



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии мате-
риалов ООП/ОПОП Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Особенности формирования структуры и остаточных напряжений в поверхностно-легированных танталом слоях никелида титана

УДК 669.294.056.9:661.88

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		14.06.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Петюкевич М.С..	К.Т.Н		14.06.2023

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
н. с. ИФПМ СО РАН	Остапенко М. Г.	к.ф.-м.н		14.06.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И. В.	К.Т.Н доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель специализации «Наноструктурные материалы», доцент	Г.В. Лямина	к.х.н доцент		14.06.2023

**Результаты обучения по направлению
22.03.01 «Материаловедение и технологии материа-
лов»**

Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-2	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
ОПК(У)-3	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
ОПК(У)-5	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
ПК(У)-2	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау

ПК(У)-3	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
ПК(У)-4	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
ПК(У)-5	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК(У)-6	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК(У)-7	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
ПК(У)-8	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
ПК(У)-9	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
Профессиональные компетенции университета	
ДПК (У)- 1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов
ДПК (У)- 2	Готов реализовывать технологии производства объемных наноматериалов и изделий на их основе, включая технологии получения и предварительной подготовки сырья



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (ООП) 22.03.01 Материаловедение и технологии мате-
риалов ООП/ОПОП Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Г.В.Лямина

(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Тема работы:

Особенности формирования структуры и остаточных напряжений в поверхностно-легированных танталом слоях никелида титана	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 61-8/с от 02.03.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объект исследования –сплав Ti49,5Ni50,5 (ат.%). Проанализирована эволюция структурно-фазовых состояний в поверхностных слоях TiNi, после ионно-пучковых воздействий и аддитивного тонкопленочного электронно-пучкового синтеза поверхностного сплава. Расходные материалы и экспериментальное оборудование предоставляется лабораторией. Особые требования в плане безопасности проведения экспериментальной работы и влияния на окружающую среду отсутствуют.</i>
---	--

Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <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>	1. Провести литературный обзор на тему «Поверхностная модификация и легирование сплавов с памятью формы на основе никелида титана ионно-пучковыми методами» 2. Провести сравнение структурно-фазовых состояний в поверхностных слоях TiNi-подложки после формирования поверхностного сплава Ti-Ni-Si. 3. Исследовать структуру поверхностных модифицированных ионными пучками слоев, характеризующих приграничные слои никелида титана. 4. Методами рентгеноструктурного анализа провести оценку параметров решеток исследуемых фаз, величины остаточных напряжений и толщины анализируемого слоя при изменении геометрии срезов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И.В.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Введение, литературный обзор, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность и заключение	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Петюкевич М.С.	к.т.н		24.04.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		24.04.2023



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

ООП/ОПОП Материаловедение и технологии материалов

Отделение школы Отделение материаловедения

Период выполнения весенний семестр 2022 /2023 учебного года

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

Обучающийся

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Тема работы:

Особенности формирования структуры и остаточных напряжений в поверхностно-легированных танталом слоях никелида титана

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.04.2023	Литературный обзор	15
20.04.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
03.05.2023	Социальная ответственность	25
05.05.2023	Методика эксперимента	20
14.06.2023	Результаты и их обсуждение	25

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Петюкевич М.С.	к.т.н		24.04.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель специализации «Наноструктурные материалы», доцент	Г.В. Лямина	к.х.н.		24.04.2023

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		24.04.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение/Школа	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности.</i>

Перечень графического материала
Оценка конкурентоспособности ИП Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИ Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение/Школа	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Особенности формирования структуры и остаточных напряжений в поверхностно-легированных танталом слоях никелида титана

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Работа посвящена исследованию неупругих свойств никелида титана с различными покрытиями методом кручения образцов.</i> <i>Никелид титана применяется во многих отраслях промышленности, широко используется в медицине (импланты, протезы, коронарные стенты и т.д.).</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i>	— Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29; — Статья 147 ТК РФ; — ГОСТ 12.2.033-78; — СН 181-7
---	---

2. Производственная безопасность:	Были выявлены следующие опасные факторы производства: 1. Повышенный уровень шума 2. Недостаточная освещенность рабочего места 3. Неблагоприятные условия микроклимата 4. Возможность поражения током 5. Пожаровзрывоопасность
3. Экологическая безопасность:	В работе применены малоотходные технологии, исключая попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В лаборатории ИФПМ СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях (ТЭЦ, АЭС, ЛЭП и др.), авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т. д.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н.		13.04.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 18 рис., 26 табл., 37 источников.

Ключевые слова: ионно-пучковые воздействия, поверхностный сплав, TiNi, структурно-фазовый анализ, остаточные напряжения.

Объектом исследования являются сплавы на основе TiNi после воздействий электронными пучками и синтеза поверхностного сплава на основе Ti-Ta-Si.

Цель работы - исследование влияния ионно-пучковых воздействий танталом и формирование поверхностных сплавов на основе тантала на структурно-фазовые состояния и остаточные напряжения в никелиде титана.

В ходе работы проводились исследования структуры, определение параметров решеток, величины областей когерентного рассеяния и остаточных напряжений первого и второго рода.

Область применения: Разрабатываемый способ ионной имплантации и синтеза поверхностного сплава имеет широкие возможности для модификации фазового и химического состава поверхностных слоев изделий сложной формы, в том числе проволочных изделий, и расширяет круг задач и сфер применения ионно-электронно-пучковых технологий в научных исследованиях, промышленности и медицинском материаловедении.

В будущем планируется получение новых экспериментальных данных о химическом составе и микроструктуре модифицированных поверхностных слоев TiNi сплавов после ионной модификации и синтеза поверхностных сплавов, установление взаимосвязи биохимических свойств поверхностей с особенностями их структурно-фазового состояния.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1. Литературный обзор	16
1.1. Структура и физико-механические свойства медицинских сплавов на основе TiNi. Применение	16
1.2. Перспективы применения тантала тантала в медицине.....	18
1.2.1. Характеристики тантала. Марки сплава, применение.	18
1.2.2. Актуальность применения тантала и титана в медицине	19
1.3. Применение ионно-пучковых обработок для улучшения свойств медицинских материалов.	24
1.3.1. Влияние ионно-пучковых воздействий на коррозионные свойства материалов.	24
1.3.2. Достоинства и недостатки метода ионной имплантации.	25
2 Материалы и методы эксперимента.....	28
2.1 Образцы для исследований	28
2.1.1 Составы исходных сплавов TiNi	28
2.1.2. Условия и режимы ионно-пучковых обработок. Ионный имплантер..	28
2.1.3. Режимы получения системы «поверхностный сплав Ti-Ta-Si/ подложка TiNi».....	29
2.2. Методы рентгеноструктурного анализа	29
2.2.1. Рентгеновский дифрактометр. Условия и геометрия рентгеновских съемок.....	29
2.2.2. Качественный фазовый анализ и расчет значений параметров решеток исследуемых фаз	31
2.2.3. Оценка величины области когерентного рассеяния и напряжений первого и второго рода.	33
2.3. Оценка толщины анализируемого слоя в TiNi при симметричной и асимметричных схемах съемок.....	34
3. Результаты исследований и обсуждение.	36
3.1 Структурно-фазовое состояние исходного образца TiNi и его изменение после формирования поверхностного сплава Ti-Ta-Si	36
3.2 Исследование влияния ионно-пучковых воздействий ионами Ta на структурно-фазового состояния TiNi.....	38
3.3 Влияние ионно-пучковых воздействий танталом на структуру и упруго-напряженные состояния B2 фазы в сплаве TiNi, в зависимости от толщины анализируемого слоя.....	39

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
Введение.....	44
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	50
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	50
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	51
4.3 Бюджет научно-технического исследования	56
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического	57
исследования.....	57
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	58
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	59
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
4.3.5 Накладные расходы.....	62
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	62
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	64
Выводы по разделу.....	67
5 Социальная ответственность	71
5.1 Введение.....	71
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
5.3 Производственная безопасность.....	73
5.4 Анализ вредных производственных факторов.....	74
5.5 Анализ опасных производственных факторов.....	77
5.6 Экологическая безопасность.....	82
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
5.8 Выводы по разделу.....	85
ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	87

ВВЕДЕНИЕ

Никелид титана – это материал, который находит широкое применение во многих областях техники и медицины [1]. Применение сплавов на основе никелида титана для изготовления сердечно-сосудистых имплантатов требует повышения их рентгеноконтрастности, коррозионной стойкости, и сохранения фундаментальных свойств материала, таких как эффект памяти формы и сверхэластичность [2]. Сплавы TiNi имеют много преимуществ, однако входящий в их состав никель, является препятствием для их использования [3]. Одним из главных вопросов, связанных с использованием никелевых сплавов на основе титана является ограничение выхода ионов никеля с поверхности материала.

Для решения данной задачи могут быть использованы ионно- и электронно-пучковые воздействия [4, 5]. В результате таких обработок, в поверхностных слоях материалов могут возникать значительные остаточные напряжения, которые оказывают влияние на функциональные свойства сплавов TiNi [6]. Рентгеноструктурные методы исследования позволяют проводить анализ остаточных упругих напряжений при использовании специализированных программ обработки полученных данных, в том числе PowderCell, PDF-4 и Origin.

Поэтому **целью** данной работы было исследование влияния ионно-пучковых воздействий танталом и формирование поверхностных сплавов на основе тантала на структурно-фазовые состояния и остаточные напряжения в никелиде титана, с использованием современных специализированных программ.

Для решения поставленной цели нами была проведена первичная подготовка образцов (механическая шлифовка), изучены методы рентгеноструктурного анализа и программы анализа рентгеновских данных: PowderCell и Origin, а также база данных PDF-4.

Разрабатываемый способ ионной имплантации и синтеза поверхностного сплава имеет широкие возможности для модификации фазового и химического состава поверхностных слоев изделий сложной формы, в том числе

проволочных изделий, и расширяет круг задач и сфер применения ионно-электронно-пучковых технологий в научных исследованиях, промышленности и медицинском материаловедении.

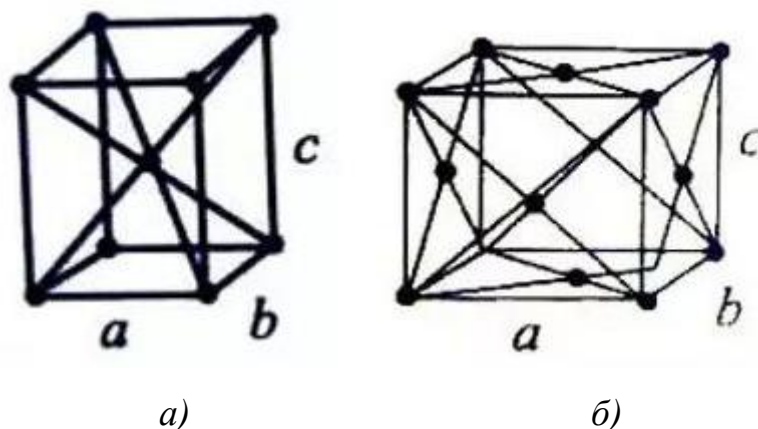
В работе были получены важные результаты, на основе которых могут быть даны практические рекомендации по дальнейшему исследованию и применению сплавов TiNi в медицине. Так, было показано, что обработка TiNi ионными пучками тантала не приводит к изменению структуры TiNi, но приводит к значительному увеличению интенсивности рефлексов матричной фазы. На основании чего можно сделать вывод о том, что ионная имплантация приводит к увеличению рентгеноконтрастности исследуемых образцов, а соответственно, потенциальному применению таких модифицированных сплавов в тонких медицинских устройствах, например, кардиохирургических стендах.

