

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

Школа ИЯТШ
Направление подготовки (специальность) Физика
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики ТПУ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Получение металлических порошков методом газофазного гидрирования для аддитивного производства

УДК 621.762.2:66.094.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Чжао Ицзунь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭФ	Сыртанов М. С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

Поразделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
еРуководитель ОЭФ	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 ФГОС3+ (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 ФГОС3+ (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 ФГОС3+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
Р4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОС3+ (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 ФГОС3+ (ОПК-8, ОПК-9)

Профессиональные компетенции

Р6	<p><u>Научно-исследовательская деятельность</u></p> <p>Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.</p>	<p>Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)</p>
Р7	<p><u>Научно-инновационная деятельность</u></p> <p>Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.</p>	<p>Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)</p>
Р8	<p><u>Организационно-управленческая</u></p> <p>Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования</p>	<p>Требования ФГОСЗ+ (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»**

Школа _____ ИЯТШ
Направление подготовки (специальность) _____ Физика
Отделение школы (НОЦ) _____ Отделение экспериментальной физики ТПУ

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель

_____ Лидер А.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Чжао Ицзунь

Темаработы:

Получение металлических порошков методом газофазного гидрирования для аддитивного производства

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Объектом исследования является порошок циркониевого сплава Э110 после газофазного гидрирования.

<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"> - Провести анализ литературных данных. - Подготовить образцы циркониевого сплава Э110 - Подобрать оптимальные параметры газофазного гидрирования для получения порошка циркониевого сплава Э110 заданной фракции - Провести разделение порошка по фракциям, чтобы получить порошок, удовлетворяющий требованиям аддитивного производства по размеру (20-100 мкм). - Провести отжиг порошков с целью удаления водорода. - Определить концентраций водорода методом экстракции в потоке инертного газа. - Социальная ответственность; - Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение; - Заключение.
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭФ	Сыртанов М. С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Чжао Ицзунь		

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Чжао Ицзунь

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих (127284,4 руб)</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Районный коэффициент 30%, Отчисления во внебюджетные фонды - 27,1%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Чжао Изунь		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Чжао Ицзунь

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p>1. При работе на комплексе GasReaction ControllerLP на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Микроклимат; - ПЭВМ. <p>А также опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Электрическое напряжение; - Воздействие высокой температуры; - Эксплуатация газовых баллонов (аргон), работающих под давлением. <p>2. При неисправности в работе комплекса GasReaction ControllerLP возможна утечка газа, возгорание, поражения электрическим током.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке GasReaction Controller; - инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В; - инструкция № 2-07 по охране труда

	<p>при работе с баллонами, работающими под давлением.</p> <p>Документы по воздействию ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ; - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы; - ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности; - ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности; - ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. <p>Микроклимат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></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 	<p>1. Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Воздействие электрического напряжения на организм человека; - Воздействие высокой температуры на организм человека;

<p><i>нормативно-технический документ);</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – Воздействие химических веществ на дыхательные пути и организм человека в целом; – Утечка газа из баллона; – Микроклимат.
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></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); – пожар взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (непосредственное питание установки от сети постоянного тока 220 В; средства защиты, предусмотренные конструкцией установки, соблюдение правил и инструкций по электробезопасности при работе); – термическая опасность (печь нагрева образцов; защита специальной конструкцией установки, изолирующие слои, соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки); – пожар взрывобезопасность (баллоны с газом; соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки).
<p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></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>3. Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Выброс в атмосферу рабочего газа; – Выброс в атмосферу химических веществ;
<p><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Утечка газа из баллона; – Возникновение возгорания; – Поражение оператора установки электрическим током; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
<p><i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового 	<p>5. Правовые вопросы обеспечения безопасности</p>

законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов магистров)	1. Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Чжао Ицзунь		

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

Школа ИЯТШ
Направление подготовки (специальность) Физика
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики ТПУ
 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	Обзор литературы	15
01.09.2017	Подготовить образцы циркониевого сплава Э110	15
30.12.2017	Получение порошка циркониевого сплава Э110 заданной фракции	20
30.04.2018	Анализ результатов	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭФ	Сыртанов М. С.			

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 80 страница, 15 рисунков, 12 таблиц, 34 литературных источника, 0 приложений.

Ключевые слова: аддитивное производство, газофазное гидрирование, рентгеноструктурный анализ, отжиг.

Цель: Разработать методику получения порошков на основе циркония методом газофазного гидрирования для аддитивного производства.

В первой главе рассмотрены виды и классификация аддитивного производства. Описаны преимущества и основные принципы электронно-лучевого сплавления (EBM) и селективного лазерного сплавления (SLM).

Во второй главе представлены методы получения сферических металлических порошков для аддитивного производства. Описаны преимущества и недостатки методов газовой атомизации, электроэрозионной атомизации и вакуумной атомизации.

В третьей главе представлены экспериментальные приборы и методы исследования: установка для пучковой обработки и магнетронного напыления «Радуга-спектр», газофазное гидрирование (GasReaction Controller), рентгеноструктурный анализ (XRD), и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

В четвертой главе представлены результаты рентгеноструктурного

анализа и сканирующей электронной микроскопии циркониевого сплава Э110 после насыщения водородом и после отжига в течение 2, 4, 6, 8, 10, 12 часов.

Содержание

Введение	17
1 Аддитивные методы производства	18
2.Виды и классификация аддитивных технологий	19
2.1.Электронно-лучевое сплавление(EBM)	19
2.2.Селективное лазерное сплавление(SLM).....	23
3.Методы получения сферических металлических порошков.....	26
3.1Процесс газовой атомизации	26
3.2 Электроэрозионное диспергирование металлических загрузок.	29
3.3 Вакуумная атомизация.	30
4. Приборы и методы исследования.....	30
4.1 Нанесение слоя никеля.....	30
4.2 Газофазное гидрирование (Gas Reaction Controller)	32
4.3 Рентгеноструктурный анализ (XRD)	34
4.4 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).....	36
5.Результаты и их обсуждение.....	36
5.1 Подготовка образцов	37
5.2 Структура и морфология циркониевого порошка после газофазного гидрирования	37

5.3 Структура и морфология циркониевого порошка после термической обработки	40
Заключение	45
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
Введение	46
6.1. Потенциальные потребители результатов исследования	46
6.2. Технология QuaD	47
6.3. SWOT-анализ	48
6.4. Структура работ в рамках научного исследования	49
6.5. Определение трудоемкости выполнения работ	52
6.6. Планирование управления научно-техническим проектом	54
6.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	56
6.7.1. Расчет материальных затрат НТИ	56
6.7.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57
6.7.3. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	58
6.7.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	58

6.7.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	59
Заключение	60
7. Социальная ответственность	61
Введение	61
7.1 Техногенная безопасность	61
7.2 Анализ вредных и опасных факторов.....	63
7.2.1 Электромагнитные поля	63
7.2.2 Шум.....	64
7.2.3 Освещение	66
7.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	68
7.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	69
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
7.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях	74
Заключение	75

Введение

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

Аддитивные технологии (AM-технологии, 3D-печать, технологии послойного синтеза) – относительно недавнее, но динамично развивающееся направление современного, так называемого «цифрового» производства. Сегодня все большее число предприятий обращается к технологиям послойного синтеза для производства разного рода изделий. Так, например, широкое применение они находят в имплантологии, авиастроительстве, прототипировании новой продукции, дизайнерском бизнесе и мелкосерийном производстве [2]. Преимущества такого вида производства очевидны. Во-первых, изготовление мелких и геометрически сложных элементов (сетки, решетки, матрицы, плетения и т. д.) при помощи аддитивных машин превосходит традиционные методы в стоимости и скорости. Во-вторых, «выращивание» детали в специальном оборудовании выгоднее «вычитающих» традиционных методов с точки зрения расхода

материала. В-третьих, такое производство, в отличие от привычного, не требует огромных площадей, специальной квалификации персонала, крупных энергетических затрат и может существовать в качестве вспомогательного хозяйства во многих сферах деятельности. Так, например, сегодня серьезно рассматривается вопрос использования аддитивного оборудования на космических станциях и в медицинских учреждениях. И наконец, основным достоинством аддитивных методов производства является возможность получать готовые изделия в результате одного непрерывного технологического процесса, что существенно экономит временные затраты [3].

Таким образом, актуальность разработок в сфере АМ-технологий неоспорима. В этой связи в настоящей работе рассмотрены различные методы послойного синтеза материалов, применяемых для целей аддитивного производства[4].

Научная новизна работы впервые исследованы закономерности получения порошков на основе циркония методом газофазного гидрирования.

1 Аддитивные методы производства

На сегодняшний день в мире существуют высокие требования к структуре металлических изделий сложной формы. Более того, необходимо изготавливать такие изделия быстро и с

наименьшими затратами исходного материала. В этих целях традиционные методы производства являются иногда неподходящими, потому что они медленные, дорогие, и не экологичные. Для решения поставленных задач в последние годы получили широкое развитие аддитивные технологии [5].

Применение аддитивных технологий в последние три десятилетия увеличилось в несколько раз. Этот рост стал возможным за счет улучшения материалов и технологий аддитивного производства. В настоящее время потребности рынка, такие как более короткие сроки изготовления продукта, увеличение спроса на продукцию с особыми требованиями уменьшает себестоимость аддитивного производства. Более того, аддитивные технологии позволяют экономить материал. Аддитивные технологии основаны на получении изделий послойно [6]. Слои сплавляются между собой, образуя объемное изделие.

Такое производство имеет много преимуществ: таких как увеличение эффективности использования ресурсов и продление срока службы изделия [7].

2. Виды и классификация аддитивных технологий

2.1. Электронно-лучевое сплавление (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[8]. Этот метод имеет высокую температуру плавления, но есть и недостатки, такие как 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[Ошибка! Закладка не определена.]

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. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1. Как правило, толщина слоя порошка составляет от 50 мкм до 200 мкм[9]. 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 [10].

