



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 Материаловедение и технологии материалов
ООП/ОПОП Материаловедение в машиностроении
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Исследование влияния СВЧ-облучения высокой плотности мощности нанопорошков Al, применяемых в качестве активирующих добавок при косолидации диборидов и карбидов переходных металлов

УДК 669.713:621.762:539.06

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ11	Гао Юйчэнь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Матренин Сергей Вениаминович	К.т.н, доцент ОМ		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Буякова С.П.	докт. техн. наук, профессор		

Томск – 2023 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.

ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Отделение материаловедения
Направление подготовки: Материаловедение и технологии материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ С.П. Буякова

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ11	Гао Юйчэнь

Тема работы:

Исследование влияния СВЧ-облучения высокой плотности мощности нанопорошков Al, применяемых в качестве активирующих добавок при косолидации диборидов и карбидов переходных металлов	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № <u>69-70</u> с _____ от <u>10.03.2023</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литература по теме исследования. Нанопорошок алюминия, HfB_2 , La_2O_3 , W Техническое описание лабораторного оборудования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературы Объект и методика исследования Результаты исследования Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность
Перечень графического материала	Титульный лист Актуальность, цель работы

<i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Материалы и методы исследования Результаты исследований Заключение
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент	Гасанов М.А., Профессор-д-р экон. наук	
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна, Доцент	
Обзор литературы	Матренин Сергей Вениаминович, Доцент ОМ	
Объект и методики исследования	Матренин Сергей Вениаминович, Доцент ОМ	
Результаты исследования	Матренин Сергей Вениаминович, Доцент ОМ	
Иностранный язык	Зяблова Наталия Николаевна, Доцент	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Реферат – Abstract		
Литературный обзор - Review of literature		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Матренин С.В.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ11	Гао Юйчэнь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра содержит 111 страниц, 17 рисунков, 28 таблиц, 18 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: Диборидов металлов, горячее прессование, активированное спекание, нанопорошок.

Образцы горячепрессованной керамики из диборидов и карбидов переходных металлов.

Цель работы – исследование направлено на выявление влияния СВЧ-облучения высокой плотности мощности на свойства нанопорошков алюминия и их взаимодействие с диборидами и карбидами переходных металлов при коагуляции. В частности, исследование может включать определение изменений физических свойств нанопорошков алюминия, изменений в процессах совместного спекания и влияния на свойства полученных композитных материалов.

В данной работе рассмотрены влияние СВЧ-излучения на твердые тела, свойства дисперсного алюминия после СВЧ-облучения, восстановление алюминия в оксидной оболочке наночастиц под действием высокоэнергетического излучения, энергетическая диаграмма наличия метастабильных состояний.

Области применения разработанной керамики: химическая промышленность, авиакосмическая промышленность, радиоэлектроника и машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы. Поскольку данный проект относится к поисковым научным разработкам, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным. В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых физико-механических характеристик.

ABSTRACT

Master's thesis contains 111 pages, 17 figures, 28 tables, 18 sources, 1 application.

Keywords: oxynitrides, Metal diborides, hot pressing, activated sintering, nanopowder.

Samples of hot-pressed ceramics made of transition metal diborides and carbides.

The aim of the work is to investigate the effect of high power density microwave irradiation on the properties of aluminum nanopowders and their interaction with transition metal diborides and carbides during co-solidation. In particular, the study can include the determination of changes in the physical properties of aluminum nanopowders, changes in co-sintering processes and the effect on the properties of the obtained composite materials.

This paper considers the effect of microwave radiation on solids, the properties of dispersed aluminum after microwave irradiation, aluminum reduction in the oxide shell of nanoparticles under the influence of high-energy radiation, the energy diagram of the presence of metastable states.

Areas of application of the developed ceramics: chemical industry, aerospace industry, radioelectronics and mechanical engineering.