1. Литературный обзор

1.1. Структура и физико-механические свойства медицинских сплавов на основе TiNi. Применение

Сплав никелида титана — сплав с памятью формы, который автоматически восстанавливает свою первоначальную форму при определенной температуре [7, 8]. Данный сплав может деформироваться более чем на 20 процентов. Коррозионные свойства в 10 раз лучше, чем у обычной нержавеющей стали, которая в настоящее время является наиболее распространённой в мире для применения в медицине. Данные свойства TiNi позволяют удовлетворить потребности в применении для различных инженерных и медицинских средств и является очень качественным функциональным материалом [1]

Кристаллическая структура этого материала изменяется в зависимости от температуры, что приводит к изменению состояния материала при различных температурах. В основном в TiNi обнаруживаются мартенситная фаза B19' и аустенитная матричная фаза B2. (рисунок 1.1) [7].



а) Структура аустенита, B2-фаза; б) Структура мартенсита B19'

Рисунок 1.1 – Кристаллические структуры фаз [7]

Применение сплавов никелида титана в аэрокосмических аппаратах включает в себя в основном стыки труб в самолетах, а также антенны

космического корабля, крепежи, соединяющие компоненты, электрические и электромеханические элементы (Рисунок 1.2) [8].



Рисунок 1.2 - Иллюстрация применения сплавов никелида титана в аэрокосмических аппаратах

Сплавы никелида титана часто используются для сцепления двигателя, автоматической регулировки сопла для выхлопа, автоматических переключателей для дизельных отверстий радиатора и пружин памяти для реактивных масляных фильтров.

В гражданских целях использование никелида титана, в основном, включают в себя рамки гиперэластичных очков (рисунок 1.3), мобильные антенны, женские подкладки для бюстгалтера, высоко-зарядную, эластичную рыболовную леску, наушники. т.д.



Рисунок 1.3 – Рамки гиперэластичных очков

Никелевые титановые сплавы успешно применяются в ортодоксальной, хирургической и пластической хирургии, а также в сердечно-сосудистой терапии, а также для изготовления медицинского оборудования (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Медицинский инструмент из сплава на основе TiNi

1.2. Перспективы применения тантала тантала в медицине.

1.2.1. Характеристики тантала. Марки сплава, применение.

Тантал - металлический элемент с атомным номером 73 и химическим символом Ta. Структура α -Ta объемно-центрированная кубическая (рисунок 1.5).

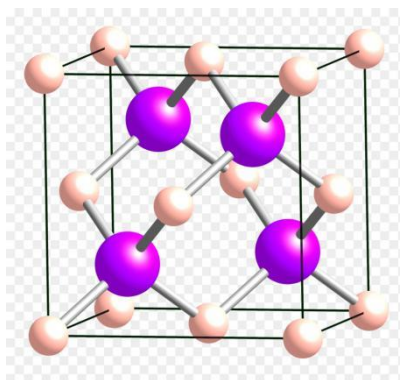


Рисунок 1.5 – Кристаллическая структура α -Ta

Металл тантал, представляет собой металл стального цвета, обладающий чрезвычайно высокой коррозионной стойкостью. Он не реагирует с соляной кислотой, концентрированной азотной кислотой и царской водкой в холодных и горячих условиях.

Тантал в основном добывается вместе с ниобием. Тантал обладает умеренной твердостью, пластичен и может быть вытянут в тонкую фольгу из тонкой проволоки. Его коэффициент теплового расширения очень мал. Тантал обладает превосходными химическими свойствами и чрезвычайно высокой коррозионной стойкостью [10]. Поэтому, тантал используется в медицине для

изготовления тонких нитей для заживления поврежденных тканей. Высокая коррозионная стойкость тантала обусловлена образованием на его поверхности стабильной защитной пленки из Ta_2O_5 .

1.2.2. Актуальность применения тантала и титана в медицине

Для создания эндопротезов используются различные металлы, которые не вызывают отрицательных реакций со стороны организма. Среди них наиболее популярными являются тантал, титан и их сплавы. Эти материалы имеют долговечность, прочность и легко обрабатываются. Они обеспечивают эффективную остеоинтеграцию, то есть принимаются костной тканью как естественные ткани организма, что позволяет им быстро срастаться с костями и обеспечивает стабильность протеза на длительные сроки, до нескольких десятилетий. Также титан и его сплавы применяются при создании стержней для фиксации костей и имеют высокую эффективность. Важно отметить, что при использовании металлических имплантов может возникнуть риск коррозии. Однако, титан и тантал являются биоинертными металлами, что означает, что они не подвержены коррозии в организме человека. Таким образом, титан, тантал и их сплавы — это надежные и долговечные материалы для изготовления эндопротезов. На рисунке 1.6 представлен способ применения тантала в артропластике бедра.

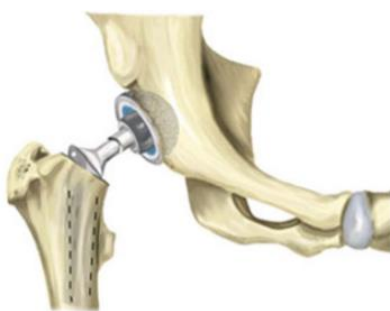


Рисунок 1.6 – Тантал в артропластике бедра

Этот материал широко используется в медицинской практике благодаря своим уникальным свойствам.

Для эндопротезирования в качестве альтернативы цельнометаллическим конструкциям часто используют метод плазменного напыления на

неметаллические компоненты протеза защитных биосовместимых покрытий, основанных на оксидах Ti и Ta.

В современной восстановительной хирургии и других медицинских отраслях используются эластичные эндопротезы, выполненные из титановой сетки. Эта упругая, прочная, долговечная и биоинертная сетка идеально подходит для создания эндопротезов мягких тканей. (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Сетчатый материал из титана

Применение тантала для изготовления сосудистых стентов

В медицине специальные упругие конструкции, выполненные в виде сетчатых цилиндрических каркасов, известные как стенты, помещают внутрь артерий и вен, а также других полых органов (желчеченовыводящие протоки, пищевод, кишечник и др.), чтобы расширить патологически суженные участки до необходимых параметров, восстановив проходимость.

В области сосудистой хирургии, особенно коронарной ангиопластики, наиболее популярен метод стентирования (рисунок 1.8).

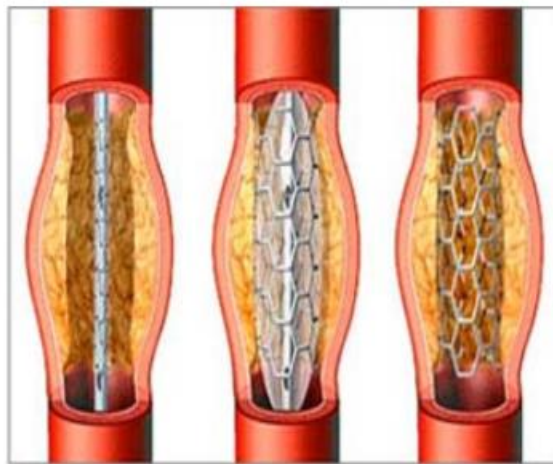


Рисунок 1.8 – Трубчатый материал из тантала в кровеносных сосудах

На данный момент научное сообщество разработало и успешно внедрило в практику более пяти сотен различных типов и конструкций сосудистых стентов, которые отличаются между собой такими параметрами как состав исходного материала. Они различаются по многим параметрам, таким как состав исходного сплава и вид поверхностного покрытия, размер и прочие рабочие характеристики.

Пластическая хирургия

Устранение дефектов органов для восстановления идеальных анатомических пропорций хирургическим путем называется пластической хирургией. Часто в практике пластической хирургии применяют имплантируемые в ткани металлические изделия – сетки, пластины, пружины [11]. При краниопластике, операции по исправлению деформации черепа, на оперируемый, требующий восстановления участок, накладываются танталовые сетки (рисунок 1.9) либо титановые пластины (рисунок 1.10), кроме того, допускается применение их биоинертных сплавов.



Рисунок 1.9 – Применение танталовой сетки

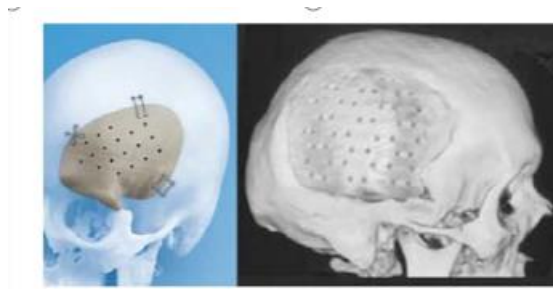


Рисунок 1.10 - Применением титановой пластины

Стоматологическая ортопедия.

В стоматологической ортопедии также широко применяются тантал, титан и их биоинертные сплавы [12]. Агрессивная среда ротовой полости негативно воздействует на металлические материалы. Даже такие традиционно используемые при дентальном протезировании драгметаллы, такие как золото и платина, в ротовой полости не могут совершенно противостоять коррозии и последующему отторжению, не говоря уже о высокой стоимости и большой массе, вызывающей дискомфорт у пациентов. С другой стороны, легкие ортопедические конструкции из акриловой пластмассы также не выдерживают серьезной критики в силу своей недолговечности. Подлинной революцией в стоматологии стало изготовление отдельных коронок, а также мостовидных и съемных протезов на базе титана и тантала. Данные металлы, ввиду таких присущих им ценных качеств, как биологическая инертность и высокая прочность при относительной дешевизне успешно конкурируют с золотом и платиной, а по ряду параметров даже превосходят их [12].

Большой популярностью, в частности, пользуются штампованные цельнолитые титановые коронки (рисунок 1.11). А коронки с плазменным напылением из нитрида титана TiN по внешнему виду и функциональным свойствам практически неотличимы от золотых.



Рисунок 1.11 - штампованные цельнолитые титановые коронки

Изготовление медицинского инструмента

В мировой клинической практике существует множество различных хирургических и эндоскопических инструментов, а также медицинских приспособлений, изготовленных из титана и тантала в соответствии с ГОСТом 19126-79 "Инструменты медицинские металлические. Общие технические условия". Они имеют преимущества перед другими инструментами в плане прочности, пластичности, аппаратуры и коррозионной стойкости, что обеспечивает их биологическую инертность.

Офтальмологическая и стоматологическая отрасли - основные медицинские отрасли, где титаново-танталовый инструментарий наиболее востребован.



Рисунок 1.12 - Титановые медицинские инструменты

Такие медицинские инструменты, как титановые (рисунок 1.12), почти в два раза легче, чем стальные аналоги. Кроме того, они более удобны и долговечны.

1.3. Применение ионно-пучковых обработок для улучшения свойств медицинских материалов.

1.3.1. Влияние ионно-пучковых воздействий на коррозионные свойства материалов.

Для повышения коррозионной стойкости и биосовместимости TiNi используется перспективный способ модифицирования поверхности - ионно-пучковая обработка [13]. При имплантации ионами В, С, N, О формируются тонкие поверхностные слои с высокой коррозионной стойкостью и обедненные по никелю наружные слои толщиной до 30 нм. Улучшить коррозионную стойкость и биосовместимость сплава позволяет применение Mo, Zr, Si, Hf, Ti и Nb вместе с химическими и электрохимическими методами ионно-лучевой обработки поверхности TiNi.

Одним из перспективных материалов для медицины является тантал, который проявляет высокие коррозионные свойства и биосовместимость.

Кроме того, преимуществом метода ионной имплантации является, также определенное количество элементов может быть введено на поверхность защищенного материала без изменения размера образца. При формировании металлов и сплавов в более широких концентрациях металлов и базовых тел в качестве метастабильных металлов или замены твердых растворов в более широком диапазоне концентрации, можно повысить эластичность металлов и сплавов. Такие результаты не могут быть достигнуты обычными металлургическими методами.

Во время использования значительная часть материалов подвергается воздействию различных типов коррозионных сред в помещении и при высокой температуре. Большинство исследований исследуют электрохимическое и коррозионное поведение инертных газов ионов или химических активных элементов ионов в качестве легирующего элемента к сплаву. Исследования показали, что ионизация инертных газов мало влияет на электрохимическое

поведение базовых материалов, но может увеличить шероховатость на поверхности железа и увеличить оксидную пленку.