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 [11, **Ошибка! Закладка не определена.**]. Сначала порошковым слое дефокусирующие пучка подогреть, дефокусирующие пучка сканирует поверхность несколько раз слой порошка. Использование больших значений тока пучка (более 30 мА) и скорости сканирования 104 мм/с, температур > 700 °С порошкового материала необходимы для печати сплава ВТ6. Для меди достаточно использовать температуру 550 °С [12]. Это приводит не только к нагреву порошка, но также 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. Эксплуатационная атмосфера для процесса ЕВМ в основном вакуум $< 10^{-2}$ Па [**Ошибка! Закладка не определена.**].



Рисунок 1. Схематическое изображение реализации электронно-лучевого сплавления

EBM использует высокие энергии электронного пучка, в котором тонкий слой металлического порошка плавится электронным лучом. При этом создается расплав, который впоследствии затвердевает, образуя плотные соединения.[13] Глубина проникновения электронных пучков значительно выше по сравнению с лазерными лучами. [14]



Рисунок 2 – Изделия, полученные методом электронно-лучевого сплавления

EBM технология может изготавливать изделия со сложными структурами. Эти изделия могут быть использованы в медицине, так как они очень похожи по структуре на кости. На рисунке 2 показаны различные титановые конструкции, полученные методом электронно-лучевого сплавления, используемые в медицинских целях. В данный момент ведутся исследования по внедрению металлических конструкций, полученных методом электронно-лучевого сплавления в качестве биосовместимых материалов.

2.2. Селективное лазерное сплавление (SLM)

Селективное лазерное сплавление (SLM) является одним из наиболее распространенных процессов АП (Аддитивное производство), которые возникли в последние десятилетия.

Это метод позволяет изготавливать трехмерных полимерные компоненты сложной формы в соответствии с данными CAD

(CAD-системы (computer-aided design) — компьютерная поддержка проектирования, предназначенная для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации) непосредственно из порошкообразных материалов без необходимости оснастки и установки. Изделия изготавливаются слой за слоем. Каждый слой переплавляется по три раза. Сначала, платформа опускается на толщину одного слоя. Во-вторых, порошок разравнивается на платформе при помощи использования движущегося ролика или сверхтонкого устройства [15]. Предварительно исходный порошковый материал нагревают до температуры, близкой к температуре плавления. И в-третьих, лазерный луч воздействует на слой порошка по произвольным траекториям для того, чтобы расплавить определенные области слоя порошка. Эти шаги применяются попеременно до тех пор, пока изделие не будет завершено. [16]

Селективное лазерное сплавление показало ряд преимуществ по сравнению с другими методами АП.

Основными преимуществами селективного лазерного сплавления являются: небольшая шероховатость поверхности изделий, низкая цена оборудования и высокая прочность изделий [17].

Подобно струйной 3D печати, технологии лазерного сплавления используют порошки металлов, полимеров или керамики

для создания 3D-объектов. Эти порошки, как правило, в диапазоне размеров от 20 до 80 мкм. В методе лазерного сплавления используется лазер, который селективно проплавляет порошковый материал слой за слоем, чтобы построить 3D-объект. После лазерного сплавления одного тонкого слоя порошка, следующий слой порошка наносится на предыдущий слой, и платформа опускают на расстояние, равное толщине одного слоя. Этот процесс повторяется до тех пор, пока печать 3D-объекта не будет завершена. После завершения 3D печати объекта не сплавленный порошок удаляется из готового изделия[6].



Рисунок 3. Схема реализации селективного лазерного сплавления

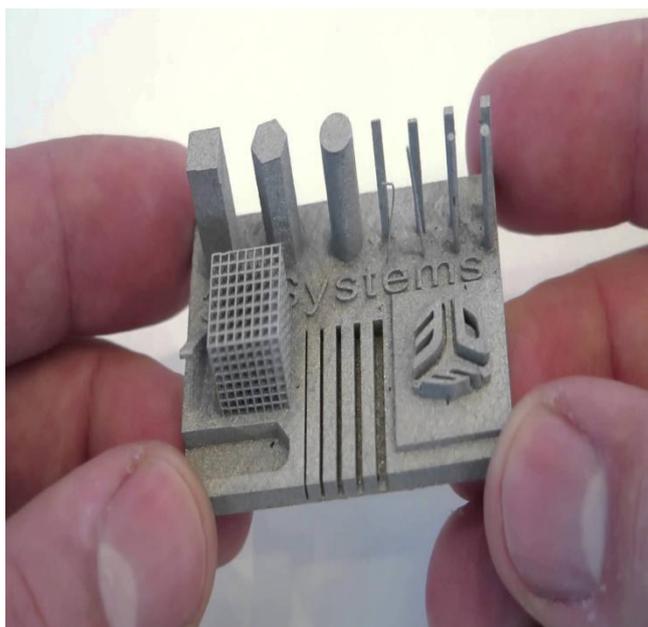


Рисунок 4 – Изделия, полученные методом селективного лазерного сплавления

На рисунке 4 показано изделие, полученное методом селективного лазерного сплавления. Как видно из рисунка, методом селективного лазерного сплавления можно получать изделия сложной структуры и высокой точности[18].

3.Методы получения сферических металлических порошков

3.1Процесс газовой атомизации

Наиболее часто используемые коммерческие способы получения порошков могут быть подразделены на те, которые вовлекают химическое восстановление окислов, механическое дробление хрупких материалов, электролизом растворов и распад расплавов или атомизацией [19].

При газовой атомизации (рис. 5) металл расплавляют в плавильной камере, заполненной инертным газом. Затем его сливают в управляемом режиме через распылитель, где под высоким давлением производится разрушение потока жидкого металла струей инертного газа. Во время фазы полета под действием сил поверхностного натяжения частицы приобретают сферическую форму [20].

Основные типы атомизации процессов включают в себя:[21]

1. Струйное распыление расплава
2. Центробежное распыление
3. Дезинтеграция жидкого металла
4. Воздействие распыления жидкого потока
5. Ультразвуковое распыление
6. Импульсное распыление
7. Вакуумное распыление

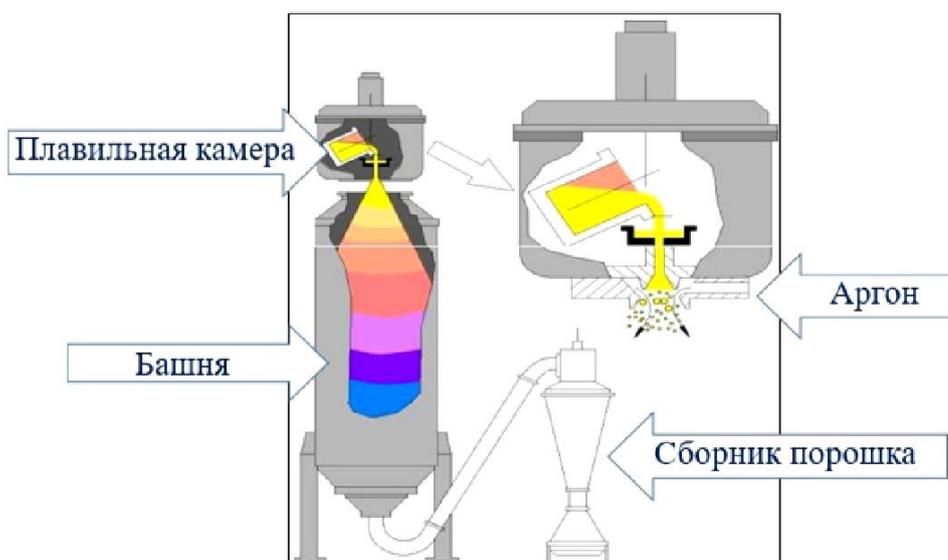


Рисунок 5 – Процесс газовой атомизации

Горячий сжатый газ под давлением подается во впускной патрубке форсунки, истечение газа из кольцевого зазора форсунки создает в выходной части центрального канала вакуумное разрежение [22], тем самым обеспечивая поступление расплавленного металла по металлопроводу в центральный канал [23], формируя возмущенный двухфазный поток газометаллической смеси на выходе центрального канала форсунки с последующим вводом его через радиальные или наклонные раскаты с образованием возмущенного двухфазного потока газометаллической смеси на выходе форсунки с последующим двухстадийным распылением [24].

Однако в данном методе существуют свои преимущества, основным из которых является размер получаемого порошка (более 10 мкм).

3.2 Электроэрозионное диспергирование металлических загрузок.

Под действием импульсов напряжения в слое металлических частиц (гранул, стружки) происходит формирование большого количества искровых разрядов. Высокая температура разрушает металлические частицы и преобразовывает их в нанодисперсные частицы.

Использование: в порошковой металлургии, в частности, для получения порошков и может быть использовано также для производства паст, суспензий и катализаторов. Сущность изобретения: устройство состоит из диэлектрического сосуда с отверстием в его нижней части для подачи рабочей жидкости и из двух электродов, помещенных в сосуд под нижними концами которых установлено дополнительное диэлектрическое днище, удерживающее слой гранул диспергируемого металла[25]. Согласно изобретению дополнительное днище составлено из параллельных друг другу прутков или призм, установленных ребром кверху, со щелевым зазором между ними, простирающимся от одного электрода к другому. При работе устройства гранулы над щелевым зазором перемешиваются в фонтанирующем псевдооживленном слое, а гранулы, прилегающие к поверхности прутков или призм, плотно прижаты друг к другу, образуя разрядные цепочки между

электродами, обеспечивающие стабильность разрядов^[26].

3.3 Вакуумная атомизация.

Процесс вакуумной атомизации в зарубежной литературе часто называют *soluble gas atomization*, т. е. атомизация за счет растворенного в расплаве газа. Суть его состоит в следующем. Атомайзер состоит из двух камер – плавильной. В плавильной камере создают избыточное давление газа (водород, гелий, азот), который растворяется в расплаве. Во время атомизации металл, под действием давления в плавильной камере поступает вверх к сопловому аппарату, выходящему в распылительную камеру, где создают вакуум. Возникающий перепад давлений побуждает растворенный газ к выходу на поверхность капель расплава и «взрывает» капли изнутри, обеспечивая при этом сферическую форму и мелкодисперсную структуру порошка^[27].