Economic efficiency/significance of the work. As this project belongs to the exploratory scientific development, it is not possible to calculate the integral financial indicator of the development. In general, this project is promising in terms of resource consumption, as unlike analogues, the project provides for lower cost of future products due to the use of inexpensive raw materials and the possible achievement of the required physical and mechanical characteristics.

Определения, обозначения, сокращения

СВЧ – Сверхвысокочастотное излучение

ГП – горячее пресование

НП – нанопорошок

НЧ – наночастица

Оглавление

Введение.....	11
1 Обзор литературы.....	13
1.1 СВЧ-излучение.....	13
1.2 Структура и свойства диборидов металлов (HfB ₂ , TiB ₂ и ZrB ₂)....	22
1.3 Технология горячего прессования.....	30
2 Экспериментальная часть.....	39
2.1 Объекты и методы.....	39
2.2 Результаты проведенного исследования.....	46
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
3.2 Разделение выпускной квалификационной работы на этапы.....	54
3.3 Анализ конкурентных решений.....	56
3.4 SWOT-анализ.....	58
3.5 Определение трудоемкости этапов выпускной квалификационной работы.....	62
3.5.1 Составление сметы затрат.....	66
3.5.2 Затраты на амортизацию оборудования.....	67
3.5.3 Затраты на основные и вспомогательные материалы.....	68
3.5.4 Затраты на электроэнергию.....	69
3.5.5 Смета затрат на ВКР.....	70
3.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	70
3.6.1 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)...	72
3.6.2 Накладные расходы.....	73
3.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	75
3.7.1 Интегральный показатель финансовой эффективности.....	75

3.7.2	Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	76
3.7.3	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.....	77
	Выводы по разделу.....	79
4	Социальная ответственность.....	82
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
4.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства...	82
4.1.2	Эргономические требования к рабочему месту.....	84
4.2	Производственная безопасность.....	85
4.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	85
4.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве.....	87
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
	Заключение по разделу.....	100
	Заключение.....	102
	Список использованных источников.....	103
	Приложение.....	105

Введение

Одной из основных проблем современных химических технологий является увеличение реакционной способности металлов, сплавов и композитов – в ряде случаев это необходимо для снижения температуры начала реакции, увеличения скорости реакции. В конечном итоге это приводит к увеличению производительности труда, экономически эффективному использованию материалов и снижению энергоёмкости производственных процессов. В настоящее время основным способом решения этих задач является ведение химических добавок, механоактивация, а также повышение дисперсности веществ: производство микро- и наноразмерных порошков металлов.

Микронные порошки металлов используются в качестве катализаторов процессов химического синтеза и катализаторов горения, для синтеза керамических нитридсодержащих материалов, компонентов высокоэнергетических материалов: пиротехнических смесей и ракетных топлив, термитов для сварки, в аддитивных технологиях и для получения композиционных материалов, для дисперсного упрочнения полимеров, и т.д. Нанодисперсные металлы применяют в качестве добавок в смазочные материалы, компонентов смесей для неорганического синтеза сверхпрочных материалов, в качестве энерговыделяющих добавок в высокоэнергетические материалы, в водородной энергетике и т.д. Одним из основных методов получения нанопорошков металлов является метод электрического взрыва проводников в инертной среде.

Считается, что нанопорошки металлов, полученные в условиях электрического взрыва проводников, вследствие высокой неравновесности процессов их получения, содержат некоторое количество так называемой «избыточной энергии» [1], которую некоторые исследователи также называют «запасённая энергия» («stored energy») [2]. Кеннет Куо показал [3], что эффект запасённой энергии представляет собой термодинамически высоко неравновесное состояние материала, вследствие чего его химическая

активность может изменяться на много порядков. Помимо «запасённой энергии», связанной с неравновесными условиями получения нанопорошков, в них может быть дополнительно за счёт различных дефектов запасена энергия с помощью внешних высокоэнергетических воздействий (нейтронное облучение, гамма-облучение), а механизмы стабилизации части энергии излучения в веществе требуют дальнейшего изучения.