Поскольку ионная имплантация может влиять на физико-химическую природу металлов, компоненты и структуру металлов и сплавов, ионная имплантация является универсальным методом, открывающим возможности для повышения устойчивости готовых материалов, используемых в коррозионных средах. Метод ионной имплантации может использоваться для разработки новых сплавов с необычными свойствами.

1.3.2. Достоинства и недостатки метода ионной имплантации.

Используя ионную имплантацию, можно добиться возможности создания сплавов, которые невозможны при обычных условиях, благодаря отсутствию зависимости предельной концентрации легирующей примеси от предела растворимости в материале подложки [13]. Кроме того, с помощью этой технологии можно контролировать профиль легирующей примеси, изменяя энергию, ток и положение ионного пучка, а также создавать сложные профили распределения концентрации примеси по глубине с помощью программного управления режимами [14].

При имплантации использование низкой температуры подложки позволяет постепенно изменять свойства функциональных и технологических приборных слоев. Это достигается за счет перехода от модифицированного слоя в объем материала, что направленно изменяет их физические характеристики, регулируя внедрение и дефектообразование. Кроме того, процесс имплантации обеспечивает высокую точность и воспроизводимость параметров (дозы, профиля) между процессами, что дает равномерность по всей площади обрабатываемой пластины.

Схема ионной имплантации образцов представлена на рисунке 1.13.

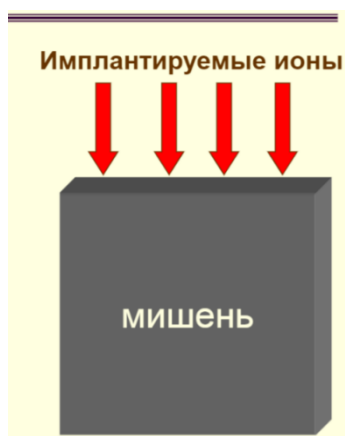


Рисунок 1.13 – Схема ионной имплантации образцов

На рисунке 1.13 представлена схема ионной имплантации образцов. Материал, в котором протекает внедрение ионов, является мишенью. Взаимодействие ускоренного иона с материалом твердого тела определяется пороговой энергией. Различают следующие диапазоны интервалов энергий ускоренных ионов:

1. Низкоэнергетическая имплантация – частицы энергией до 10 кэВ, преобладают ядерные столкновения ионов и атомов твердого тела.
2. Среднеэнергетическая имплантация - частицы энергией $10^1 \div 10^3$ кэВ.
3. Высокоэнергетическая имплантация - частицы энергией свыше 10^3 кэВ.

При облучении материалов ионами происходят следующие основные процессы: физическое распыление, захват и внедрение ионов, их отражение от поверхности, выделение газов и прочих загрязнений с поверхности материала, неупругие взаимодействия с материалом мишени, возникновение первичных радиационных дефектов и смещение атомов. На рисунке 1.14 представлена схема процессов энергетических потерь внедряющимися ускоренными ионами при проведении имплантации.

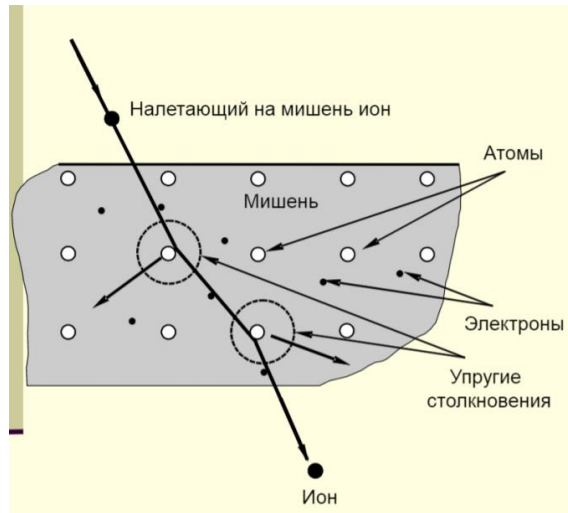


Рисунок 1.14 – Схема процесса потери энергии внедряющимся при ионной имплантации ускоренным ионом

2 Материалы и методы эксперимента

2.1 Образцы для исследований

2.1.1 Составы исходных сплавов TiNi

Для проведения исследования использовали образцы размером $1 \times 15 \times 15$ мм³, вырезанные методом электроэрозионной резки из сплава TiNi, изготовленного из беспримесных Ti и Ni, взятых в эквиатомных соотношениях.

Далее образцы были подвергнуты отжигу в течение 1 часа при температуре 1073 К, при давлении в вакууме не менее 10^{-3} .

Фазовый состав образцов после термообработки соответствовал композиции: 95% B2(Ti_{49.5}Ni_{50.5}) и около 5% Ti₂Ni при комнатной температуре. Поверхностный слой был удален механической шлифовкой, а затем электролитически обработан в растворе кислот HNO₃ + HF в течение 10-15 с при напряжении 20-22 В.

2.1.2. Условия и режимы ионно-пучковых обработок.

Ионный имплантер

Далее, образцы TiNi с исходной поверхностью были модифицированы пучками ионов титана в режиме имплантации на установке Mevva-5.Ru (ИСЭ СО РАН, г. Томск). Ионно-оптическая система формирования ионного пучка, использующая данный источник, обладает улучшенными свойствами при высоких ускоряющих напряжениях, а также простой конструкцией, высокой надежностью и долговечностью системы инициирования вакуумного дугового разряда. Взаимодействие элементов ионно-оптической системы может привести к присутствию ионов кислорода, азота и водорода в пучке. На расстоянии 60 см от ионно-оптической системы, при ускоряющем напряжении в 50 кВ, плотность тока ионного пучка на центральной оси вакуумной камеры была измерена коллектором и составила 6,5 мА. Ионная имплантация исследуемых материалов была проведена при следующих параметрах: доза облучения $1.0 \cdot 10^{17}$ см⁻², ускоряющее напряжение = 30 кВ, частота следования

импульсов = 10 Гц, плотность тока ионного пучка = 5.9 мА/см², средняя зарядовая плотность ионов = 2.2. Ионно-модифицированные образцы далее обозначим TiNi^{+Ta}.

2.1.3. Режимы получения системы «поверхностный сплав Ti-Ta-Si/ подложка TiNi».

На модифицированной автоматизированной установке «РИТМ-СП» (ООО «Микросплав», Россия) [15] было осуществлено формирование поверхностных сплавов (ПС) на подложках TiNi в едином вакуумном цикле. Для предшествующей обработки подложки TiNi перед синтезом ПС использовались низкоэнергетические сильноточные электронные пучки с параметрами: плотность энергии $E_s = 2,5 \pm 0.7$ Дж/см², длительность импульса $\tau = 2.0\text{--}2.7$ мкс, число импульсов $n = 10$. Далее, с помощью магнетронного модуля, мишенями для которых служили чистые компоненты Ti (99%), на поверхность подложки TiNi был нанесен ПС.

В процессе создания покрытия Ti₆₀Ta₃₀Si₁₀ (ат. %) были использованы материалы Ti (95 вес.%), Ta (99.95 вес.%) и Si (99.95 вес.%). Толщина легирующей Ti-Ta-Si пленки составляла 100 нм. Каждый цикл синтеза ПС заканчивался жидкофазным перемешиванием пленки и поверхностного слоя TiNi подложки с помощью НСЭП. Для этого использовались параметры: плотность энергии $E_s = 1.7$ Дж/см² и число импульсов $n = 10$. Чтобы достичь расчетной толщины ПС, равной примерно 1 мкм, необходимо было провести 10 циклов «осаждение–жидкофазное перемешивание». Образцы после создания покрытия были обозначены как [Ti- Ta-Si]ПС.

2.2. Методы рентгеноструктурного анализа

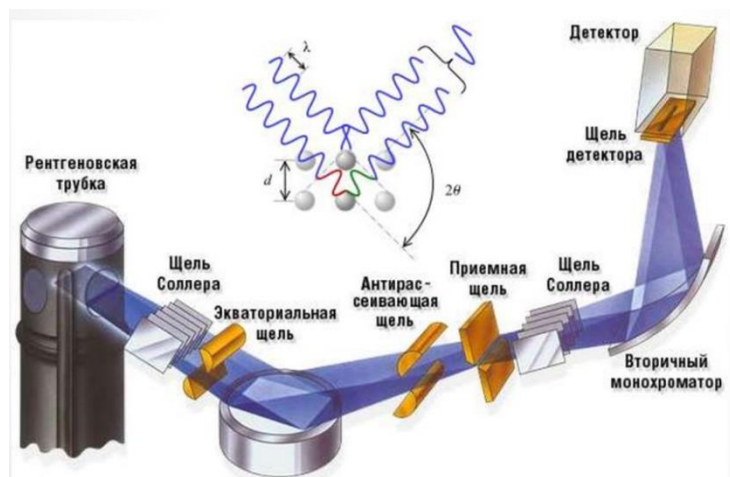
2.2.1. Рентгеновский дифрактометр. Условия и геометрия рентгеновских съемок

Рентгенодифракционные исследования проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 (рисунок 2.1). Принцип действия дифрактометров основан на дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке вещества.

Рентгеновские дифрактометры моделей XRD-6000, XRD-7000 включают основные узлы, расположенные в основном блоке: источник рентгеновского излучения, оснащенный водяным охлаждением, гониометр, сцинтилляционный детектор, контроллер для передачи информации между основным блоком и блоком обработки данных; отдельный блок обработки информации, состоящий из персонального компьютера с установленным специализированным программным обеспечением.



а



б

(а) – фотография дифрактометра, (б) – принципиальная схема рентгеновских съемок.

Рисунок 2.1 – Устройство дифрактометра Shimadzu XRD-7000

Рентгеновская трубка – это устройство для запуска рентгеновского излучения. Назначением рентгеновской трубки является генерация

рентгеновских лучей. По сути своей она является двухэлектродным электровакуумным прибором — диодом.

Щель Соллера — набор параллельных тонких металлических пластин, используемых в рентгенографии для уменьшения вертикальной расходимости рентгеновского пучка.

Экваториальная щель- устанавливается на дифрагированный пучок и формирует его квазипараллельность для повышения углового разрешения всей рентгенооптической системы.

Монохроматор предназначен для выделения узких интервалов длин волн из всего спектра оптического излучения. Условия съемки, используемые в данной работе, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия съемки на дифрактометре Shimadzu XRD-7000

Схема съёмки	t, (с)	θ -2 θ	Шаг, Град.	Щель, Град.
Симметричная	2.00	25-135	0.05	1
Асимметричная (углы скольжения $\alpha=5, 12^\circ$)	2.00	25-135	0.05	1

2.2.2. Качественный фазовый анализ и расчет значений параметров решеток исследуемых фаз

Для проведения качественного фазового анализа используют -карточки из базы данных PDF-4(рисунок 2.2).

Status Deleted QM: Blank (B) Pressure/Temperature: Ambient Chemical Formula: Mo
 Empirical Formula: Mo Weight %: Mo100.00 Atomic %: Mo100.00 Compound Name: Molybdenum

Radiation: MoK α 1 : 0.7093Å Intensity: Densimeter
 Reference: Hanawalt et al. Anal. Chem. 10, 475 (1938).

SYS: Cubic SPGR: Im-3m (229)
 Author's Cell [AuthCell a: 3.14Å AuthCell Vol: 30.96Å³ AuthCell Z: 2.00 AuthCell MolVol: 15...]
 Dcalc: 10.292g/cm³ Dmeas: 10.2g/cm³ SS/FOM: F(12) = 8.8(0.113, 12) Melting Point: 2898 K
 Reference: The Structure of Crystals, 1st Ed.