4. Приборы и методы исследования

4.1 Нанесение слоя никеля

Для удаления тонкой оксидной пленки с поверхности исследуемого материала применяется очистка ионами аргона, которые вызывают интенсивное распыление. На следующем этапе проводится осаждение никелевого покрытия методом магнетронного распыления^[28]. Процесс ионной очистки и нанесения покрытия осуществлялись на установке «Радуга спектр» кафедры общей

физики Томского политехнического университета, схема которой представлен на рисунке 6. Было обнаружено, что никелевое покрытие значительно увеличивает скорость сорбции водорода титанового сплава по сравнению с чистым титаном, покрытым тонким оксидным слоем [29].



Рисунок.6 Схема нанесения слоя никеля

Магнетронное распыление — технология нанесения тонких плёнок на подложку с помощью катодного распыления мишени в плазме магнетронного разряда.

Магнетрон — это мощный электронный прибор, схема которой представлен на рисунке 7, генерирующий микроволны при взаимодействии потока электронов с электрической составляющей поля СВЧ в пространстве, где постоянное магнитное поле перпендикулярно постоянному электрическому полю

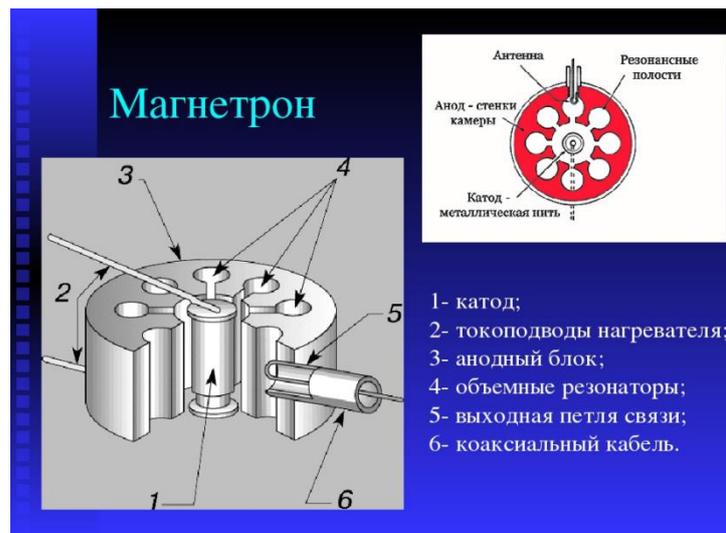


Рисунок.7 Схема магнетрона

Образцы фиксировали на держателе и помещали в вакуумную камеру. Базовое давление в камере составляло $2,5 \times 10^{-3}$ Па. Ионная очистка поверхности очень важна, когда осаждения тонких пленочных покрытий, имеющих хорошую адгезию. Необходимо удалить различные типы загрязнений, а также оксидную пленку, которая образуется на поверхности материала. Таким образом, перед нанесением, очистки поверхности использованы низкие исходную энергию ионов Ar. Покрытие Ni осаждалось путем магнетронного распыления постоянного тока с использованием мишени Ni (99,99% чистоты). Время осаждения изменялось для образования никелевых покрытий разной толщины.

4.2 Газофазное гидрирование (Gas Reaction Controller)

Анализ технологических показателей производства порошков, их преимуществ и недостатков показал, что наиболее

перспективным материалом для АМ- технологий является порошок, получаемый по гидридной технологии. Такой материал имеет низкоразвитые поверхности граней порошинок, приближенных по форме к сфероидам. Он менее, чем остальные, загрязнён примесями, поскольку водород способствует очищению титана при дегидрировании [30].

Таким образом, можно констатировать, что относительно дешёвый порошок, полученный по технологии гидрирования – дегидрирования, является перспективным с точки зрения замены существующих дорогостоящих порошков титана сферической формы.

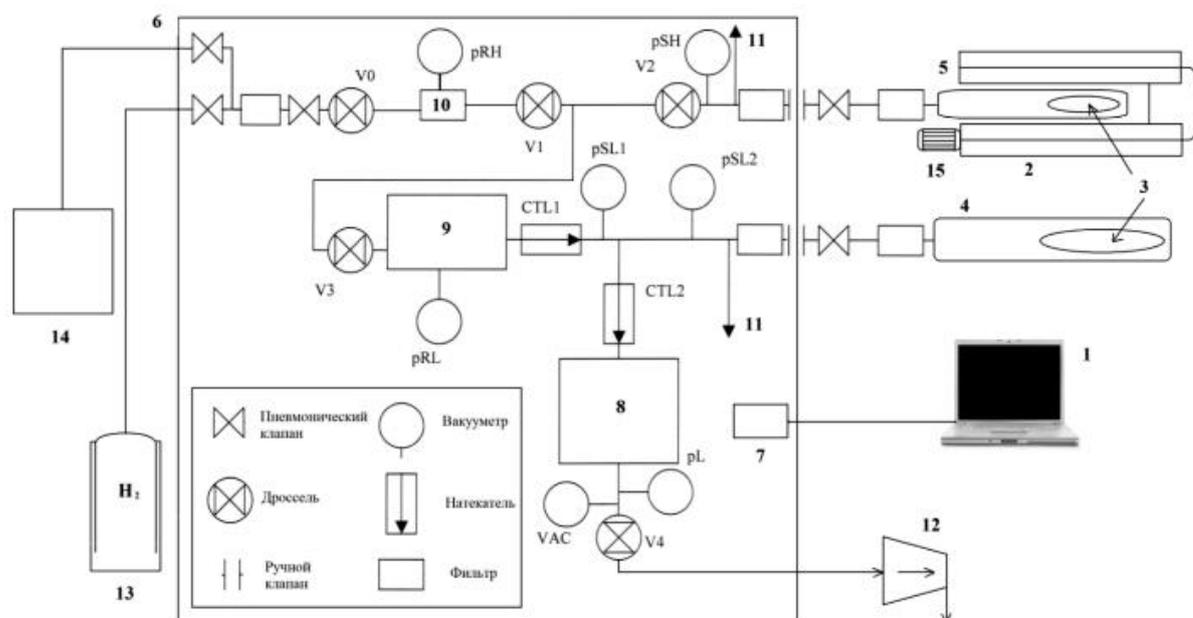


Рисунок.8 Схема газофазного гидрирования

Для предотвращения повреждений соединительных проводов

вследствие нагрева между печью и контроллером установлена система охлаждения.

4.3 Рентгеноструктурный анализ (XRD)

Методами РСА по дифракционным картинам, возникающим при рассеянии рентгеновских лучей кристаллическими веществами, можно изучать расположение атомов в этих веществах, процессы, связанные с перестройкой атомов в кристаллах. Можно исследовать диаграммы состояний систем, определять внутренние напряжения, размеры кристаллитов, виды и количество дефектов структуры.

Рентгеноструктурный анализ был использован чтобы получить оценку фазового состава исследуемых образцов и определения структуры поликристаллических материалов[31].

Для выяснения условия, когда же лучи будут усиливать друг друга, необходимо определить разность хода лучей: если разность хода будет равна целому числу длин волн ($AB + BC = n\lambda$), то дифрагированные лучи пойдут в этом направлении с одинаковой фазой[32]. Схема представлена на рисунке 9. $AB = BC = d\sin\theta$.

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

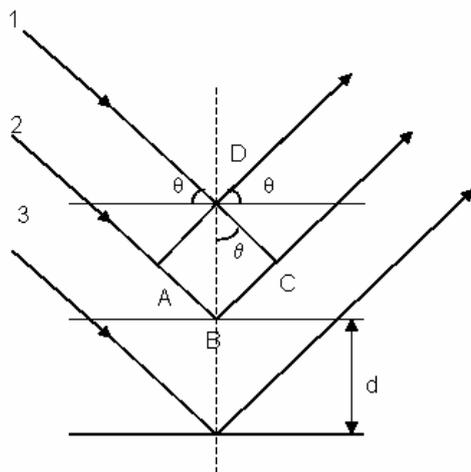


Рисунок 9 Условие Вульфа — Брэггов

Если исследуемый объект состоит из нескольких фаз, то каждая фаза будет иметь свою собственную дифракционную картину. В этом случае пики всех фаз образца присутствуют на рентгенограмме (рис.10). Интенсивность рефлексов каждой фазы будет зависеть от ее количества в тестовой смеси и степени кристаллизации.

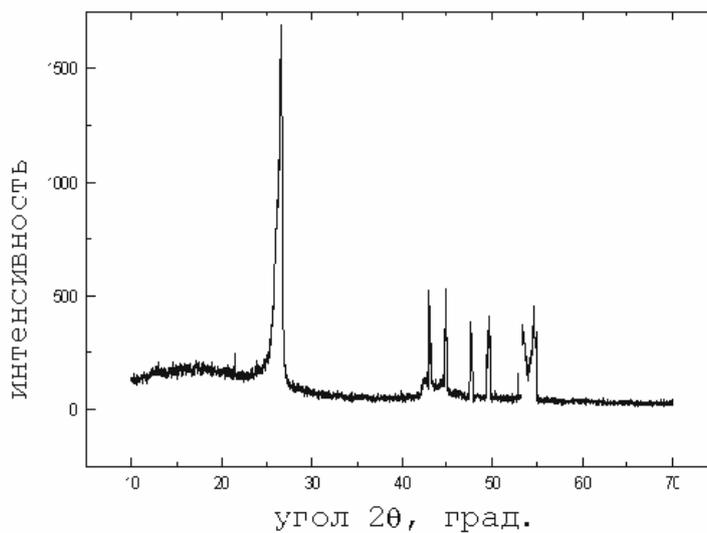


Рисунок 10 Примеры рентгенограмм нанопорошков

4.4 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

Микроскоп — это прибор, используемый для научных исследований, который предназначен, как и любой научный прибор, для получения информации об объекте исследования. Первой отличительной особенностью любого микроскопа является представление информации об объекте в форме изображения. Под изображением понимается графическое представление массива данных, описывающего определенный признак объекта (как правило, морфологический) в зависимости от координат в плоскости. При воспроизведении изображения в современных приборах используются цифровые средства отображения, изображение разбивается на точки, каждая из которых имеет свои координаты в плоскости (X и Y) (рис.1). В самом простом случае каждой точке приписывается величина яркости, которая, как правило, пропорциональна величине сигнала, регистрируемого при исследовании образца. Например, в случае оптической (световой) микроскопии, таким сигналом является интенсивность света, отраженного образцом или прошедшего через образец. В любом случае регистрируемый сигнал является результатом воздействия на объект исследования (светом, электронами и т.д.) [33].