Таким образом, актуальной научно-технической проблемой является разработка научных основ методов улучшения физико-химических свойств дисперсных металлов, в частности, алюминия, воздействием высокоэнергетических излучений для их более эффективного использования в технологических приложениях. Это статьи-исследование физико-механических свойств модифицированных облучением СВЧ композиционных материалов на основе диборида гафния HfB_2 .

1 Обзор литературы

1.1 СВЧ-излучение

В последнее время возрастает актуальность исследования влияния электромагнитного излучения сверхвысокой частоты (СВЧ-излучение) на различные объекты как живой, так и неживой природы. Анализ ряда монографий и статей, как зарубежных, так и отечественных авторов, позволяет выделить несколько направлений исследования [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]:

1. Тепловой механизм воздействия. Установлено, что СВЧ-излучение с частотой 2,45 ГГц действует на молекулы воды – происходит их поляризация и нагрев, что используют для осушения древесины, семян, полимеров, вулканизации резины, стерилизации медицинских инструментов. Этот же механизм лежит в основе синтеза веществ с использованием СВЧ-излучения по «золь-гель»-технологии, в которой излучение используется как источник внутреннего нагрева вместо внешнего источника тепла. Кроме того, СВЧ-излучение создает вихревые токи в металлах, что приводит к их нагреванию, вследствие чего становится возможной сварка тонких металлических листов. Также с помощью термического воздействия СВЧ-излучения спекают керамические материалы и пытаются проводить их сварку, где в качестве припоя используют порошковые добавки меди, латуни, железа.

2. Нетепловое взаимодействие СВЧ-излучения с атомной и электронной подсистемами вещества. Установлено, что это ферромагнитные вещества, содержащие атомы Fe, Ni, Co, а также ферриты, являются поглотителями СВЧ-излучения, в то время как другие металлы в основном являются отражателями, а керамические материалы на основе оксида алюминия – прозрачными для СВЧ-излучения в широком диапазоне частот. В частности, установлено, что кратковременное импульсное воздействие СВЧ-излучения с частотами 2,45 и 24 ГГц на полупроводниковые монокристаллы CdS и CdTe:Cl изменяет профиль

распределения примесей в граничном слое. Причем эффект имеет не тепловую природу – под действием излучения формируются комплексы дефектов, которые связывают экситоны в приповерхностной области.

Современные генераторы СВЧ-излучения позволяют получать высокие мощности излучения (10^8 – 10^{10} Вт) в короткоимпульсном режиме (10^{-8} – 10^{-7} с). Возникающие при воздействии мощного СВЧ-излучения механические напряжения на границе раздела двух сред с различными электрофизическими свойствами могут быть использованы для очистки механических поверхностей от слабопроводящих покрытий и оксидов. Например, для меди в массивном состоянии известно, что вследствие СВЧ-воздействия происходит изменение её дефектной структуры [10]. В работе [12] образцы для исследования поликристаллической меди приготавливали выплавкой слитка в вакууме из вакуумной меди. Из слитка методомковки получали прямоугольный прут, из которого вырезали пластинки толщиной не более 350 мкм и площадью 1,5 см². После механической шлифовки штампом вырубали диски диаметром 3,2 мм. Поверхность дисков выравнивалась механически, затем диски подвергали электролитической полировке, в результате которой с каждой стороны удалялся с поверхности слой толщиной ~ 20 мкм. Далее осуществляли рекристаллизационный отжиг образцов в среде аргона в течение 9 ч при 850 °С. Подготовленные образцы облучали с помощью СВЧ-генератора с виртуальным катодом [10], при этом получали следующие параметры излучения: частота излучения 2850–3150 МГц, длительность импульса 250–350 нс. Воздействие на образец осуществлялось однократными импульсами через 30–40 с с общим числом облучающих импульсов 100. Плотность мощности излучения в месте установки образцов составляла 2 кВт/см². Для проведения исследований методом электронной микроскопии изготавливали тонкие фольги с использованием электролитической импульсно-периодической полировки с помощью прибора «Микрон».