Space Group: Im-3m (229) Molecular Weight: 95.94
 Crystal Data [XtlCell a: 3.140Å XtlCell b: 3.140Å XtlCell c: 3.140Å XtlCell : 90.00° XtlCell : 90.00°
 XtlCell : 90.00° XtlCell Vol: 30.96Å³ XtlCell Z: 2.00]
 Crystal Data Axial Ratio [a/b: 0.0000 c/b: 0.0000]
 Reduced Cell [RedCell a: 2.719Å RedCell b: 2.719Å RedCell c: 2.719Å RedCell : 109.47°
 RedCell : 109.47° RedCell : 109.47° RedCell Vol: 15.48Å³]

Reference: Data on Chem. for Cer. Use, Natl. Res. Council Bull. 107.

Crystal (Symmetry Allowed): Centrosymmetric

Pearson: cI2.00 Subfile(s): Common Phase, Deleted Pattern, Forensic, Inorganic, Metals & Alloys
 Last Modification Date: 01/24/2009 Cross-Ref PDF #'s: 04-001-0059 (Primary)

Database Comments: Color: Silvery white. Deleted Or Rejected By: Deleted by NBS card. Melting Point: 2898 K.

00-001-1207 (Fixed Slit Intensity) - Co K1 1.78896Å

2	d(Å)	I	h	k	l	*	2	d(Å)	I	h	k	l	*	2	d(Å)	I	h	k	l	*
47.5216	2.220000	100	1	1	0		88.6635	1.280000	57	2	1	1		126.8830	1.000000	23	3	1	0	
69.4631	1.570000	36	2	0	0		107.3830	1.110000	17	2	2	0		158.8060	0.910000	7	2	2	2	

Рисунок 2.2 – Пример карточки из базы данных PDF-4

Параметры решетки определялись путем измерения межплоскостных расстояний для ряда линий с известными индексами отражения hkl. Далее, с помощью квадратичных форм, для известных d, определялись параметры решетки исследуемой фазы.

Параметр решетки кубической фазы B2 в TiNi и α -Ta определялся по формуле:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (1)$$

$$a = d\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

Для проверки полученных данных, дополнительно была использована программа анализа рентгеновских данных PowderCell, в которой проведен качественный и количественный фазовый анализ исследуемых образцов.

2.2.3. Оценка величины области когерентного рассеяния и напряжений первого и второго рода.

Степень дефектности материала влияет практически на все его специфические свойства. Мерой степени дефектности при мозаичном строении материала зачастую принимают размер областей когерентного рассеяния (ОКР).

Областью когерентного рассеяния (ОКР) называют минимальный размер частицы материала, которая имеет правильное кристаллическое строение и на которой рассеивание рентгеновских лучей происходит когерентно, т.е. с постоянной разностью фаз. При помощи формулы Селякова-Шеррера проводят оценку ОКР материала:

$$D_{hkl} = n\lambda/\beta \cdot \cos\theta \quad (3)$$

где: D-размер ОКР в ангстремах,

λ -длина волны излучения,

θ - угол рассеяния,

β -физическое уширение линии на дифрактограмме в радианах (в шкале 2θ),

n- коэффициент, зависящий от формы частицы и близкий к 1.

Практически определить размеры ОКР по этой формуле можно в пределах от ~ 1500 - $2000 \text{ \AA}$ до 15 - $20 \text{ \AA}$, причем в различных кристаллографических направлениях (используя линии с разными индексами). Однако, метод этот достаточно приближенный с точностью до аппроксимационных функций.

Деформации, обусловленные напряжениями 1-го рода σ^I , рассчитывали по формуле 4:

$$\varepsilon^I = \frac{a_{B2}^i - a_{B2}^{исх}}{a_{B2}^{исх}} \quad (4)$$

где i – вид образца или подслоя.

Абсолютные значения σ^I рассчитывали в рамках упругого приближения кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей: деформация является упругой и подчиняется закону Гука: $\sigma^I = E \times \varepsilon^I$, где E – модуль упругости. Точность измерения составляла $\Delta \sigma^I = \pm 30 \text{ МПа}$. Отметим, что в соответствии

с использованной схемой съемок получения рентгеновских картин, σ^1 характеризует величину механических напряжений в направлении перпендикулярном к поверхности облучения. Значения модуля упругости, определенные методом наноиндентирования, заимствованы из работы авторов [6].

2.3. Оценка толщины анализируемого слоя в TiNi при симметричной и асимметричных схемах съемок

Методы рентгеноструктурного анализа, позволяющие оценивать толщину анализируемого слоя, основаны на законе поглощения рентгеновских лучей при прохождении через вещество [16]. За толщину анализируемого слоя в данной работе будем принимать толщину эффективно поглощающего слоя. В рамках кинематического приближения, интенсивность дифракционного максимума, сформированного слоем толщиной h , равна:

$$I_h = I_0 Q(S_0 / \sin \alpha) \int_0^h \exp(-\mu k x) dx \quad (5)$$

где I_0 – интенсивность первичного пучка; Q – отражательная способность единицы объема для отражения от плоскости (hkl); S_0 – сечение первичного пучка; α – угол между падающим первичным пучком и образцом; $\delta = (2\theta - \alpha)$ – угол, под которым отраженный от плоскости (hkl) луч выходит из образца; μ – линейный коэффициент ослабления исследуемого материала; $k = (1/\sin\alpha + 1/\sin\delta)$ – параметр, учитывающий геометрию съемки, а ось x направлена по нормали к поверхности образца.

Результат интегрирования формулы (5) имеет вид

$$I_h = I_\infty [1 - \exp(-\mu k h)] \quad (6)$$

где $I_\infty = I_0 Q(U_0 / \mu k \sin \alpha)$ – интенсивность отражения в «бесконечно толстом» образце ($h \rightarrow \infty$).

Из выражения (6) следует, что

$$h = -\ln(1 - R) / (\mu k) \quad (7)$$

где $R = I_h / I_\infty$, – доля излучения, поглощенного слоем с толщиной h .

Минимальное значение $1 - R = (I_\infty - I_h) / I_\infty$ определяется чувствительностью

используемой аппаратуры и, в предельном случае, равно относительной ошибке измерения интенсивности, обусловленной статистической природой рентгеновского излучения.

Таблица 2- Расчет толщины анализируемого слоя при симметричной и асимметричных ($\alpha=5$ и 12°) схемах съемок.

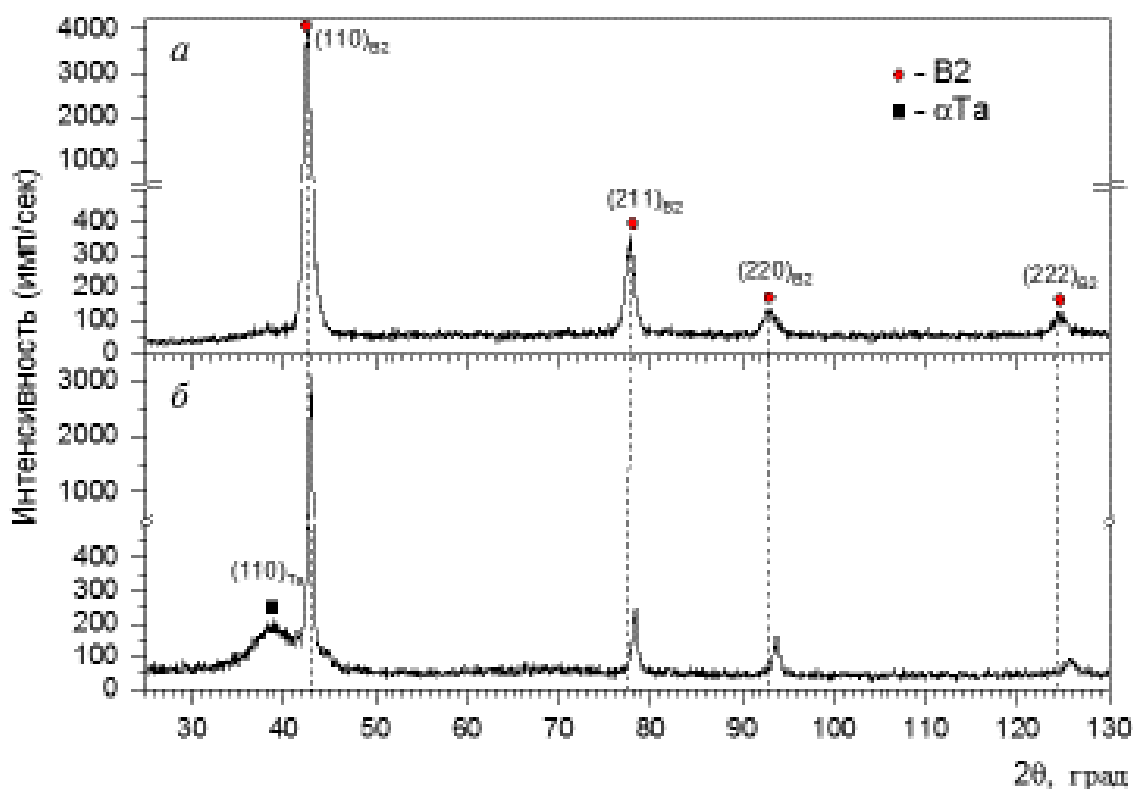
Схема съемок	h(мкм), R=0,5	h(мкм), R=0,99	2θ	$1/\sin\alpha$	$1/\sin\delta$	k
Симметричная	1.0345	30	42.59	2.754	2.75	5.50
$\alpha=12$	0.8378	20	42.55	11.481	1.64	13.1
$\alpha=5$	0.4343	5,2	42.5	4.8309	1.97	6.80

Анализ толщины анализируемого слоя был проведен с помощью программы Microsoft Excel, все рассчитанные значения сведены в таблицу 2.

3. Результаты исследований и обсуждение.

3.1 Структурно-фазовое состояние исходного образца TiNi и его изменение после формирования поверхностного сплава Ti-Ta-Si

В качестве исходного образца был выбран образец из сплава на основе никелида титана TiNi. На рентгеновских дифракционных картинах от исходного образца, снятого по симметричной схеме съемок, присутствуют дифракционные рефлексы от основной высокотемпературной фазы B2 и Ti_2Ni (Рисунок 3.1).



а – образец TiNi; б – образец [Ti- Ta-Si]ПС

Рисунок 3.1 – Рентгеновские дифракционные картины.

Симметричная схема съемок, $CuK\alpha$ -излучение

На дифрактограммах образцов Ti-Ta-Si ПС (рисунок 3.1), кроме линий B2 и Ti_2Ni фаз, также наблюдаются высокоинтенсивные линии, соответствующие кубической фазе α -Ta и область диффузного рассеяния на угловом интервале $2\theta=30-50^\circ$, что говорит о наличии в образце аморфной фазы. Интенсивность линий B2 фазы сильно снижается на рентгенограммах в связи с

наличием тантала в ПС, который сильно поглощает рентгеновское излучение. Это приводит к существенному снижению глубины проникновения рентгеновского пучка в TiNi подложку.

Значение параметров элементарных ячеек исследуемых фаз в образцах TiNi и [Ti-Ta-Si]ПС, полученных в симметричной схеме Брегга-Брентано представлено в Таблице 3.

