Adriano; Iezzi, Giovanna; Mangano, Alberto; La Colla, Luca.Prospective clinical evaluation of 307 single-

tooth morse taper-connection implants: a multicenter study.//International Journal of Oral & Maxillofacial Implants .-2010.-V.25. -I.2. -P.394-400.

9.Сотов А. В., Агаповичев А. В., Красков М. А., Вдовин Р. А., Смелов В. Г. Исследование Морфологии поверхности частиц металлических порошков для технологии селективного лазерного спекания.//УДК 629.78.-2010.-V.3. - P.245-246.

10. Huma Safdar, Ka Lei Cheung, Daniela Salvatori, Henri H. Versteeg, El Houari Laghmani, Gerry T. M. Wagenaar, Pieter H. Reitsma and Bart J. M. van Vlijmen.Acute and severe coagulopathy in adult mice following silencing of hepatic antithrombin and protein C production//Blood.-2013. -V.2.

11.Maria Cristina Facchini*†, Stefano Decesari†, Matteo Rinaldi†, Claudio Carbone†, Emanuela Finessi†, Mihaela Mircea†, Sandro Fuzzi†, Fabio Moretti‡, Emilio Tagliavini‡, Darius Ceburnis§ and Colin D. O'Dowd§.Important Source of Marine Secondary Organic Aerosol from Biogenic Amines//Science &Technology.-2008. -V.42. -P.9116-9121.

12. Dr. Christoph Leyens Dr. Manfred Peters.Orthorhombic Titanium Aluminides: Intermetallics with Improved Damage Tolerance//Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications.-2005.

13.Lütjering, Gerd, Williams, James C.Fundamental Aspects//Titanium.-2007.-V.1.-P.1-14.

14.П. В. Панин, Д. А. Дзунович, Е. Б. Алексеев.Температурно-концентрационные диаграммы фазового состава водородсодержащих сплавов//Математика и механика. Физика.-2014.

15.А.А. Попов.А.Г. Илларионов.Установление влияния химического состава на протекание полиморфного превращения в двухфазных сплавах титана методами термического анализа.//УДК 669-1.-2013.-V.1.-P.8-20.

16.George Vander Voort .Metallographic Preparation of Titanium and its Alloys//Tech Notes.-1999.-V.3.-I.3.

17. Самарова. И. Н., Водородное охрупчивание титана и его сплавов: диссертация доктора технических наук Москва, 2010. –300 с.

18. Тихонова, М.С. Особенности статической рекристаллизации аустенитной нержавеющей стали после интенсивной пластической деформации / Тихонова, М.С., Беляков А.Н. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Физика твердого тела, - 2013 - No 2(2), -стр. 92-95

19. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. // Теоретическая физика в 10 томах. Том 5.-2002.-V.1.-I.5.-P.616.

20. И.Н. Самарова. Т. Ю. Скакова. Водородное охрупчивание титана и его сплавов // Материаловедения и технологии конструкционных материалов.- 2010. .-V.3.-I.5.-P.23-56

21. cnc3d-printer.com [Электронный ресурс] /2016 — Режим доступа: <https://cnc3d-printer.com/>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.