Установлено [12], что в исходном состоянии поликристаллические образцы меди имели относительно низкую плотность хаотически расположенных дислокаций ($0,7 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$), дальнедействующие поля напряжений отсутствовали. Воздействие СВЧ-излучения приводило к генерации и формированию различных дислокационных структур в меди: полосовая, ячеисто-сетчатая с разориентировками, сетчатая без разориентировок. С увеличением расстояния от облучаемой поверхности меди объемные доли полосовой и ячеисто-сетчатой структур убывали. За пределами рассчитанной глубины скин-слоя ($\sim 1,15 \text{ мкм}$) оставалась в основном сетчатая структура, которая постепенно переходила в хаотическую. Скалярная плотность дислокаций максимальна у поверхности ($2,6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$) и убывала с удалением от неё. Наиболее значительное уменьшение скалярной плотности дислокаций наблюдалось в слое толщиной $0,4 \text{ мкм}$. Плотности дислокаций в полосовой и ячеисто-сетчатой структурах максимальны на глубине $0,25 \text{ мкм}$ от облучаемой поверхности и затем убывали. В случае сетчатой и хаотической структур плотности дислокаций менялись слабо. При этом на одной и той же глубине от поверхности наблюдали различные типы структур с резко различающимися значениями плотности дислокаций, что свидетельствует о значительной неоднородности формирующейся дислокационной структуры. С удалением от поверхности за пределами скин-слоя такая неоднородность уменьшалась: максимальная генерация дислокаций происходила на внешней половине скин-слоя (т.е. в приповерхностном слое).

Таким образом, в приповерхностном слое происходит формирование дефектной структуры, в которой возникают механические напряжения, достигающие 300 МПа . Под действием таких напряжений в облучаемой меди возможны пластические деформации от 10 до 50% , что соответствует величине запасённой энергии $\sim 14 \text{ Дж/кг}$. Следовательно, импульсное воздействие мощного СВЧ-излучения приводит к формированию структур с запасённой энергией в твердом теле за счет образования значительного

количества различных структурных дефектов (различных типов дислокационных структур).

Исследования по действию СВЧ-излучения на различные наноматериалы в настоящее время сосредоточены на изучении взаимодействия СВЧ-излучения с тонкими металлическими пленками. Анализ зарубежных публикаций показывает, что зарубежные исследования в основном сосредоточены на изучении воздействия СВЧ-излучения на биологические объекты, влиянии СВЧ-излучения на протекание химических реакций и применении СВЧ-излучения в порошковой металлургии для спекания порошковых заготовок.

Проведены исследования влияния коротковолнового СВЧ-излучения на термические параметры нанопорошка Al. Данный порошок использовался в качестве активатора для получения оксинитридных фаз.

Основные физические процессы, происходящие в металлах под действием СВЧ-излучения, известны давно. В то же время механизм взаимодействия СВЧ-излучения с порошками тугоплавких соединений практически не изучен. Вместе с тем электромагнитное излучение сверхвысокой частоты является «тонким» инструментом воздействия на поверхностный и приповерхностный слои частиц нано- и микронных порошков вследствие скин-эффекта. Исследование влияния воздействия на эти слои представляет интерес, так как именно эти слои обуславливают устойчивость частиц к процессам отражения излучения, нагреванию, окислению и сохранение запасенной энергии.