Таблица 3-Значение структурных параметров исследуемых фаз в образцах TiNi и [Ti- Ta-Si]ПС

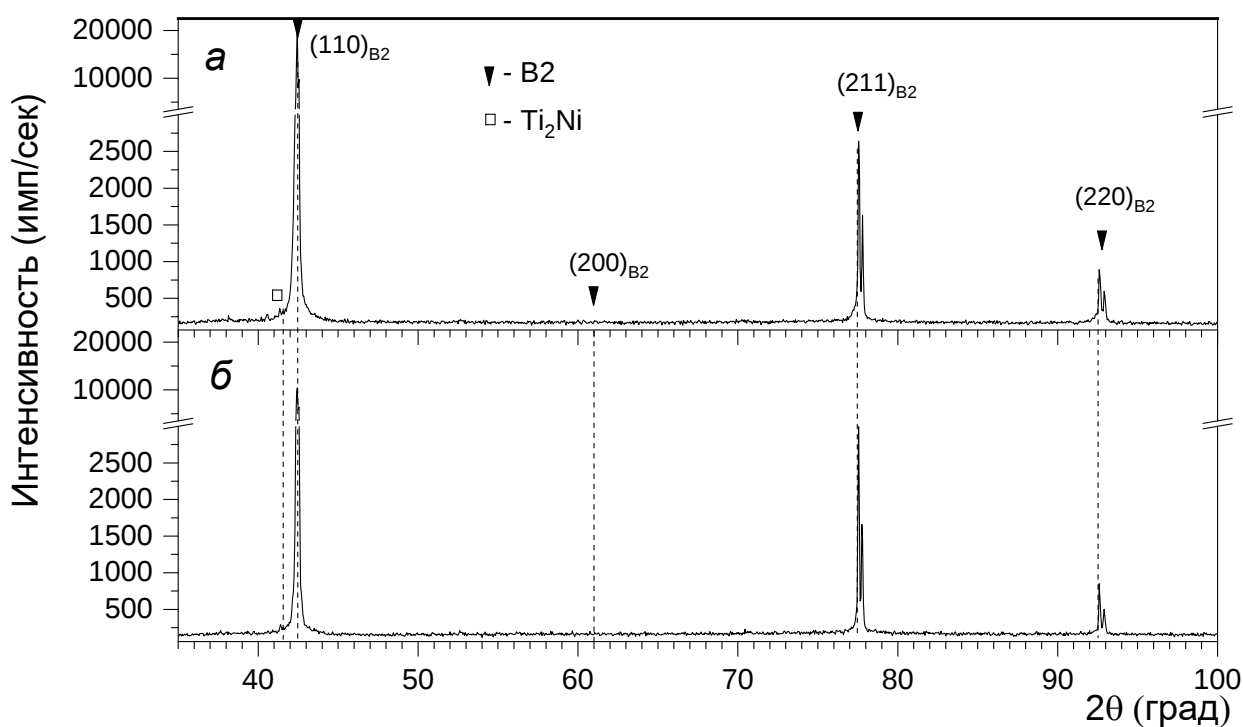
Образец	Фазы	Volume	a , Å	ОКР, нм	ϵ^2 , %
TiNi	NiTi(B2)	89,8%	3.0150	113	0.03
	Ti ₂ Ni	10,2%	11.3104	64	0.04
[Ti-Ni-Ta-Si]ПС	NiTi(B2)	96.2%	3.0133	86	0.046
	α -Ta	3.8%	3.3470	8	0.443

Согласно полученным данным, значение параметра решетки, полученные по симметричной схеме съемок, с максимальной толщины анализируемого слоя, практически не изменилось. Это говорит о том, что синтез поверхностного сплава практически не влияет на структуру матричной B2 фазы глубинных слоев TiNi-подложки. Значение ОКР в образцах [Ti- Ta-Si]ПС незначительно уменьшилось относительно исходного значения и составила $D=86$ нм. Деформации второго рода, наоборот, показали небольшой рост до значений $\epsilon^2=0,046$ %.

Для данных образцов также были рассчитаны деформации ϵ^I и напряжения 1-го рода σ^I в направлении перпендикулярном плоскости поверхности образца. Установлено, что в образце [Ti- Ta-Si]ПС остаточные напряжения напряжения 1 рода достигают значений $\sigma^I \sim 300$ МПа.

3.2 Исследование влияния ионно-пучковых воздействий ионами Ta на структурно-фазового состояния TiNi

На рентгеновских дифракционных картинах ионно-модифицированных образцов (рисунок 3.2, *a*), снятых по симметричной схеме съемок, присутствуют только дифракционные рефлексы от основной высокотемпературной фазы B2 и фазы Ti_2Ni , как и на рентгенограмме исходного образца (рисунок 3.2, *б*). Для сравнения результатов, все рассчитанные значения для параметров структуры в исследуемых образцах были представлены в Таблице 4. Установлено, что в результате ионной имплантации не произошло значительных изменений в структурно-фазовом состоянии исследуемых образцов относительно исходных.



а – образец TiNi; б – образец $TiNi^{+Ta}$

Рисунок 3.1 – Рентгеновские дифракционные картины.

Симметричная схема съемок, $CuK\alpha$ -излучение

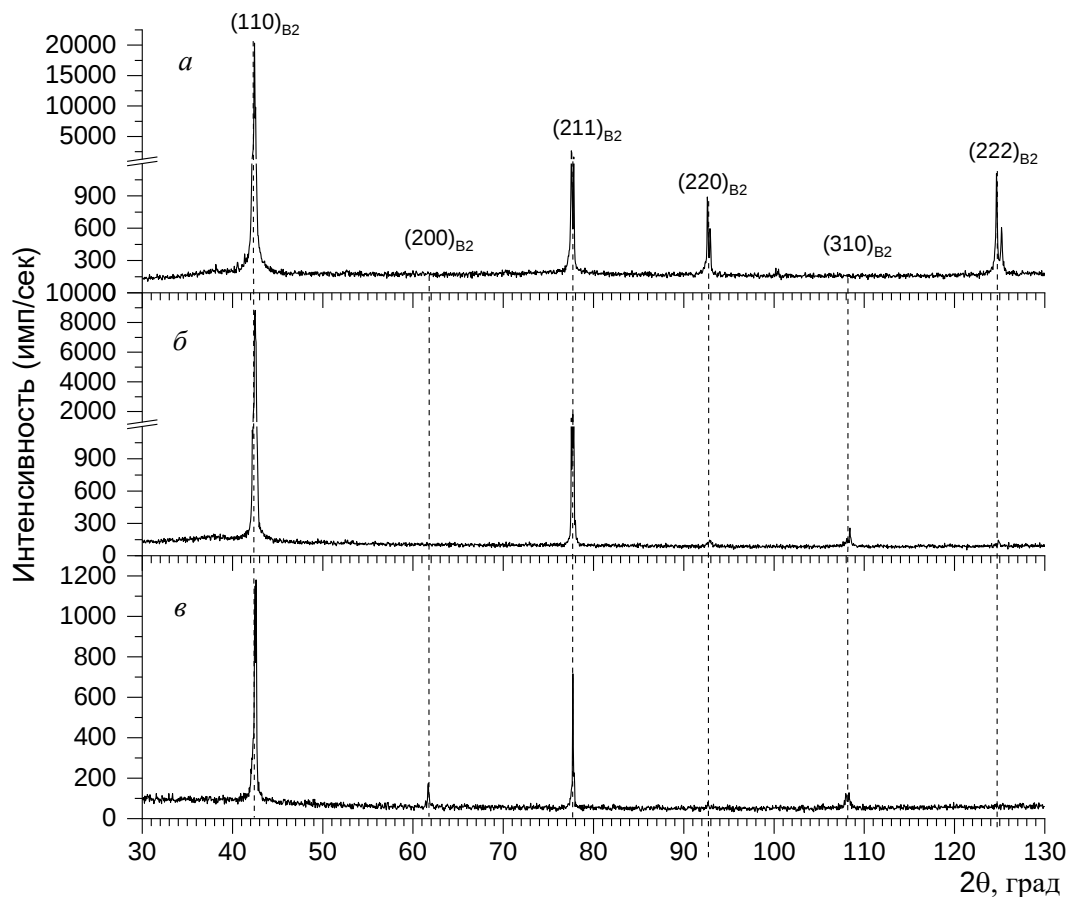
Таблица 4 - Значения параметров элементарной ячейки, величина ОКР, деформации 2-го рода и объемные доли в образце TiNi, TiNi^{+Ta} и [Ti- Ta-Si]ПС

	Фазы	Об. доля фазы, %	a , Å	ОКР, нм	ε^2 , %
TiNi	NiTi(B2)	90	3.0150	113	0.03
	Ti ₂ Ni	10	11.3104	64	0.04
[Ti- Ta-Si]ПС	NiTi(B2)	96	3.0133	86	0.046
	α -Ta	4	3.3470	8	0.443
TiNi ^{+Ta}	B2	90	3.0100	90	0.0037
	Ti ₂ Ni	10	11.7100	30	0.0020

3.3 Влияние ионно-пучковых воздействий танталом на структуру и упруго-напряженные состояния B2 фазы в сплаве TiNi, в зависимости от толщины анализируемого слоя

Анализ состава поверхностного слоя образца TiNi^{+Ta} проводили методом асимметричной съемки, в котором посредством уменьшения угла скольжения, уменьшали толщину исследуемого слоя образца, которая была рассчитанная в Главе 2.

Согласно рентгеновским дифракционным картинам (Рисунок 3.3), полученным по асимметричным и симметричной схемам съемок, в модифицированных образцах наблюдается преимущественно исходная кубическая фаза B2, как и в исходном образце. Однако, после модификации ионами тантала структура B2 фазы TiNi меняется, о чем свидетельствует появление рефлексов (200) и (220) на рентгенограммах, полученных в симметричной схеме съемок. Изменение геометрии съемок, а соответственно и толщины анализируемого слоя приводит к перераспределению интенсивности рефлексов, что говорит об изменении текстуры в приповерхностном модифицированном слое.



а – симметричная; б – асимметричная $\alpha=12$; в – асимметричная $\alpha=5$

Рисунок 3.3 – Фрагменты рентгенограммы, полученной на образце $\text{TiNi}^{+\text{Ta}}$, полученные по симметричной и асимметричным схемам съемок

Установлено (Таблица 5), что величина деформаций второго рода в B2 фазе TiNi -подложки, в результате ионно-пучковой обработки, в слое толщиной $h \sim 400$ нм мала $\epsilon^2 = 0.04$ %, и сильно возрастает при увеличении слоя $h \sim 800$ нм $\epsilon^2 = 0.11$ %.

Таблица 5 - Рассчитанные значения структурных параметров для фазы B2 образце $\text{TiNi}^{+\text{Ta}}$

Фазы	h , мкм	a , Å	ОКР, нм	ϵ^2	$\sigma_{\perp}^I$
симметр. схема	1.0345	3.0101	0	0	0
$\alpha=12$	0.8378	3.0130	170	0.0011	60
$\alpha=5$	0.4343	3.0089	39	0.0004	20

Судя по значениям параметров решетки B2, полученным в симметричных и асимметричных фотографических схемах, значение параметров

решетки значительно уменьшается при обработке поверхности ионным пучком (Рисунок 3.4). Но это не линейное увеличение.

Для образцов $\text{TiNi}^{+\text{Ta}}$ также были рассчитаны деформации ε^I и напряжения 1-го рода σ^I . Расчеты проводили по следующей формуле: $\sigma^I = E \times \varepsilon^I$, где модуль упругости $E = 53$ МПа. Установлено, что в образце после модификации ионными пучками Ta, в матричной фазе B2, характеризующей глубинные слои $\text{TiNi} > 1$ мкм (симметричные схемы съемок, Таблица 2) остаточные напряжения отсутствуют. Таким образом, можно сделать вывод, что ионная имплантация танталом не вносит изменения в структуру матричной фазы B2 (TiNi).