5. Результаты и их обсуждение

5.1 Подготовка образцов

Образцы предварительно шлифовались и полировались для устранения поверхности загрязнений. После чего был поведен отжиг образцов при температуре 580 °С в течении 3 часов для снятия внутренних напряжений в материале и частичного отжига дефектов.

На первом этапе образцы взвешиваются и записывают данные. Далее образец помещается в камеру, которая плотно закрывается для предотвращения утечки. Дальше воздух откачивается до остаточного давления 0,05 Па.

На следующем этапе происходит насыщение образца при температуре 450 °С и давлении 2 атмосферы. Наводороживание было осуществлено на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller принцип работы, которой подробно описан в пункте 1.2. Образец циркониевого сплава Э110 насыщался до предельной концентрации, которая составила 3,5 мас.%. Время насыщения составляло несколько минут.

5.2 Структура и морфология циркониевого порошка после газофазного гидрирования

Оценка фазового и структурного состава циркониевого сплава Э110 после насыщения водородом проводилась путем анализа дифракционных картин. Результаты РСА представлены на рисунке 11. Структурные характеристики отражены в таблице 1.

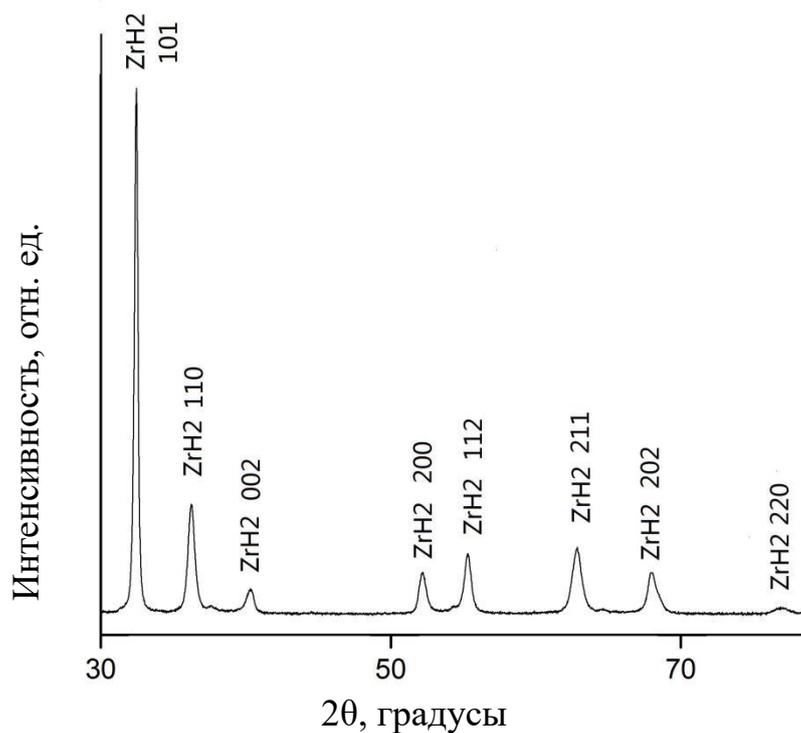


Рисунок 11 РСА порошков полученных методом газозафазного гидрирования

Таблица 1. Результаты рентгеноструктурного анализа циркониевого сплава Э110 после насыщения водородом

Фаза	Содержание объем %	Параметры решетки
ZrH ₂	100	a=3,5004; c=4,4710

Результаты рентгеноструктурного анализа показали наличие характерной фазы гидроксида циркония с тетрагональной сингонией. Параметры кристаллической структуры соответствуют стехиометрическому гидриду титана ZrH₂. Анализ дифракционных картин не показал наличие фазы циркония или какой-либо другой примесной фазы, что свидетельствует о полном переходе α циркония

в гидрид циркония.

Для оценки дисперсности и формы частиц после газофазного гидрирования была проведена сканирующая электронная микроскопия. Результаты СЭМ представлены на Рисунке 12.

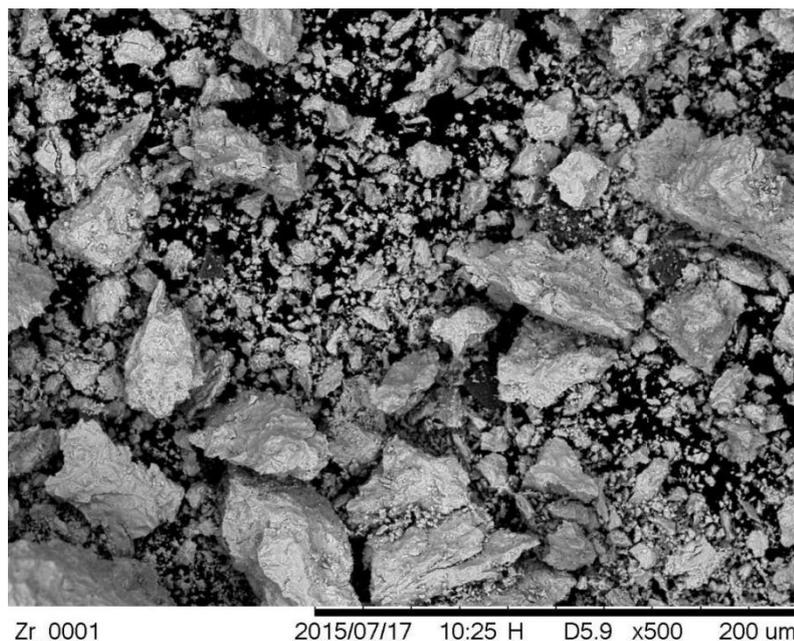


Рисунок 12 Результаты СЭМ порошков полученных методом газофазного гидрирования

Результаты сканирующей электронной микроскопии показали наличие порошков гидрида циркония различной дисперсности. На снимке отчетливо видны частицы, которые удовлетворяют требованиям аддитивного производства (20-100 мкм) по размеру. Однако, большее количество порошка значительно меньше указанных значений. По форме частицы представляют иррегулярные конгломераты

Для использования порошка в целях аддитивного производства необходимо провести дополнительное разделение по фракциям с последующим отжигом в вакуумной печи.

5.3 Структура и морфология циркониевого порошка после термической обработки

Оценка фазового и структурного состава циркониевого сплава Э110 после отжига в течение 2, 4, 6, 8, 10, 12 часов проводилась путем анализа дифракционных картин. Результаты РСА представлены на рисунке 13. Структурные характеристики отражены в таблице 2.

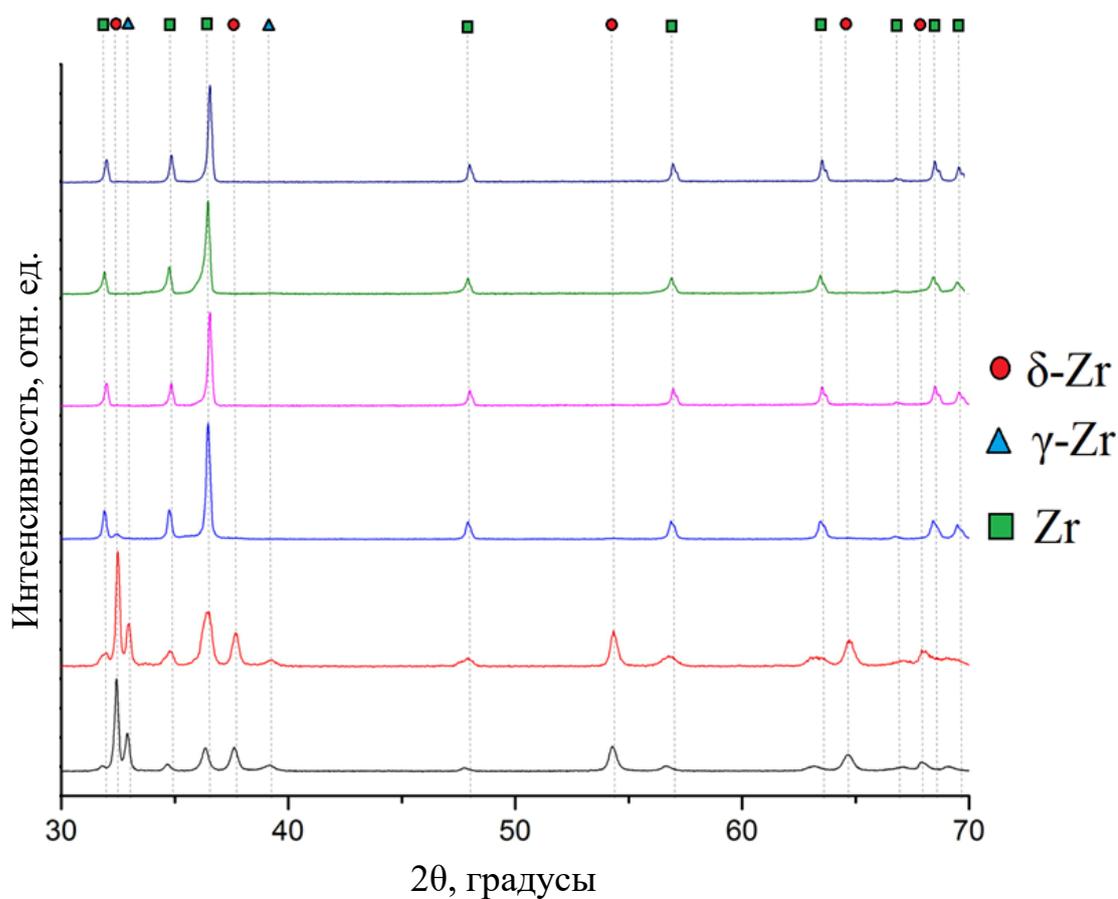


Рисунок 13 РСА порошка после отжига при температуре 600⁰С
в течение 2, 4, 6, 8, 10, 12 часов

Таблица 2. Результаты рентгеноструктурного анализа циркониевого сплава Э110 после отжига в течение 2, 4, 6, 8, 10, 12 часов.