Методика СВЧ-облучения порошков

Для исследования влияния СВЧ-излучения на устойчивость порошков металлов был разработан экспериментальный стенд (рисунок 1), включающий в себя источник СВЧ-излучения на базе магнетронного генератора (1), безэховую камеру (6), антенно-фидерную систему, включающую в себя ферритовый вентиль (2), направленный ответвитель (3), волноводный тракт (5), рупорную антенну (7). Облучаемый порошок (8)

размещали в виде тонкого слоя (толщиной 2 мм) на диэлектрической подложке из оксида алюминия (9), являющегося «оптически прозрачным» для СВЧ-излучения на этих частотах. Для контроля и измерения параметров импульсов излучения использован осциллограф DS 091204 А (4). Безэховая камера имела коэффициент поглощения электромагнитного излучения 26–27 дБ. В рабочей зоне камеры на расстоянии до 0,5 м от излучающей антенны располагался объект исследования. В качестве антенны использовался волноводный рупор. В эксперименте проводили измерения плотности потока мощности на объекте с помощью измерителя ПО-01. Длительность и частоту повторения импульсов измеряли с помощью осциллографа. Обеспечивались следующие параметры излучения в области размещения образца: поток с плотностью мощности 80 Вт/см^2 , длительность импульса – 3 мкс, частота следования импульсов – 400 Гц, несущая частота излучения – 9,4 ГГц. Кроме того, для более интенсивного ввода энергии использовали генератор излучения с плотностью мощности 8 кВт/см^2 , имевший несущую частоту излучения 2,85 ГГц, и длительность импульса 25 нс.

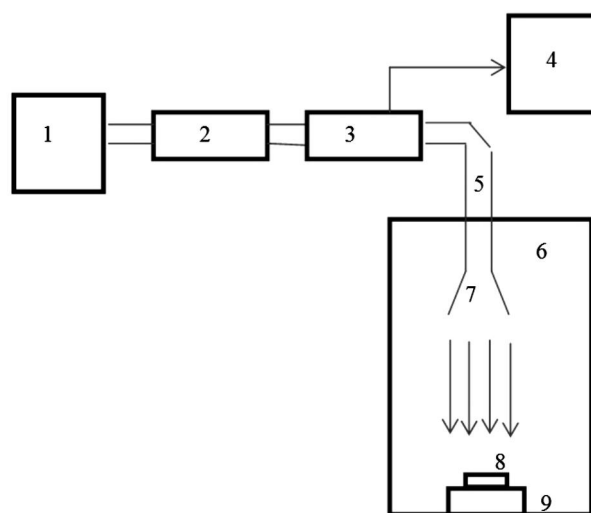


Рисунок 1 - Схема экспериментального стенда для изучения действия КПЭ СВЧ-излучения на нанопорошок алюминия

В эксперименте проводили измерения плотности потока мощности на объекте с помощью измерителя ПО-01. Длительность и частоту повторения импульсов измеряли с помощью осциллографа. Обеспечивались следующие

параметры излучения в области размещения образца: поток с плотностью мощности 80 Вт/см^2 , длительность импульса – 3 мкс, частота следования импульсов – 400 Гц, несущая частота излучения – 9,4 ГГц.

В ранних работах по изучению действия СВЧ-излучения на металлы в массивном состоянии, проанализированных в настоящей диссертации, установлено, что импульсное воздействие мощного СВЧ-излучения приводит к формированию структур с запасенной энергией в твердом теле за счет образования значительного количества различных структурных дефектов-дислокаций. При облучении СВЧ-излучением S-диапазона плотностью мощности 2 кВт/см^2 в приповерхностном слое монокристаллической меди происходит формирование дефектной структуры, в которой возникают механические напряжения, достигающие 300 МПа [12].

Учитывая особенности строения микро- и наночастиц, представляющих собой композит: слой оксида на поверхности металла, особый интерес представляет воздействие СВЧ-излучения на нанопорошки. Следует ожидать значительного изменения физико-химических свойств микронных порошков и электровзрывных нанопорошков металлов вследствие воздействия на них СВЧ-излучения. В качестве частного случая воздействия ионизирующего излучения электромагнитной природы можно рассматривать рентгеновское синхротронное излучение – электромагнитное излучение терагерцевого диапазона.