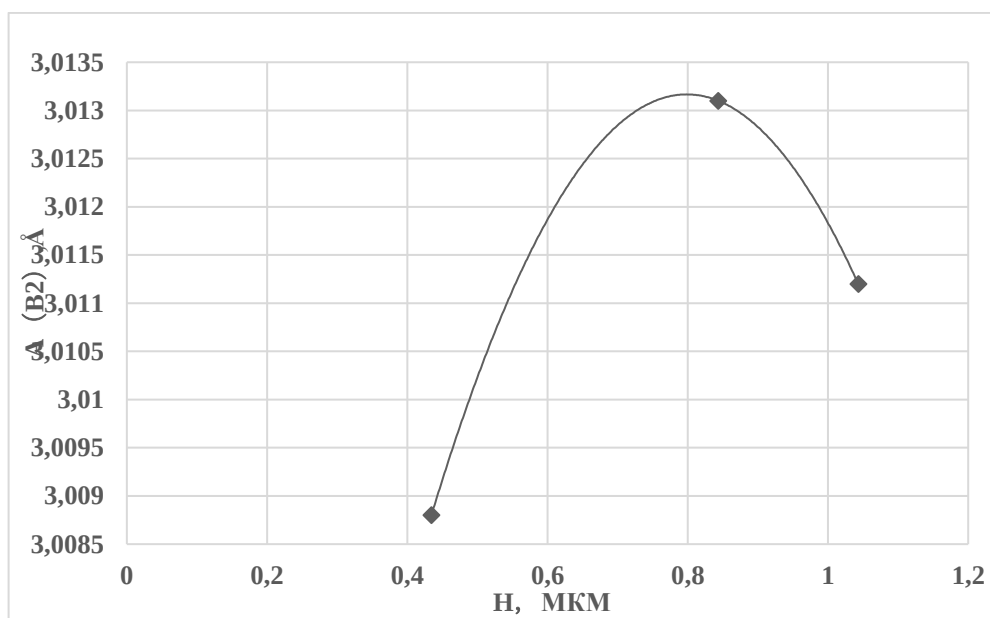


Рисунок 3.4 – Зависимость параметров фазы B2 решеток от h для образца $\text{TiNi}^{+\text{Ta}}$.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение/Школа	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности.</i>
Перечень графического материала	
Оценка конкурентоспособности ИР Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИ).Основные показатели эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Научные исследования потребуют значительных человеческих и материальных ресурсов, и ученым необходимо будет найти профессиональных инвесторов для работы. Инвесторы должны учитывать стоимость исследования, прежде чем вкладывать деньги? Каков бюджет исследования? Будет ли спрос на продукт в ближайшие несколько лет? Прогнозировать коммерческие перспективы исследования, чтобы обеспечить свои собственные интересы. Поэтому ученые должны хорошо понимать суть своего исследования, проанализировать затраты на него и убедиться, что инвестор готов финансировать исследование.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – изучить влияние ионов тантала на свойства титаноникелевых сплавов

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Для анализа конкурентных технических решений, следует выбрать несколько разработок похожих на исследуемую и провести детальное сравнение. Для упрощения сравнения используем таблицу 6, где B_{ϕ} –

технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы, $B_{к1}$ – конкурентная технология отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров [1].

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Предел прочности	0,5	5	4	2,5	2
2.Надежность технологии	0,16	5	4	0,24	0,18
3.Безопасность	0,12	5	5	0,6	0,6
4.Энергоэкономичность	0,1	4	4	0,08	0,08
5.Простота эксплуатации	0,12	4	3	0,08	0,08
Итого	1	27	23	4,7	3,03
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность	0,4	5	3	2	1,2
2.Уровень проникновения на рынок	0,08	5	5	0,24	0,2
3.Цена	0,1	4	4	0,41	0,4
4.Предполагаемый срок эксплуатации технологии	0,3	5	4	1,53	1,2
5.Наличие сертификации разработки	0,12	4	3	0,48	0,36
Итого	1	22	18	4,66	3,36

Для анализа конкурирующих технических вариантов можно определить по следующей формуле:

$$K = \sum B_i B_i \quad (8)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Результаты этого анализа действительно могут представлять интерес для партнеров и инвесторов, и это может стать конкурентным преимуществом, которое поможет продукту завоевать доверие покупателей, предлагая либо высококачественный продукт со стандартным набором определенных характеристик, либо нестандартный набор характеристик, представляющих интерес для покупателей.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ - это метод стратегического планирования, используемый для оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие проекта. SWOT-анализ необходим для того, чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта, определить перспективы развития и угрозы извне, организовать их в соответствии с матрицей, а затем применить идею системного анализа для сравнения и сопоставления различных факторов и сделать из них соответствующие выводы, которые обычно носят характер принятия решений.

Таблица 7 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1.Хорошие характеристики с памятью формы С2.Коррозионная стойкость С3.Обладает высокой биосовместимостью С4.Нетоксичность и суперэластичность	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1.Дорого и легко ломается Сл2. Небольшая область применения Сл3.Очень чувствителен к температуре
--	--

Возможности В1. Используйте методы для изменения части свойств материала с целью повышения хрупкости В2. Увеличьте производство, чтобы снизить затраты В3. Усовершенствования материалов повышают долговечность материала	Угрозы У1. Легкость поломки приведет к увеличению транспортных расходов У2. Легкость поломки приведет к увеличению транспортных расходов У3. Существует несколько областей применения, и они не могут быть широко использованы
---	--

Описание сильных и слабых сторон, возможностей и угроз исследовательского проекта основывается на результатах анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

На втором этапе проведения SWOT-анализа составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблицах 8-11.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	-	+	-	-
	В3	+	+	+	+

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	-	-
	В2	+	+	+
	В3	+	-	+

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	+
	У2	+	+	-
	У3	+	-	+

Таблица 12 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1.Хорошие характеристики с памятью формы С2.Коррозионная стойкость С3.Обладает высокой биосовместимостью С4.Нетоксичность и суперэластичность	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1.Дорого и легко ломается Сл2. Небольшая область применения Сл3.Очень чувствителен к температуре
Возможности В1. Используйте методы для изменения части свойств материала с целью повышения хрупкости	Направления развития: 1.Благодаря крупномасштабному производству снижаются затраты, а также может быть расширено направление исследований.	Сдерживающие факторы: 1.Уникальная природа делает транспортировку неудобной

В2. Увеличьте производство, чтобы снизить затраты В3. Усовершенствования материалов повышают долговечность материала	2. Из-за снижения цен перспективы рынка могут быть расширены 3. Свойства материала были улучшены, и он может применяться в большем количестве областей	2. Окружающая среда суровая, а производственные требования строгие,
Угрозы У1. Легкость поломки приведет к увеличению транспортных расходов У2. Легкость поломки приведет к увеличению транспортных расходов У3. Существует несколько областей применения, и они не могут быть широко использованы	Угрозы развития: 1. Низкие затраты на сырье и простые методы производства снижают риск неполучения ожидаемых результатов. 2. Низкая стоимость сырья и простые методы производства позволяют превзойти другие конкурирующие материалы по стоимости производства.	Уязвимости: 1. Существует частичный конфликт с применением керамических материалов, и существует сильное конкурентное давление. 2. У конкурентов есть более совершенные технологии, позволяющие сделать тормозные колодки более долговечными.

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы (Таблица 13):

- выдача задания
- выбор направления исследований
- теоретические и экспериментальные исследования
- обсуждение результатов
- составление отчета
- защита отчета

Работу выполняли 2 человека: научный руководитель (науч.рук.) и инженер-дипломник (инж.).

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель инженер
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Планирование эксперимента	Научный руководитель
	5	Изготовление образцов и подготовка поверхности	Научный руководитель

			инженер
	6	Проведение эксперимента	Научный руководитель инженер
Обсуждение результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	Научный руководитель инженер
	8	Оценка эффективности результатов	Научный руководитель инженер
Составление отчета	9	Разработка плана по оформлению НИР	Научный руководитель инженер
	10	Оформление отчета НИР	Научный руководитель инженер
Защита отчета	11	Защита НИР	Научный руководитель инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Оценка трудоемкости выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сопряжена не только с отсутствием утвержденных нормативов, но и существенными трудностями в разработке концептуальных подходов к их обоснованию.

Если НИР проводится впервые и вследствие этого отсутствуют нормативы, то трудоемкость отдельных этапов может быть рассчитана опытно-статистическим методом. Указанный метод может быть реализован двумя способами:

1. Путем анализа, когда необходимые трудовые запасы определяются по работам, проведенным данным коллективом ранее.
2. Вероятным методом.

При первом способе опытно-статистического метода используют отчетные данные фактической трудоемкости работ, осуществляемых ранее. В отсутствии аналогичных работ определяют вероятным методом непосредственно их продолжительность на основе системы оценок.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$, используется следующая формула :

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5} \quad (9)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min i}$, – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (10)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki \text{ инж}} = T_{pi} \times k_{\text{кал}} \quad (11)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (12)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (13)$$

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4

3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	8	7,6	9
4. Выбор методов исследования	-	7	-	9	-	8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	7	4	9	2,8	8	4,8	8
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	4	-	7	-	5.5	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	14	-	20	-	17	17	20
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12.5	12	15
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	3	4	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	9	8,8	10
Итого:	9	65	15	94	13,5	79,5	68,5	90

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 15).

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	■											

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	 											
3	Обзор научной литературы	Исп2	9												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			 									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	20												
8	Обработка полученных данных	Исп2	15												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5								 				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	10												

Примечание:

 – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям:

1. материальные затраты НИР;
2. затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. основная заработная плата исполнителей темы;
4. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
5. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
6. затраты научные и производственные командировки;
7. контрагентные расходы;
8. накладные расходы.

Так как данная НИР проводилась без специального оборудования и использования конкретных материалов, а выполнялась по средствам интеллектуальной собственности, то при расчете бюджета НИР будет использоваться следующая группировка затрат по статьям:

1. основная заработная плата исполнителей темы;
2. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
3. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
4. накладные расходы.

Т.е. не учитываются статьи на материальные затраты, затраты на специальное оборудование, затраты научные и производственные командировки, контрагентные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i \cdot N_{рас\ x_i} \quad (14)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{рас\ x_i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 14.

Таблица 16 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Колво/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Наждачная бумага	лист	6	50	300
Спирт	мл	100	0,18	18
Образец	г	3	4500	800
Итого				1118

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. Расчёт затрат по данной статье представлен ниже в таблице 17.

Таблица 17- Затраты на оборудование

Материалы и оборудование	Колво, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Установка «РИТМСП»	1	15	10000	10000
Установка «Mevva5.Ru»	1	15	10000	10000
Электронный микроскоп FEG SEM:JEOL JSM 2100F	1	15	16000	16000
Рентгеновский Дифрактометра XRD7000	1	15	3700	3700
Итого	39700 тыс. руб			

Рассчитаем амортизацию оборудования техники Иам.обор за один день, по следующей формуле:

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (15)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (16)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для осциллографа, с учётом, что срок полезного использования 15 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{15} = 0,066 \quad (17)$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,06 \cdot 39700}{12} \cdot 2 = 397\,000 \text{ руб.} \quad (18)$$

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Эта статья включает основные оклады научного и инженерно-технического персонала, непосредственно участвующего в выполнении рассматриваемой работы. Размер расходов на заработную плату определяется интенсивностью выполняемой работы и существующей системой оплаты труда и ставок. В базовую заработную плату включается ежемесячная премия, выплачиваемая из фонда заработной платы в размере 20-30% от тарифной ставки или оклада.

НИР проводили 2 человека: доцент отделения ТПУ - научный руководитель работы (науч. рук.) и инженер лаборатории (инж.). Поскольку инженеры-лаборанты приравниваются к дипломированным инженерам, при расчете статьи о базовой заработной плате будет учитываться только научный руководитель. Расходы на заработную плату определяются исходя из трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок.

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (19)$$

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

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (20)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 10);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51291 \cdot 10,3}{213} = 2480 \text{ руб.} \quad (21)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней $M=10,3$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743 \text{ руб.} \quad (21)$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (22)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 18 – Показатели рабочего времени научно-технического персонала

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	126
Потери рабочего времени	55	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	209

Базовая зарплата менеджера (из ТПУ) рассчитывается на основе отраслевых окладов. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующие компоненты зарплаты:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_6 определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

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

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб	кпр	кд	кр	Зм, руб.	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, раб. дн.
Руководитель	26000	0,3	0,2	1,3	51291	2480	13,5	33480
Инженер	17000	0.3	0.2	1.3	33150	1743	79,5	138 568,5
Итого Зосн								172 048,5

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{\text{доп1}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (23)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (24)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 20– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	55946.5	7832.51
Инженер	123720	173208
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Отчисления во внебюджетные фонды	55114 руб.	