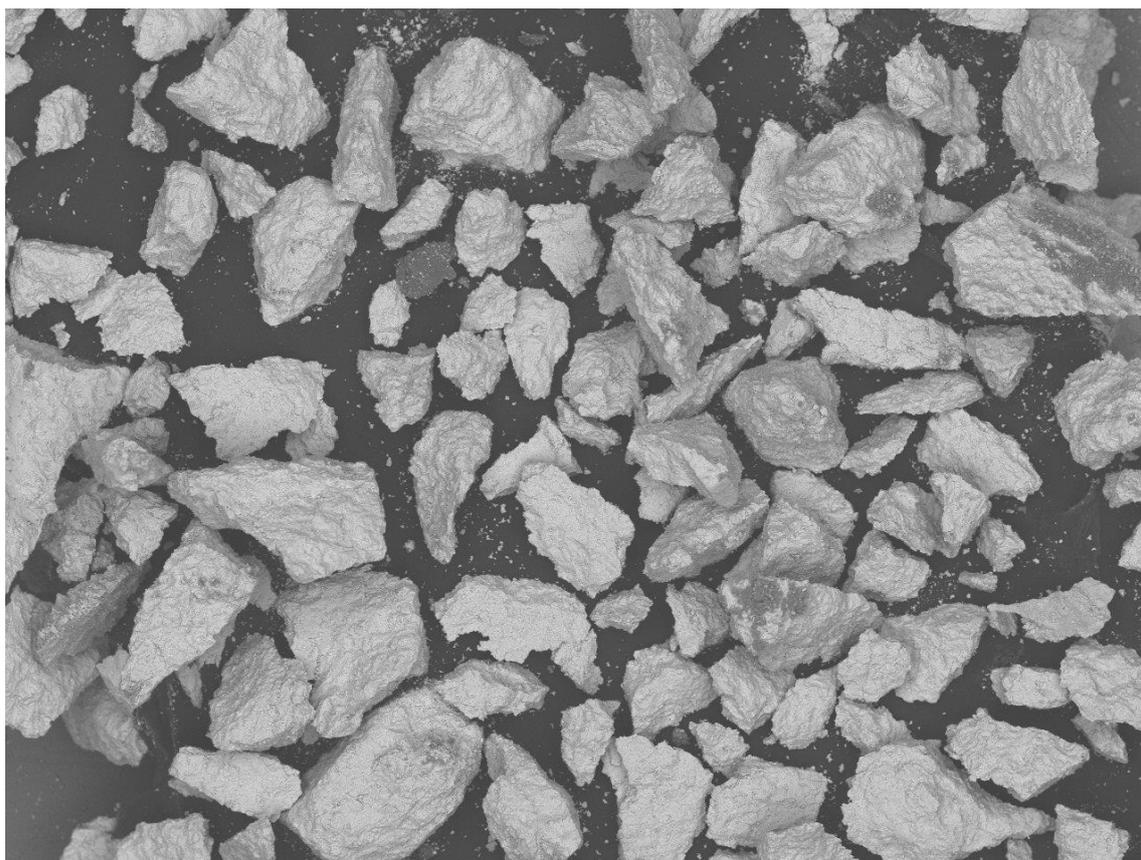
Время отжига, час	Фазы	Параметры решетки	Абсолютное содержание водорода, ppm
2 часа	δ-ZrH	a=3.2429 c=5.1646	>18000

	γ -ZrH	a=4.7731	
	Zr	a=4.5905 c=4.9641	
4 часа	δ -ZrH	a=3.2383 c=5.1548	12094
	γ -ZrH	a=4.7697	
	Zr	a=4.5860 c=4.9642	
6 часов	δ -ZrH	a=3,2315 c=5,1496	766
	Zr	a=4.5875 c=4.9640	
8 часов	Zr	a=3.2335 c=5.1539	311
10 часов	Zr	a=3.2318 c=5.1512	252
12 часов	Zr	a=3.2345 c=5.1547	186

Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что после отжига при 600°C в течение 2, 4, 6 часов не удается полностью удалить водород из порошка циркониевого сплава Э110. Термическая обработка при указанных параметрах приводит к формированию следующих фаз δ -ZrH, γ -ZrH и α -Zr.

Результаты рентгеноструктурного анализа показали что термический отжиг при 600°C в течение 8,10,12 часов полностью разлагает фазы гидрида циркония, так как на дифракционной картине присутствует лишь фаза α циркония. Анализ дифракционных картин не показал наличие фазы гидрида циркония или какой-либо другой примесной фазы, что свидетельствует о полном переходе гидрид циркония в α циркония.

Для оценки дисперсности и формы частиц после просеивания была проведена сканирующая электронная микроскопия. Результаты СЭМ представлены на Рисунке 14.



22.11.17_0000

H D9.2 x200 500 um

powder

Рисунок 14 Результаты СЭМ порошков полученных методом газифазного гидрирования после разделения по

По результатам СЭМ можно сделать вывод о том, что большее количество порошка имеет фракцию 20-120мкм, что полностью удовлетворяет требованиям аддитивного производства. Форма частиц представляет иррегулярные конгломераты.

Для использования полученного порошка в целях аддитивного производства необходимо провести сфероидизацию на плазмотроне.

Заключение

1. Предложена технология получения металлических порошков посредством газофазного гидрирования.

2. Установлено, что нанесение слоя никеля микронного порядка и последующее гидрирование при давлении 2 атмосферы и температуре 450 °С, позволяет получить порошок сплава Э110 от единиц до сотен мкм, что удовлетворяет требованиям аддитивного производства.

3. Результаты РСА показали, что отжиг при 600°С в течение 2, 4, 6 часов не полностью удаляет водород из образцов. На дифрактограммах помимо α -Zr присутствуют фазы δ -ZrH, γ -ZrH, что может негативно отразиться на процессе производства изделий.

4. Увеличение времени термической обработки до 8-12 часов приводит к полному разложению гидридных фаз циркония.

5. Изменение времени термического отжига от 8 до 12 часов приводит к снижению концентрации водорода от 311 до 186 ppm.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Оценка коммерческой ценности (потенциала) развития является предпосылкой для поиска источников финансирования для научных исследований и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы текущих исследований. Благодаря такой оценке ученый может найти партнера для дальнейших исследований, коммерциализации результатов таких исследований и открытия бизнеса. Целью данной главы является расчет затрат, необходимых для проведения НИОКР.

6.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Увеличение толщины покрытий приводит к росту эффективности барьерных свойств по отношению к водороду, однако существенно ухудшается адгезионная прочность. По результатам исследований определена оптимальная толщина водородонепроницаемых покрытий методом магнетронного распыления на основе нитрида титана, которая составила 0,92 мкм.

Цирконий и его сплавы являются важным конструкционным материалом легководных атомных зонах. Существует проблема

защиты конструкционных материалов, работающих в водородосодержащих средах от деструктивного воздействия водорода. Известно, что водород оказывает существенное влияние свойства металлов и сплавов. Проникновение водорода в объём материала приводит к коррозии, охрупчиванию и деградации механических свойств. Использование циркониевых сплавов в активной зоне ядерных реакторов типа ВВЭР и РБМК должно обеспечивать необходимую защиту этих сплавов от коррозии, наводороживания и фреттинг износа. Эффективным методом защиты циркониевых сплавов от проникновения водорода является нанесение водородонепроницаемых покрытий на основе нитрида титана.

6.2.Технология QuaD

Технология QuaD (QUALITYADVISOR) - это гибкий инструмент для измерения характеристик, характеризующих качество новой разработки и ее перспективы на рынке, и позволяющий вам принять решение о целесообразности инвестирования денег в исследовательский проект.

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0,1	85	100	0,85	8,5
2. Время производства	0,1	86	100	0,86	8,6
3. Энергоэффективность	0,2	93	100	0,93	18,6
4. Уровень шума	0,1	100	100	1	10
5. Ремонтопригодность	0,1	90	100	0,9	9
6. Безопасность оборудования	0,3	88	100	0,88	26,4
7. Простота эксплуатации	0,1	94	100	0,94	9,4
Итого	1	88,23	100	0,882	90,5

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что разработка считается перспективной.

6.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ - это комплексный анализ внутренней и внешней среды исследовательского проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап - это описание сильных и слабых сторон проекта, определение возможностей и угроз для реализации проекта, возникшего или появляющегося во внешней среде. Таблица 6.2.

Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С2. Квалифицированные сотрудники.</p>	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <p>с1. Большой срок поставки материалов, используемых при проведении научных исследований.</p> <p>с2. Продолжительность некоторых исследований.</p>
--	--	--

	<p>С3. Наличие необходимых средств для тестирования.</p> <p>С4.Экономика технологии.</p> <p>С5.Наличие материалы для исследования.</p>	<p>с3. Отсутствие инженерной компании, способной строить производство «под ключ».</p> <p>с.4. Отсутствие квалифицированного персонала для потенциальных пользователей в работе с научным развитием.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Повышение производительности</p> <p>В3.Спрос на результаты исследований.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У 1.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p> <p>У2.Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p>		

6.4. Структура работ в рамках научного исследования

Чтобы выполнить и спланировать эту работу по оптимизации толщины водопроницаемых покрытий на основе нитрида титана, сначала необходимо разделить ее на несколько частей, то есть на разные этапы:

1. Подготовительный этап. Выбор темы; изучение, анализ информации по этой теме. Определение рабочей группы;
2. Формирование теоретической части. Определение возможных направлений исследований;
3. Проведение экспериментов по теоретической части;
4. Количественная оценка экспериментальных исследований, выбор параметров;
5. Корректировка разработанных параметров после получения результатов эксперимента;
6. Выводы и предложения по этой теме, синтез результатов развития. Подготовка технологического отчета;
7. Заключительный этап. Анализ результатов исследования всей рабочей группы. Принятие результатов работы. Подготовка отчетов.