Основные физические процессы, происходящие в металлах под действием СВЧ-излучения, известны давно [10]. В то же время действие СВЧ-излучения на порошки металлов изучено односторонне: для спекания порошков, инициирования горения, проведены исследования и используются практические результаты экспериментов по измерению коэффициентов поглощения-отражения от различного вида покрытий. Несмотря на большое количество публикаций по этой теме, механизм взаимодействия СВЧ-излучения с порошками металлов практически не изучен. Вместе с тем электромагнитное излучение сверхвысокой частоты является инструментом

воздействия на поверхностный и приповерхностный слои частиц нано- и микронных порошков металлов. Исследование влияния воздействия на эти слои представляет интерес, так как именно эти слои обуславливают процессы отражения излучения и устойчивость частиц, нагреванию, окислению и сохранение запасенной энергии.

Учитывая тот факт, что время отклика атомной подсистемы на внешние воздействия на несколько порядков больше скорости отклика электронной подсистемы, исследование влияния СВЧ-излучения позволит определить роль электронной структуры в устойчивости нано- и микропорошков к высокоэнергетическим воздействиям. Это является принципиальным отличием от электронного облучения, так как электронный пучок воздействует одновременно на всю структуру вещества «атомный остов – электроны». Кроме того, сопоставление экспериментальных результатов с данными по действию электронного пучка на порошки металлов позволит разработать практические рекомендации по использованию высокоэнергетических излучений различной физической природы для целевого модифицирования физико-химических характеристик порошков металлов.

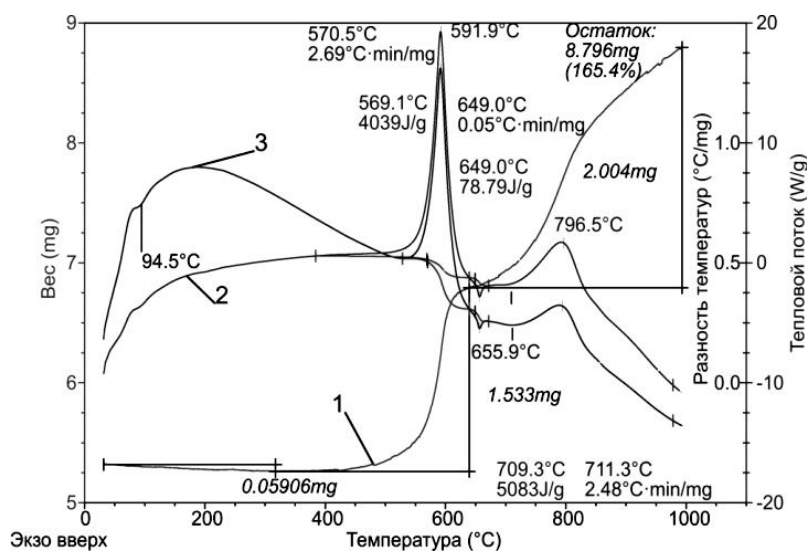
Стабилизация запасенной энергии в нанопорошке алюминия после действия СВЧ-излучения

В таблице 1 представлены результаты расчета основных параметров химической активности НП Al после облучения СВЧ-излучением: температура начала окисления ($t_{н.о}$), тепловой эффект окисления (ΔH), прирост массы после окисления нанопорошка (Δm).