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую работу по каждому варианту исполнения приведено в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	1118	1062	1155	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	397 000	39700000	39700000	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	172 048,5	183654.2	185324	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25 8076,28	180998.5	180096.4	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	59 356,73	59463	63381	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	51 745.5			
Бюджет затрат НИР		310471,00	40125177.7	40129956.4	Сумма ст. 1-6

Таким образом, в данном разделе работы проведено экономическое обоснование проведенных исследований:

- составлена структура работы и на ее основе проведены расчеты трудоемкости НИР и ее бюджет;
- рассчитан бюджет затрат НИР, который составил 40116939 рублей;
- рассчитано время проведения НИР – 118 дней или примерно 17 недель.

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности основано на расчете общего показателя эффективности научных исследований. Он находится путем определения двух средневзвешенных показателей: финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [1].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (25)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы;

Φ_{max} – конкурентная разработка отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров. Стоимость разработки такой технологии повышается из-за необходимости проведения экспериментальных исследований, включающих отработку технологических параметров на промышленном оборудовании аддитивного производства.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 310471,00$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 40125177.7$ руб,
 $\Phi_{\text{исп.3}} = 40129956.4$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{40116939}{40129956.4} = 0,77$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{40125177.7}{40129956.4} = 0.9998$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{40129956.4}{40129956.4} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 22.

Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Исполнитель 2	Исполнитель 3
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	4	5
2. Стабильность работы	0,15	5	3	3
3. Экономичность	0,2	3	4	2
4. Энергосбережение	0,1	3	2	2
5. Надежность	0,2	5	4	2

6. Материалоемкость	0,05	5	4	3
ИТОГО:	1	4,35	3,65	3,3

$$I_{p-\text{проект}} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,05 = 4,35;$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,05 = 3,65;$$

$$I_{p-\text{исп.3}} = 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,05 = 3,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}i}^{\text{финр}}} \quad (25)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,35}{0,882} = 4,93; I_{\text{исп.2}} = \frac{3,65}{1} = 3,65; I_{\text{исп.3}} = \frac{3,1}{0,97} = 3,19;$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.77	0.9998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.35	3,65	3,1
3	Интегральный показатель эффективности	4.93	3,65	3,319
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,64	0,58

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и

ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет **310471, 00** руб;

3. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,77 что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4.93, по сравнению с 3,65 и 3,19;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4.93, по сравнению с 3,65 и 3,19, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б92	Фу Цзиньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение/Школа	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Анализ структурно-фазового и упруго-напряженного состояния поверхностных слоев TiNi после ионно-пучковых воздействий ионами Ta.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Работа посвящена исследованию неупругих свойств никелида титана с различными покрытиями методом кручения образцов. Никелид титана применяется во многих отраслях промышленности, широко используется в медицине (импланты, протезы, коронарные стенты и т.д.).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29;*
- Статья 147 ТК РФ;*
- ГОСТ 12.2.033-78;*
- СН 181-7*

2. Производственная безопасность:	Были выявлены следующие опасные факторы производства: 1. Повышенный уровень шума 2. Недостаточная освещенность рабочего места 3. Неблагоприятные условия микроклимата 4. Возможность поражения током 5. Пожаровзрывоопасность
---	--

3. Экологическая безопасность:	В работе применены малоотходные технологии, исключая попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В лаборатории ИФПМ СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях (ТЭЦ, АЭС, ЛЭП и др.), авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т. д.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н.		13.04.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Фу Цзиньюй		

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

Научно-исследовательская работа проводилась в лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы ИФПМ СО РАН. Рабочей зоной являлась лаборатория площадью 15 м², включающая в себя персональный компьютер, а также установку типа обратного крутильного маятника. Данная лаборатория являлась постоянным рабочим местом (ГОСТ 12.1.005 – 88) [17].

Целью данной исследовательской работы является изучение влияния обработки поверхности на неупругие свойства нитинола. Сплав нитинол был приобретен у ООО "МАТЕК СПФ Индастриал Центр" и затем обработан на электроплавильном станке ARTA151 в одной из лабораторий Лаборатории материаловедения. Грубые образцы шлифуются вручную и полируются на наждачной бумаге. Оптический металлографический контроль проводился на микроскопе AXIOVERT200mat. После анализа конструкции образец выполняет цикл "загрузки и разгрузки" на вращающейся установке с обратным кручением. Производятся необходимые расчеты степени деформации и составляются соответствующие графики.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место – это часть помещения предприятия (организации), имеющая площадь и объем, достаточный для размещения работника и необходимого оборудования (рабочего стола, стула, контрольноизмерительных приборов, станков, а также справочных и рабочих материалов, инструментов, вычислительной техники и т.д.). 87 Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [18]:

а) рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество;

б) рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

в) рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам;

г) конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий, согласно “Указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий” (СН-181-70 [19]), рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

- потолок: белый или светлый цветной;
- стены: сплошные, светло-голубые;
- пол: темно-серый, темно-красный или коричневый.

Применение указанной палитры цветов обусловлено ее успокаивающим воздействием на психику человека, способствующим уменьшением зрительного утомления. При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

Работа с компьютером без перерывов должна иметь продолжительность для взрослого пользователя не более 2 ч, ребенка – от 10 до 20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПЭВМ, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата. Рабочее место с ПЭВМ должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками

соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии $60 \div 70$ см, но не ближе 50 см

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Время предоставления перерыва и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем. На работах, где по условиям производства (работы) предоставление перерыва для отдыха и питания невозможно, работодатель обязан обеспечить работнику возможность отдыха и приема пищи в рабочее время.

Все работники, в том числе руководители организаций, обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда в порядке, установленном уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений. Все работники обязаны проходить инструктаж по охране труда, обучаться безопасным методам и приемам выполнения работ и оказания первой помощи пострадавшим.

5.3 Производственная безопасность

Работа в лаборатории связана с некоторыми вредными и опасными производственными факторами, подробное описание которых представлено далее. Вредные и опасные производственные факторы были определены из ГОСТ 12.0.003-2015 [20] (Опасные и вредные производственные факторы. Классификация).

Таблица 24- Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разр-ботка	Изго-товле-ние	Эксплуа-тация	
Повышенный уровень шума	-	+	-	ГОСТ 12.1.003-83 [21]
Недостаточная освещенность рабочего места	+	+	-	СанПиН 2.2. 1/2. 1. 1. 1278-03 [22]
Неблагоприятные условия микроклимата	-	+	-	ГОСТ 12.1.005-88 [23]
Возможность поражения электрическим током	+	+	-	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ГОСТ 12.2.007.0-75 [24]
Пожаровзрывоопасность	+	+	-	Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [25]

5.4 Анализ вредных производственных факторов

В условиях лаборатории ИФПМ СО РАН на производительность труда инженера-исследователя, находящегося на рабочем месте, влияют следующие вредные производственные факторы (О и В ПФ ГОСТ 12.0.003- 74 [26]):

1. Повышенный уровень шума;
2. Недостаточная освещенность рабочего места;
3. Неблагоприятные условия микроклимата .

Повышенный уровень шума

Шум - это беспорядочное сочетание различных по частоте и силе звуков, мешающих человеческой деятельности и вызывающие неприятные ощущения.

Повышенный уровень шума увеличивает риск ухудшения слуха, повышается вероятность развития гипертонической болезни сердца,

коронакардиосклероза, стенокардии, инфаркта миокарда, а также шум является одной из основных причин изменений сосудов головного мозга. В данной работе источником шума является работающая шаровая мельница.

В таблице 25 представлены нормативные значения уровней шума на рабочих местах согласно ГОСТу 12.1.003-83 [21] (высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, измерительные и аналитические работы в лаборатории).

Для защиты от шума применяют коллективные средства защиты и индивидуальные. В данном случае наиболее подходящими являются средства индивидуальной защиты, к которым относятся противошумовые вкладыши (беруши), наушники.

Таблица 25 - Нормативные значения уровней шума на рабочих местах

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Недостаточная освещенность рабочего места

Недостаточная освещенность рабочего места – одно из важнейших технических требований к рабочему месту инженера. Освещенность значительно влияет на эффективность трудового процесса. Недостаточная освещенность способствует возрастанию нагрузки на органы зрения и приводит к утомляемости всего организма. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное сочетание общего и местного освещения. Естественное освещение должно удовлетворять СНиП II-4-79 [27]. Нормы естественного освещения установлены с учетом обязательной регулярной очистки стекол световых проемов не реже

двух раз в год (для помещений с незначительным выделением пыли, дыма и копоти). Учитывая, что солнечный свет оказывает благоприятное воздействие на организм человека, необходимо максимально продолжительно использовать естественное освещение.

Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). В лаборатории для работы над дипломным проектом используется комбинированный вид освещения.

В соответствии с характером выполняемых работ, освещенность рабочего места по СанПиН 2.2. 1/2. 1. 1. 1278–03 [28] должна быть 400 Лк – общая освещенность и 500 лк — комбинированное освещение.

Неблагоприятные условия микроклимата

Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются: температура, подвижность и влажность воздуха.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ,

а также количество избыточного тепла в помещении. Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005-88 [23] (Таблица 26).

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление.

Таблица 26 – Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

с	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим .	Допуст .	Оптим .	Допуст .	Оптим .	Допуст .
Холодный	17- 19	15-21	40-60	75	0,2	0,4
Теплый	20-22	16-27	40-60	70	0,3	0,2-0,5

В соответствии с СН-245-71 [29] в помещении должен быть организован воздухообмен . Это осуществляется с помощью вентиляции .

Для улучшения воздухообмена в помещении необходимо выполнить следующие технические и санитарно -гигиенические требования:

- 1.Общий объем притока воздуха в помещении должен соответствовать объему вытяжки;
2. Правильное размещение приточной и вытяжной вентиляции,

Согласно СН-245-71 объем производственных помещений должен быть таким, чтобы на одного работающего приходилось не менее 15 м³ свободного пространства и не менее 6 м² площади. Следовательно, согласно СП 2.2.1.1312–03 [30] при наличии естественной вентиляции следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м³/ч на каждого работающего.

5.5 Анализ опасных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [26] инженер-исследователь при работе в лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы ИФПМ СО РАН может быть подвергнут действию следующих опасных факторов:

— опасность поражения электрическим током, поскольку работать приходится с оборудованием, питающимся от сети ~ 220 В 50 Гц;

— возникновение пожаров в результате короткого замыкания .

Возможность поражения электрическим током

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
3. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
4. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;
6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов .

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 [31] предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА соответственно, для переменного тока (частота 50 Гц) - не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ или другими электрическими приборами и установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения

к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования .

Характер и последствия поражения зависят от величины, частоты и пути прохождения тока; продолжительности воздействия .

С точки зрения электробезопасности (ГОСТ 12.1.030-81) [32], оборудование, запитываемое напряжением выше 42В, должно иметь заземление или зануление. Светильники общего освещения, присоединенные к источнику питания (электросети) напряжением 127 и 220 В, должны устанавливаться на высоте не менее 2,5 м от уровня земли, пола, настила. При высоте подвеса менее 2,5 м светильники должны подсоединяться к сети напряжением не выше 42 В. Кроме того, обязательно должна быть предусмотрена возможность быстрого отключения напряжения с разделительного щита.

Электрозащитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги. Эти средства должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся:

- оградительные устройства, которые могут быть переносимыми. Ограждения могут быть заблокированы отключающими рабочим напряжением при снятии; стационарными и с устройствами,
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др .

Для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала необходимо предусмотреть:

- защитное заземление всех металлических нетоковедущих частей электрооборудования $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$;
- раздельное размещение аппаратуры с напряжением до 1000 В и свыше 1000 В;
- ограждение электронного источника, исключающее возможность прикосновения к токоведущим частям;
- полное ограждение от прикосновения к аппаратуре с напряжением выше 1000 В;
- отключение всех источников питания установки общим рубильником .

Пожаровзрывоопасность

Пожаровзрывобезопасность технологических процессов и оборудования, должна соответствовать требованиям настоящего стандарта ГОСТ 12.1.010—76 [33], ГОСТ 12.1.004-91 [34] и федеральному закону от 22.07.2013 г . №123 – ФЗ [35].

Производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не превышала 10^{-6} .

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно .

Противопожарная защита должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности;
- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);
- устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;
- организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;
- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применением средств противодымной защиты.

Пожарная безопасность и взрывобезопасность оборудования и технологических процессов при наличии в них горючих пылей достигается:

- исключением образования внутри аппаратов и оборудования горючей среды;
- исполнением, применением и режимом эксплуатации аппаратов и оборудования;
- обеспечением не более допустимых величин: температуры и количества горючей пыли, концентрации кислорода или другого окислителя в пылегазовой смеси;
- обеспечением необходимой концентрации флегматизатора в воздухе;
- применением устройств аварийного сброса давления;

- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;

Достаточность выбранных мер должна быть подтверждена испытаниями по ГОСТ 12.1.004—76 [36] и ГОСТ 12.1.010—76 [33].

5.6 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды представляет собой комплекс мер, направленный на ограничение негативного воздействия человеческой деятельности на природу.

Основным материалом, используемым в работе, является никелид титана. Никелид титана биоинертен и не оказывает токсического воздействия на флору и фауну. Также в работе применены малоотходные технологии, исключющие попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ.

Лаборатория является не производственной, а значит, отсутствует производственный мусор (в том числе и пожароопасный, и вредный для окружающей среды). Тем не менее могут быть приняты следующие меры по сохранению окружающей среды: сортировка мусора и последующая утилизация. К таким видам мусора относятся: отходы, содержащие гальванические элементы (например, батарейки), макулатура (черновики, отработанная бумага и т.п.), отработанные картриджи от принтеров, опасных отходов отработанных люминесцентных ламп.

5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы ИФПМ СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях (ТЭЦ, АЭС, ЛЭП и др.), авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т.д.

Одной из важнейших частей комплекса защитных мероприятий на рабочем месте является мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. Используемый технологический процесс в условиях лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы согласно СНиП

2.01.02-85* [37] относится к категории Д, так как использует негорючие вещества в холодном состоянии. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Во время исследования, человек работает с ПЭВМ. Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть при работе с ПЭВМ – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания. Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

Существует 5 степеней огнестойкости зданий, сооружений. Помещение лаборатории можно отнести к первой степени огнестойкости .

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

При пожаре весь персонал необходимо эвакуировать в самый короткий срок. В помещении должен располагаться план эвакуации. Для тушения в здании должны находиться углекислотные и порошковые огнетушители, воду можно использовать только во вспомогательных обесточенных помещениях. Помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволят оповестить дежурный персонал о пожаре, а также оповестят службу пожарной охраны. Необходимость обеспечения мер безопасности обусловлено необходимостью обеспечения безопасности рабочего персонала.

Полное или частичное внезапное обрушение здания – это чрезвычайная ситуация, возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании здания, отступлении от проекта при ведении строительных работ, нарушении правил монтажа, при вводе в эксплуатацию здания или отдельных его

частей с крупными недоделками, при нарушении правил эксплуатации здания, а также вследствие природной или техногенной чрезвычайной ситуации.

При обнаружении, что здание теряет устойчивость необходимо незамедлительно покинуть здание. Спускаться по зданию необходимо по лестнице, а не на лифте. Оказавшись на улице следует отойти на безопасное расстояние от здания, желательно перейти на открытое пространство. При отсутствии возможности покинуть здание, следует занять наиболее безопасное место – дверные проёмы, балки каркаса, углы. Необходимо обезопасить себя от падения обломков, накрывшись крепкими вещами, такими как чугунные ванны или столы с прочными ножками. Рекомендуется отключить воду, электричество и газ. Заранее обеспечить пути ухода, открыв двери и окна, после открытия окон от них следует отойти, чтобы если они разобьются, не зацепило осколками. Двигаться в полуразрушенном здании крайне опасно, поэтому следует ожидать помощи и привлекать к себе внимание.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

В ИФПМ СО РАН ведет работу штаб по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (ГО и ЧС). Штаб ГО и ЧС является постоянно действующим органом управления в объектовом звене предупреждения и ликвидации ЧС и ГО. Он специально уполномочен решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий в институте.

5.8 Выводы по разделу

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены негативные факторы, влияющие на работника в процессе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, а также меры по снижению их вредного/опасного действия к минимуму, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них.

Из всего вышеперечисленного можно сделать выводы:

- разработанные материалы и изделия из никелида титана должны быть безопасными в использовании, надёжными и не должны быть источникам ЧС;
- для обеспечения безопасности жизнедеятельности при работе в лаборатории обязательно выполнять все действия по правилам и технике безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Установлено, что в образцах [Ti-Ta-Si]ПС/TiNi поверхностный слой имеет сложное многослойное строение. Наружный слой является кристаллическим, имеет однофазный состав из кристаллов фазы α -Ta.
- Выявлено, что ионно-пучковая обработка танталом поверхностных слоев TiNi сплава практически не влияет на его структурно-фазовое и упруго-напряженное состояние в глубинных слоях подложки
- Выявлено, что в образцах $\text{TiNi}^{+\text{Ta}}$ наблюдается невысокий уровень сжимающих остаточных напряжений 1 рода с $\sigma^I \approx -100$ МПа, который сосредоточен в слое с B2 фазой с размерами областей когерентного рассеяния $D_{\text{ОКР}} \approx 40$ нм.

ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Brantley W. A. Evolution, clinical applications, and prospects of nickel-titanium alloys for orthodontic purposes/ W. A. Brantley // Journal of the World Federation of Orthodontists, Volume 9, Issue 3, Supplement, 2020, Pages S19-S26, <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2020.08.005>.
2. Shivank A. Tyagi, Manjaiah M. Additive manufacturing of titanium-based lattice structures for medical applications – A review / Tyagi A. Shivank, M.Manjaiah // Bioprinting. – 2023. – V. 30. – P. e00267, <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2023.e00267>.
3. Ohtsu N. Antibacterial effect of nickel-titanium alloy owing to nickel ion release / N. Ohtsu, S. Suginishi, M. Hirano // Applied Surface Science. – 2017. – Vol. 405. – P. 215 – 219.
4. Anikeev S. G. Preparation and electron-beam surface modification of novel TiNi material for medical applications / S. G. Anikeev, A. V. Shabalina, S. A. Kulinich, N. V. et al. // Appl. Sci.. – 2021. – V.11. – P. 4372-14; DOI: 10.3390/app11104372.
5. Dughaish Z. H. Effect of ion implantation on some physical properties of Nitinol (Ni-Ti) Shape-Memory Alloy: A Review / Z. H. Dughaish // J. Natural Sci. Math. – 2015. – V. 8. – P. 27-3.
6. Ostapenko M. Structure and residual stress distribution in TiNi substrate after fabrication of surface alloy using electron-beam treatments / M. Ostapenko, V.O. Semin, F. A. D'yachenko, A.A. Neiman, L.L. Meisner // Acta materialia. – 2022. – V. 231. – P. 117893. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.117893>
7. Otsuka, K. Physical Metallurgy of Ti-Ni Based Shape Memory Alloys / K. Otsuka and X. Ren // Progress in Materials Science. – 2005. – V. 50. – P. 511-678.
8. Корнилов, И.И. Никелид титана и другие сплавы с эффектом “памяти” / И.И. Корнилов, О.К. Белоусов, Е.В. Качур. – Москва: Наука, 1977, – 180 с.

9. Дюпин А. П. Использование эффекта памяти формы в механизме раскрытия аэродинамической поверхности управляемой ракеты / А. П. Дюпин, В. Г. Пушин // Вестник СГАУ. – 2011. – №2. – С. 25-37.
10. Köck, W. Tantalum—processing, properties and applications. / W. Köck, P. Paschen // JOM. – 1989. – 41. – С. 33–39 (1989).
<https://doi.org/10.1007/BF03220360>
11. Back, M.R. Biomaterials: Considerations for Endovascular Devices. In: White, R.A., Fogarty, T.J. (eds) Peripheral Endovascular Interventions. – New York: Springer, 1999. – 1004 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3105-7_15
12. Wilmowsky, C. Implants in bone: Part I. A current overview about tissue response, surface modifications and future perspectives / C. Wilmowsky, T. Moest, E. Nkenke, et al. // Oral Maxillofac Surg. – 2014. – 18. – 243–257.
<https://doi.org/10.1007/s10006-013-0398-1>
13. / Lotkov A.I. Effect of silicon, titanium, and zirconium ion implantation on NiTi biocompatibility. Special issue on «Modification, synthesis, and analysis of advanced materials using ion beam techniques» / A.I. Lotkov, L.L. Meisner, V.A. Matveeva et al // Adv. Mater. Sci. Eng.– 2012. – V. 2012. – P. 706094.
14. Gushenets, V. I. Brown; Simple and inexpensive time-of-flight charge-to-mass analyzer for ion beam source characterization / V. I. Gushenets, A. G. Nikolaev, E. M. Oks, et al. // Rev Sci Instrum. – 2006. – 77 (6). – 063301 pp. <https://doi.org/10.1063/1.2206778>
15. Ozur, G.E. Generation of low-energy high-current electron beams in plasma-anode electron guns / G.E. Ozur, D.I. Proskurovsky // Plasma Phys. Rep. – 2018. – 44 (1). – P. 18–39, <https://doi.org/10.1134/S1063780X18010130>
16. Taylor, A. X-ray metallography / A. Taylor. – Moscow: Metallurgia, 1965. – 370.
17. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "КонсультантПлюс". URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136698/ (режим доступа: свободный)

18. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (режим доступа: свободный).

19. СН 181-70 Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий. [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт" URL: <http://docs.cntd.ru/document/901707762> (режим доступа: свободный).

20. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 N 602-ст) [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Консультант-Плюс". URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=20151#0> (режим доступа: ограниченный).

21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291> (режим доступа: свободный).

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.2.2.1/2.1.1. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.04.2003) [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "КонсультантПлюс". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41996/ (режим доступа: свободный).

23. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608> (режим доступа: свободный).
24. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 10.09.1975 N 2368) (ред. от 01.06.1988) [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Консультант-плюс". URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=7996#0> (режим доступа: ограниченный).
25. Инструкция о мерах пожарной безопасности (Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013) [Электронный ресурс]: Корпоративный портал ТПУ. URL: <http://portal.tpu.ru/departments/head/education/document> (режим доступа: свободный).
26. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608> (режим доступа: свободный).
27. СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]: Сайт Докипедия. URL: <https://dokipedia.ru/document/5067535> (режим доступа: свободный).
28. СанПиН 2.2. 1/2. 1. 1. 1278–03 СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ НОРМЫ [Электронный ресурс]: https://e-ecolog.ru/docs/WG_2Oj8tqA1fLYV_04-6c?ysclid=lisuhqoe2p800714304
29. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> (режим доступа: свободный).

30. СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий. [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/901862522> (режим доступа: свободный).
31. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> (режим доступа: свободный).
32. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200289> (режим доступа: свободный).
33. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200270> (режим доступа: свободный).
34. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "Техэксперт". URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (режим доступа: свободный).
35. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "КонсультантПлюс". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/21fcb5ff5b429a80b88f9293abfe6b298ba05833/?ysclid=listxvqqf6973761726 (режим доступа: свободный).
36. ГОСТ 12.1.004-76. Государственный стандарт Союза ССР. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования"

(введен Постановлением Госстандарта СССР от 12.02.1976 N 384) (ред. от 26.04.1982) [Электронный ресурс] URL <https://e-ecolog.ru/docs/OCpzDwclEwV7U9JctZr3s?ysclid=lisu6vvh6j491688809> (режим доступа: свободный).

37. СНиП 2.01.02.-85*. Противопожарные нормы [Электронный ресурс]: URL: https://e-ecolog.ru/docs/WG_2Oj8tqA1flYV_04-6с?ysclid=lisuhqoe2p800714304 (режим доступа: свободный).