Таблица 6.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

<u>Основные этапы</u>	<u>№ раб</u>	<u>Содержание работ</u>	<u>Должность исполнителя</u>
<u>Разработка задания на НИР</u>	1	Составление и утверждение темы проекта	<u>Научный руководитель</u>
<u>Выбор направления исследования</u>	2	Поиск и изучение материала по теме	<u>Научный руководитель,</u> <u>Студент</u>
	3	Выбор моделей и способов анализа	<u>Научный руководитель</u>
	4	<u>Календарное планирование работ</u>	
<u>Теоретические исследования</u>	5	<u>Изучение литературы по теме</u>	<u>Научный руководитель</u> <u>Студент</u>
	6	<u>Поиск методов решения</u>	<u>Студент</u>
	7	<u>Систематизация и оформление информации</u>	
<u>Оценка полученных результатов</u>	8	<u>Измерение и получение данных</u>	<u>Студент,</u> <u>консультант</u>
	9	<u>Анализ полученных результатов</u>	<u>Руководитель,</u> <u>Консультант,</u> <u>Студент</u>
<u>Оформление отчета по НИР</u>	10	<u>Составление пояснительной записки</u>	<u>Студент</u>

6.5. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость проведения научных исследований оценивается в индивидуальные дни и носит вероятностный характер, поскольку она зависит от многих факторов, которые трудно принять во внимание. Следующая формула используется для определения ожидаемого значения трудозатрат:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (6.1)$$

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (6.2)$$

Для удобства планирования календаря продолжительность этапов в рабочие дни пересчитывается в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (6.3)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, календарн. день;

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (6.4)$$

где $T_{кг}$ - количество календарных дней в году;

Определите продолжительность этапов в рабочие дни и календарный фактор:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22,$$

Результаты расчетов приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6– Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ							
		t_{min} чел-дн	t_{max} чел-дн	$t_{ож}$ чел-дн	T_R раб.дн	T_k кал.дн	V_i %	Γ_i %	
1	Руководитель	4	8	5,6	5,6	7	9,33	9,33	
2	Студент-диплом ник Руководитель	15	18	16,2	8,1	10	13,33	22,6	
3	Руководитель	4	9	6	6	7	9,33	32	
4	Руководитель	4	8	5,6	5,6	7	9,33	41,3	
5	Руководитель. Консультант Студент-диплом ник	8	15	10,8	5,4	7	9,33	50,6	
6	Студент-диплом ник	7	9	7,8	7,8	9	12	62,6	
7	Студент-диплом ник	7	12	9	4	11	14,6	77,33	
8	Консультант Студент-диплом ник	6	9	3,6	1,3	4	5,3	82,6	
9	Студент-диплом ник Руководитель	4	10	6,4	2,1	3	4	86,6	
10	Студент-диплом ник	7	11	8,6	8,6	10	13,3	100,00	
<u>Итого</u>						Руководитель	41		
						Студент	54		

6.6. Планирование управления научно-техническим проектом

В рамках планирования научного проекта необходимо составить график проекта. Для планирования R & D была выбрана диаграмма

Ганта, которая является типом гистограмм.

Таблица 6.7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Этапы	Вид работы	Исполнитель	t	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	руководитель	7	█				
2	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель Студент-дипломник	10	█ █				
3	Выбор моделей и способов анализа	руководитель	7		█			
4	Календарное планирование работ	руководитель	7		█			
5	Изучение литературы по теме	Студент-дипломник руководитель	7		█ █			
6	Поиск методов решения	Студент-дипломник	9			█		
7	Систематизация и оформление информации	Студент-дипломник	11			█ █		
8	Измерение и получение цифры	Студент-дипломник консультант	4				█ █	
	Анализ полученных результатов	Студент-дипломник Консультант руководитель	3				█ █ █	
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	10				█	

- консультант,
 - руководитель,
 - студент-дипломник

6.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

6.7.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (6.5)$$

где: m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при проведении научных исследований;

$N_{расхи}$ - количество материальных ресурсов i -го типа, которое планируется использовать для научных исследований (шт., Кг, м, м² и т. Д.);

Таблица 6.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, (З _м) руб.
Бумага	лист	150	2	345
Картридж для принтера	шт.	1	1000	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	350	402,5
Ручка	шт.	1	20	23
Дополнительная литература	шт.	2	400	920
Тетрадь	шт.	1	10	11,
Итого			2852	

6.7.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Стоимость материальных затрат рассчитывается в соответствии с текущими прейскурантами или контрактными ценами.

Таблица 6.9 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты.

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Катод из титана	ТПЧ, 79x45 мм	1	14600	14600
Мишень из титана	ТПЧ, 120x8 мм	1	12500	12500
Всего за материалы				27100
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1355
Итого по статье С_м				28455

Затраты на электроэнергию для установки «Радуга спектра»:

$$Z_{\text{элек.}} = 7 \text{ кВт} \times 40 \text{ час} \times 6 \text{ руб.кВт/час} = 1680 \text{ руб.}$$

Таким образом, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ равен 30135 руб.

6.7.3. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6.6)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (6.7)$$

Таким образом, заработная плата руководителя:

$$\frac{17000 \times 1,3 \times 10,4}{251} \times 41 = 37515 \text{ руб}$$

заработная плата студента:

$$\frac{9893 \times 1,3 \times 10,4}{251} \times 54 = 28728 \text{ руб}$$

6.7.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (6.10)$$

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

6.7.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 6.11.

Таблица 6.11 – Расчет бюджета затрат НИИ

<u>Наименование статьи</u>	<u>Сумма, руб.</u>
<u>Материальные затраты НИИ</u>	2852
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	30135
Затраты по основной заработной плате	66243
Затраты по дополнительной заработной плате	7948,4
<u>Отчисления во внебюджетные фонды</u>	20106
<u>Бюджет затрат НИИ</u>	127284,4

Заключение

При планировании исследовательской работы рассчитывался бюджет исследования. В процессе формирования бюджета группы были использованы на материальные затраты (2852 рубля), расходы на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (30135 рублей), расходы на основную оплату исполнителей этой темы (66243 рубля), дополнительные (7948,4 рубля), отчисления в внебюджетные фонды (20106 руб.). Общий бюджет составил 127284,4 рубля. Эта оценка коммерческой ценности необходима для представления финансового состояния и перспектив текущих исследований.

7. Социальная ответственность

Введение

Исследовательский документ для изучения влияния водорода на механические свойства титана включает в себя работу, выполненную на различных системах. Например, установка насыщения водорода, микротвердость и т. д. Основная задача в этой работе – исследование механических и сорбционных характеристик образцов циркония Э110 полученного методами литья и селективного лазерного спекания. Поэтому, принимая во внимание безопасности и здоровье на рабочем месте путем гидрирования, контролирующего реакцию газа с использованием особого значения в данном исследовании. Контроль реакционного газа используется для исследования в отделении сорбционной / десорбции водорода из металлических и неметаллических материалов, используемых в процессе диффузии водорода термической диффузией.

7.1 Техногенная безопасность

Настройки работы Gas Reaction Controller осуществляется путем подачи напряжения переменного тока 220В, экспериментальное исследование в газовой атмосфере (гелий, водород). Во время работы газового реактора управления завода вредного воздействия факторов, таких как:

- микроклимат,
- электромагнитные поля,
- шум,
- освещение,

Кроме того, возможные последствия следующих угроз безопасности:

- пороговое напряжение;
- воздействие высоких температур;
- техническое обслуживание газовых баллонов (водород, гелий), которых работать под давлением.

Влияние электрического напряжения на человека обусловлено током, протекающим через него. Прохождение тока может вызвать раздражение и повреждение различных органов человека. Пороговый ток без отключения составляет 50 Гц (6-16 мА). Осуществляется защита от воздействия электрических токов через организационные, технические и профилактические меры.

Если воздействие тепла на организм человека, принимая во внимание, что важно отметить, что запрещает крышку нагретой печи от отверстия, прикасаться к камере и носить одежду во избежание термических ожогов при работе с установкой, в которую образец помещается.

Если есть утечка газа из цилиндра, это может привести к пожару. Утечки перед использованием проверки целостности газовых баллонов, которых прочность крепления, ни газа. Клапан и поток должен быть надлежащим образом проверить, манометр должен быть проверен, и скорректированный редуктор имеет газа в матче цилиндра.

Если компьютер нагрузки т вредного воздействия на организм человека на зрение, лицевые кожные заболевания, неврологические и психические расстройства и. Д. допустимое

электрическое поле 25 В / м (от 5 Гц до 2 кГц) и 2,5 В / м (от 2 до 400 кГц). Различные фильтры используются для защиты от электромагнитных полей. Ориентация световые линии должны быть на северо-востоке или на севере. Искусственные источники света: люминесцентные вида ЛБ и ДРЛ. Оптимальный параметр микроклимата. Если он работает с шумом ПК, не может быть, значением для этих типов операций не превышают.

Для удобства работы в помещении необходимо нормализовать параметры микроклимата. Необходимо использовать защитные меры для методов и средств защиты от высоких и низких температур, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, искусственного освещения и т. п.

7.2 Анализ вредных и опасных факторов

Исследовательский документ для изучения влияния водорода на механические свойства титана включает в себя работу, выполненную на различных системах. Например, установка насыщения водорода, микротвердость и т. д. Основная задача в этой работе – исследование механических и сорбционных характеристик образцов циркония Э110 полученного методами литья и селективного лазерного спекания.