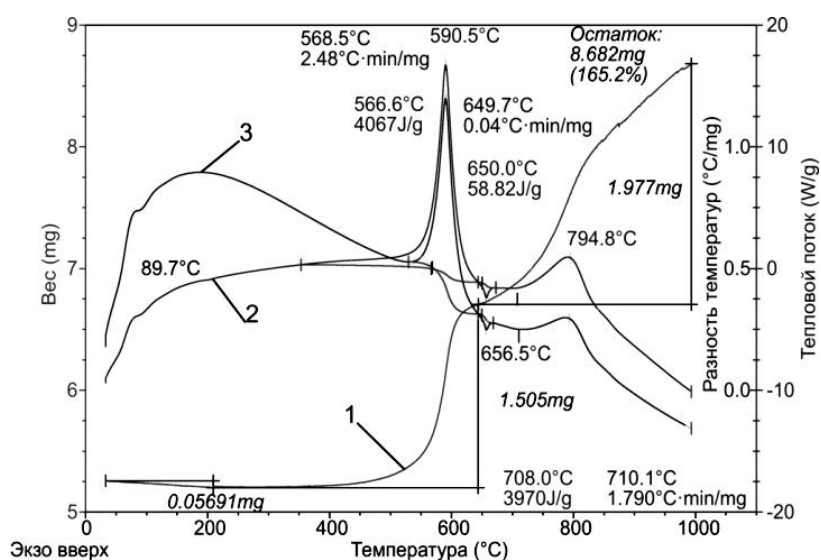
Таблица 1 - Термические параметры НП Al после воздействия концентрированного потока энергии (КПЭ) СВЧ-излучения

№	Время Облучения, с	Энергия СВЧ-излучения, Дж	$t_{н.о.}, ^\circ\text{C}$	$\Delta H,$ Дж/г	$\Delta m,$ мас. %
0	0	0	420	6750	53,7
1	5	12	390	9122	65,4
2	10	24	370	8375	61,6
3	15	36	400	7649	63,5
4	20	48	350	8268	62,2
5	25	60	350	8037	65,2

На рисунке 2 представлена термограмма НП Al после облучения (обозначения: 1 – изменение массы, 2 – тепловой поток, 3 – разность температур между образцом и внутренним эталоном термоанализатора). Сравнение этих термограмм между собой является более корректным, чем сравнение с другими термограммами, так как прирост массы после окисления нанопорошка алюминия в обоих случаях составляет примерно 65 мас. %. Таким образом, при окислении примерно одинакового количества алюминия возникает существенное различие в тепловом эффекте: при более длительном облучении нанопорошка алюминия тепловой эффект снизился на 13,5 %, кроме того, температура начала окисления уменьшилась с 390 до 350 °С. Вместе с тем относительно необлученного порошка (образец № 0 в таблице 3) воздействие КПЭ СВЧ-излучения приводит к снижению температуры начала окисления и к увеличению степени окисленности алюминия (прирост массы образцов № 1 и № 5 выше примерно на 12 % в сравнении с образцом № 0, а температура начала окисления ниже на 30 и 70 °С соответственно), что свидетельствует об увеличении химической активности нанопорошка алюминия.



а



б

Рисунок 2 - Термограммы НП Al после воздействия КПЭ СВЧ-излучения в течение 5 с (а) и 25 с (б)

Таким образом, СВЧ-излучение влияет на термическую стабильность нанопорошка алюминия: происходит увеличение теплового эффекта окисления на 35,1 % и уменьшение температуры начала окисления на 40 °С, т. е. химическая активность нанопорошка алюминия увеличивается по двум параметрам. Алюминий является активным металлом, особенно в порошкообразном состоянии. Микрочастицы алюминия, полученные распылением расплава в кислородсодержащей среде, содержат металл с невысокой дефектностью (согласно рентгеноструктурному анализу). Их

стабилизация в воздухе происходит по диффузионному механизму окисления, а в случае нанопорошка алюминия на поверхности частицы формируется двойной электрический слой (ДЭС) по механизму создания псевдоемкости ДЭС. Подтверждением недиффузионного механизма формирования защитной пленки на поверхности наночастицы алюминия являются экспериментальные данные, свидетельствующие о снижении толщины пленки с уменьшением радиуса частиц, повышении устойчивости в воздухе при комнатной температуре, пороговых явлениях с участием нанопорошка алюминия.