7.2.1 Электромагнитные поля

Чтобы проанализировать результаты работы, вы должны работать с компьютером. Источниками электромагнитного

излучения являются электрические сигналы цепей, когда компьютер работает. Нарушения в организме человека под действием электромагнитных полей малых напряжений обратимы. Под влиянием полей, что напряжения, которые имеют более высокие, чем максимально допустимый уровень, развитие заболеваний нервной и сердечно-сосудистой систем, желудочно-кишечных и некоторых биологических параметров крови. Сильным источником электромагнитных полей в пространстве расположены системы отклоняющей катушки в непосредственной близости от базовых частей ЭЛТ-мониторов.

Для того, чтобы соответствовать прочь с максимально допустимой электромагнитной напряженности поля от глаз до монитора 60 до 70 см должно быть, но не менее 50 см. Увеличение расстояния приводит в 2-кратном 32-кратным уменьшением плотности мощности на более низких частотах для оператора.

7.2.2 Шум

В процессе работы, основные источники шума является вакуумным насосом. В стандартах гигиены приемлемый уровень шума составляет 55 децибел (дБ), чтобы быть в течение дня и 40 децибел (дБ) в ночное время [СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах]. Средство для защиты от шума балансировки вращающихся деталей для применения механических зазоров в передаче зубьев подходящих смазочных материалов.

Продолжительное воздействие *шума* на организмы человека имеют следующие последствия:

- а) более низкая производительность;
- б) память, внимание и чувствительность к предупреждающему сигналу остроты зрения;
- в) чувствительность слуха уменьшается.

Для того, чтобы довести уровень шума до санитарных норм, соблюдать следующие правила организации работы в области имеет:

1. внутренний блок кондиционер должен людьми творческого труда, участвующих (программист), и не использовать их на полную мощность и позволяет, климатические условия отдалены;
2. использование времени прерывания МФУ (при отсутствии аварийной ситуации);
3. выполняет в блоке своевременную профилактическую компьютерную систему (тестирование и смазка движущихся частей систем охлаждения, замена чрезмерно шумных компонентов)

Для обеспечения оптимальных метеорологических условий эксплуатации кондиционирование воздуха - это автоматическое обслуживание в заданных условиях оптимальных параметров микроклимата и чистоты воздуха независимо от внешних условий внутри помещения. Системы кондиционирования обеспечивают создание и автоматическое поддержание заданных параметров

окружающей среды в помещении вне зависимости от изменения погодных условий.

7.2.3 Освещение

Рациональное освещение рабочего места позволяет предотвратить травмы и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия работы, повышает эффективность и повышает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы люди могут работать без стресса. Существует три типа освещения: естественное, искусственное, комбинированное.

Для системы промышленного освещения должны отвечать следующим требованиям:

- a. соответствующий тип уровня освещения работы;
- b. яркость рабочей поверхности и окружающее пространство в равномерном распределении;
- c. оптимальная направленность излучаемых систем освещения светового потока;
- d. долговечность, эффективность, электрическая и пожарная безопасность, эстетика, комфорт и простота в использовании.

В промышленных и административно-общественных помещениях при первичной работе с документами допускается использование комбинированной системы освещения (общее освещение дополнительно устанавливается с помощью местных

осветительных приборов, предназначенных для освещения местоположения документов).

Визуальная работа программиста характеризуется как работа с очень высокой степенью точности. Для этого требуется освещение 300 - 500 люкс [СП 52.13330.2011]. Допускается установка локальных осветительных приборов для освещения документов, но при условии, что они не производят бликов поверхности экрана, освещенность экрана и не увеличивается более чем 300 люкс. Местные огни должны иметь полупрозрачный отражатель, имеющие защитный угол не менее 40 градусов.

Поскольку источник света предпочтительно использовать с искусственным освещением и флуоресцентным ЛВ. Освещение должно выполняться в виде непрерывных или прерывистых линий светильников, расположенных со стороны рабочих станций, параллельно линии визирования пользователя в линейном расположении персональных компьютеров (ПК). Когда компьютеры расположены на периферии комнаты, легкие трубы должны быть размещены на столе в непосредственной близости от переднего края, оператор сталкивается.

Основная задача в этой работе – исследование механических и сорбционных характеристик образцов циркония Э110 полученного методами литья и селективного лазерного спекания. Поэтому, принимая во внимание безопасности и здоровье на рабочем месте путем гидрирования, контролирующего реакцию газа с использованием особого значения в данном исследовании. Контроль реакционного газа используется для исследования в отделении

сорбционной / десорбции водорода из металлических и неметаллических материалов, используемых в процессе диффузии водорода термической диффузией.

Для того чтобы обеспечить нормированные значения яркости для курящих, контроллер газовой реакции должен чистить светильники не реже двух раз в год и своевременно заменять сгоревшие лампы аналогичными.

7.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

В целях безопасности перед началом работы необходимо поставить право костюм, необходимые инструменты и принадлежности, готовые к работе, подготовить свой рабочий стол. Вы должны также проверить на наличие внешних повреждений электрооборудования, наличие и функционирование контрольно-измерительных и сигнальных устройств, компьютера, тумблеров, выключателей и т. д. Если обнаружена неисправность, то не разрешается выполнять, ремонтируйте себя, необходимо доложить руководителю лаборатории. Настройка прибора и его ремонт производятся только сервисными инженерами.

Кроме того, действия, прежде чем контроллер установки реакционного газа, целостность газовых баллонов необходимо проверить их прочность крепления и отсутствие утечки газа. Клапан и резьба должны быть в хорошем состоянии. Редуктор манометр должен проверить. Передачи эквивалентно газа в цилиндре.

Запрещается начинать работу, если обнаружено, что какое-либо оборудование неисправно, если закончился следующий осмотр цилиндра, срок испытания манометра истек, если персонал

не прошел обучение и проверку знаний по безопасности в соответствии с установленный порядок.

Обработка установки Gas Reaction Controller должна быть свободна от пыли, паров, кислот и щелочей, проводят агрессивные газы и другие вредные вещества в чистой комнате, в результате чего коррозии. Не разрешается открывать огонь возле прибора[34].

После установки, вам нужно:

- Закрывать клапан баллона;
- Убедитесь, что все клапаны закрыты;
- Выход из программы, выключить компьютер;
- Реакция контроллера и отключение подачи газа к насосу;
- Проверка целостности баллоны, фиксированный, без утечки газа.

7.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Для работы на контроль газовых реакторов лиц в возрасте 18 лет, установка, последнее заявление о безопасности на рабочем месте, возможно, никаких медицинских противопоказаний.

Отдельным работникам разрешается работать самостоятельно после специальной подготовки и проверки знаний о норме и правилах работы с электроустановками, правилах безопасности при работе с газовыми баллонами, приобретенных навыках и безопасных способах выполнения работы на контроллере газовой реакции, не менее II группы электробезопасности и

получение разрешения на работу с газовыми баллонами.

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

Проведение всех видов брифингов должно быть сделано в Книге инструкций с установленной схемой с обязательными подписями лица, которое получило и выполнило инструкцию, указав дату инструкции, имя и номера инструкции для типов за работу, за которую дается инструкция.

7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Проведение всех видов брифингов должно быть сделано в Книге инструкций с установленной схемой с обязательными подписями лица, которое получило и выполнило инструкцию, указав дату инструкции, имя и номера инструкции для типов за работу, за которую дается инструкция.

В случае пожара немедленно прекратите работу, закройте газовый баллон, отсоедините электрооборудование, вызовите пожарную службу в 01 или 010, сообщите о случившемся менеджеру агрегата и начните тушение пожара с помощью первичного средства пожаротушения.

Если работник получил травму от электрического тока, обеспокоен как можно скорее решение электричество, проверить состояние жертвы и вызвать скорую помощь, если это необходимо. До прибытия скорой помощи предоставьте пострадавшему

необходимую первую помощь или, в случае необходимости, организуйте доставку жертвы в ближайшее медицинское учреждение, сообщите начальнику структурного подразделения о произошедшем происшествии.

Другой вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС), которые могут находиться в помещении с установкой газовой реакции контроллера - произошел пожар.

Предотвращение пожаров основано на устранении благоприятных условий воспламенения. В рамках четырех проблем решается пожарной безопасности: предотвращение пожаров и пожаров, локализация пожаров, защита людей и имущества, борьба с пожарами. Предотвращение возгорания достигается за счет исключения легко воспламеняющихся предметов и источников воспламенения, а также для поддержания окружающей среды в условиях, которые препятствуют возгоранию.

В современном компьютере элементы электронных схем, расположенных в очень высокой плотности. Рядом друг с другом они соединены с проводами, кабелями коммутирующих электронных компонентов микросхемы. Когда через них протекает электрический ток, выделяется некоторое количество тепла, что может привести к повышению температуры до 80-100 ° С. В этом случае возможно расплавление изоляции и, как следствие, короткое замыкание, что сопровождается искрообразованием и приводит к недопустимым перегрузкам элементов чипа. Для удаления избыточного тепла в компьютере используйте внутренние вентиляторы.

Напряжение в электроустановках обеспечивается

кабельными линиями, что также представляет особую опасность пожара. Технические характеристики процесса промышленных зданий и помещений пожароопасных, по которым решение.

Рассмотрел возникновение пожара в помещении определяется следующими факторами:

- Существуют легко воспламеняющиеся элементы: файл, двери, столы и т.д.;
- Кислород в качестве окислителя присутствует в процессе горения.

Огонь может произойти из-за следующего факторов:

- Электрическая проводка неисправности, розетки и выключатели могут привести к повреждению изоляции или короткое замыкание;
- Использование электроприборов поврежден;
- Электрическое нагревательное устройство используется в комнате с открытым нагревательным элементом;
- Молния ударила в здание;
- Неточное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

В соответствии с классификацией риска производства пожара (ППБ-03) используются в зависимости от характеристик при производстве веществ и их количества это число делится на несколько категорий А, В, С, D.

Это число относится к категории В, поскольку горючие вещества и материалы находятся в твердом состоянии без выброса

пыли.

Для тушения пожара использовались пожарные палки, внутренние противопожарные водопроводные трубы, огнетушители и сухой песок.

Вода используется для тушения пожаров в помещениях программистов только в случае опасности повреждения или полного отказа дорогостоящего оборудования. В этом случае, если это возможно, необходимо защитить компьютеры от влаги.

Огнетушители широко используются для тушения пожаров на начальных стадиях. Поэтому в отделах с ПЭВМ используются, главным образом, углекислотные огнетушители, преимущество которых заключается в высокой эффективности тушения пожара и безопасности электронного оборудования.

Из-за диэлектрических свойств диоксида углерода эти огнетушители могут использоваться даже в том случае, если электрическая установка не может быть сразу отключена.

Во избежание возникновения пожара проводятся специальные семинары с работниками здания, где вы изучите основы преподавания пожарной безопасности и работы с первичной системой пожаротушения.

На рисунке 7.5.1 показан план эвакуации.

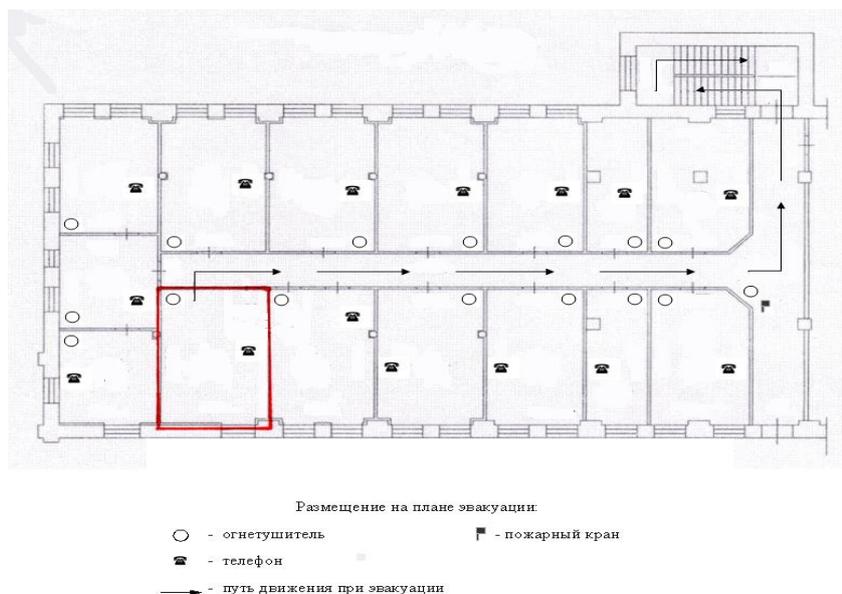


Рисунок 7.5.1. План эвакуации

7.6 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных зданиях постоянного высвобождение вредных двуокиси углерода люди (CO_2) выдыхаются. Определение необходимого воздуха производится освобождено от количества углекислого газа человека и их допустимых концентраций.

Потребности вентиляции в жилых домах и общественных местах, определяется по формуле:

$$L = \frac{G}{x_{\text{В}} - x_{\text{Н}}}, \quad (7.6.1)$$

При работе на установке наводороживания проведения люди работают.

Выделяемое количество CO_2 одним человеком = 23 л/ч.

Определим потребный воздухообмен для помещения по

формуле (5.6.1):

$$L=23/(1-0,5)=46 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Заключение

Газ был идентифицирован Gas Reaction Controller, вредные и опасные факторы рабочей области при рассмотрении требований охраны и гигиены труда на выполнение работ по гидрирование с использованием установки, причины и средства аварийной ситуации и поведения видели в них. Расчет воздуха также был подготовлен на территории рабочей зоны с установкой реакционного газа-контроллер, в котором работает человек. Рассчитанный воздухообмен помещения равен 46 м³/ч

Список литературы

1. Xiaoli Zhao et al. Comparison of the microstructures and mechanical properties of Ti–6Al–4V fabricated by selective laser melting and electron beam melting. // *Materials & Design*. 2016. Vol.95. P. 21-31.
2. Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А. Аддитивные технологии и изделия из металла // *Библиотечка литейщика*. – 2014. – №. 9. – С. 14-71.
3. Horn T. J., Harrysson O. L. A. Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications // *Science progress*. – 2012. – Т. 95. – №. 3. – С. 255-282.
4. Зленко М А, Попович А А, Мутылина И Н. Аддитивные технологии в машиностроении[J]. Зленко МА, Попович АА, Мутылина ИН–Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2013.
5. R. Singh et al. Additive Manufacturing: An Overview. // *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. 2017.
6. Mary Kathryn Thompson et al, Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP // Annals - Manufacturing Technology*. 2016. Vol.65. P. 737–760
7. Simon Ford et al, Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. // *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol.137. P. 1573–1587
8. Y.J. Liu et al. Microstructure, defects and mechanical behavior of

beta-type titanium porous structures manufactured by electron beam melting and selective laser melting // *Acta Materialia*. 2016. Vol. 113 P. 56–67

9. Moon J, Lounsbery J, Hall A, et al. Clinical Pharmacist Faculty Contribution to Evidence-Based Medicine and Milestones[J]. *PRiMER*, 2017, 1.

10. Hyung Ki Park et al. Refining effect of electron beam melting on additive manufacturing of pure titanium products. // *Materials Letters* 2017. Vol.187. P. 98–100

11 Hasan S. Fiaz et al Metal additive manufacturing for microelectromechanical systems: Titanium alloy (Ti-6Al-4V)-based nanopositioning flexure fabricated by electron beam melting. // *Sensors and Actuators A: Physical* .2016.Vol.249. P. 284–293

12. Hoffmann T C, Montori V M, Del Mar C. The connection between evidence-based medicine and shared decision making[J]. *Jama*, 2014, 312(13): 1295-1296.

13. Srimanta Barui et al .Microstructure and compression properties of 3D powder printed Ti-6Al-4V scaffolds with designed porosity: Experimental and computational analysis. // *Materials Science and Engineering: C*. 2017. Vol.70. P. 812–823

14. Javeed Shaikh Mohammed . Applications of 3D printing technologies in oceanography. // *Methods in Oceanography*. 2016. Vol.17. P. 97–117

15. Pan C T, Lin C H, Huang Y S, et al. Design of Interbody Fusion Cages of Ti6Al4V with Gradient Porosity Using a Selective Laser

Melting Process for Spinal Fusion Arthroplasty[J]. Journal of Laser Micro Nanoengineering, 2017, 12(1): 34.

16. Thomas Stichel et al. A Round Robin study for Selective Laser Sintering of polyamide 12: Microstructural origin of the mechanical properties. // Optic& Laser Technology. 2017. Vol.89. P. 31–40

17. Mengxue Yan et al. Design and Selective Laser Sintering of complex porous polyamide mould for pressure slip casting. // Materials & Design. 2016. Vol.111. P. 198–205

18 . Каблов Е Н, Евгенов А Г, Оспенникова О Г, et al. Металлопорошковые композиции жаропрочного сплава ЭП648 производства ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ в технологиях селективного лазерного сплавления, лазерной газопорошковой наплавки и высокоточного литья полимеров, наполненных металлическими порошками[J]. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2016 (9 (678)).

19 F. Akhlaghi et al. Solid-assisted melt disintegration (SAMD), a novel technique for metal powder production // Materials Science and Engineering: A 2007, Vol 452–453. P. 70–77

20 Д.В. Дудихин et al. Способы получения сферических порошков для аддитивных лазерных технологий // Masters Journal 2016.

21 Oleg D. Neikov Atomization and Granulation // Technologies and Applications 2009, P. 102–142

-
- 22 Xing-gang Li et al. Process modeling pressure-swirl-gas-atomization for metal powder production // Journal of Materials Processing Technology 2017, P. 1–17.
- 23 Yuheng Liu et al. Hydrogen generation from hydrolysis of activated Al-Bi, Al-Sn powders prepared by gas atomization method // International Journal of Hydrogen Energy 2017
- 24 Андрей Александрович et al. Обзор возможностей использования аддитивных технологий и способов получения порошков для их реализации // Информация о публикации 2015 р.7-11
- 25 Агеев Е. В. Возможность переработки медных отходов в порошки электроэрозионным диспергированием//Технические науки–от теории к практике. 2014. №.32.
26. Petrichenko S V, Listovskii D I, Kuskova N I. Stabilization of discharge pulses and peculiarities of spark load matching at electroerosive dispersion of metal and graphite granules in liquid[J]. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2016, 52(2): 134-139.
- 27 Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А. Аддитивные технологии и изделия из металла 2016
28. Li H, Shao Y, Su Y, et al. Vapor-phase atomic layer deposition of nickel sulfide and its application for efficient oxygen-evolution electrocatalysis[J]. Chemistry of Materials, 2016, 28(4): 1155-1164.
- 29 Kudiiarov V.N. Kashkarov E.B. Syrtanov M.S. Lider A.M. Hydrogen sorption by Ni-coated titanium alloy VT1-0 // International

Journal of Hydrogen Energy Vol 42, P10604–10610. 2017

30 Kudiiarov V.N., Lider A.M. Investigation of hydrogen sorption and desorption processes with the help of automated complex Gas Reaction Controller LP // Physical and mathematical sciences // P3466-3471 2013

31 Трушин В.Н., Андреев П.В., Фаддеев М.А. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов // Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород, ННГУ, 2012. – 89 с.

32 Рябухо В.П., О.А. Перепелицына. Дифракция света на объемных дифракционных решетках // пособие: Для вузов. – Саратов. Саратовский государственный университет. 2013 – 111 с.

33 Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов. // М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 52 с.

34 Kudiiarov V.N., Lider A.M. Investigation of hydrogen sorption and desorption processes with the help of automated complex Gas Reaction Controller LP // Physical and mathematical sciences // P3466-3471 2013