Повышение скорости окисления является следствием деструкции ДЭС на поверхности частицы, что приводит к более свободному доступу окислителя (протонов) к металлической составляющей наночастицы. Предположительным механизмом влияния СВЧ-излучения на нанопорошок алюминия является тепловой нагрев металлической составляющей наночастицы, вызывающий разрушение ДЭС на поверхности наночастицы и, как следствие, дополнительное окисление металлической составляющей, что приводит к снижению теплового эффекта окисления. Дополнительным подтверждением деструкции ДЭС и уменьшения его термической стабильности является снижение температуры начала окисления.

Увеличение запасенной энергии при действии СВЧ-излучения (9,4 ГГц, 80 Вт/см², 3 мкс, 400 Гц) относительно необлученного образца составляет максимально 1,3 раза, т. е. прирост запасенной энергии максимально составляет 35,1 %, что меньше величины запасенной энергии после действия электронного пучка.

1.2 Структура и свойства диборидов металлов (HfB₂, TiB₂ и ZrB₂)

Соединения многих переходных металлов с бором (их дибориды) обладают многими уникальными свойствами. Эти дибориды отличаются огнеупорностью, отличной химической стойкостью в различных агрессивных средах, высокой твердостью, тепло- и электропроводностью. Поэтому эти

дибориды находят все более широкое применение в промышленности и технике.

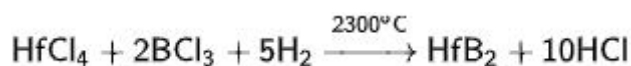
Гафния диборид является керамики - его температура плавления составляет около 3250° С - состоящей из гафния и бора , имеющими химическую формулу HfB₂. Он представляет собой твердое вещество серого цвета с металлическим оттенком. Его свойства довольно необычны для керамики, с довольно высокой теплопроводностью и электропроводностью , как и у диборида титана TiB₂, изоструктурный и диборид циркония ZrB₂.

Диборид гафния часто ассоциируется с углеродом , бором , кремнием , карбидом кремния и / или никелем для облегчения консолидации HfB₂. порошкообразные путем спекания , обычно осуществляемого горячим прессованием, во время которого порошки нагреваются и сжимаются. Из тонких слоев можно получить борогидрид гафния HfBH₄ методом химического осаждения из паровой фазы (CVD)[13].

Преимущество этого материала в том, что он менее чувствителен к абляции при входе в атмосферу, чем композитные материалы с полимерной матрицей, и поэтому изучается для горячих частей гиперзвуковых ракет , передней кромки или двигателя или в качестве окна антенны.

Он также изучается для возможного применения в управляющих стержнях из ядерных реакторов .

Пропускание газообразной смеси хлорида гафния, хлорида бора и водорода над нагретой вольфрамовой проволокой:



Диборид гафния образует серые кристаллы кубической сингонии. Хорошо проводит электрический ток. Керамические материалы на основе и гафния обладают уникальным сочетанием физико-механических свойств. Детали из них могут эксплуатироваться без охлаждения в условиях жестких термоциклических нагрузок длительно без потери прочности в

окислительной среде, имеют удельную массу в 1,5-2,0 раза меньше традиционных металлов и сплавов.

Диаграммы состояния систем Ti – В приведены на рисунке 3. В системе Ti – В установлено наличие следующих боридов: TiB, Ti₃B₄ и TiB₂. Диборид титана имеет узкую область гомогенности (65,6 – 67,9 % В (ат.) при 1730 °С). При избытке бора образуется смесь фаз (TiB₂+ В) с эвтектической температурой плавления приблизительно 2080 °С, а при избытке титана – две боридные фазы (Ti₃B₄+ TiB₂) с перитектической температурой плавления приблизительно 2200°С. Дибориды титана характеризуются высокими температурами плавления и узкими областями гомогенности. Поэтому при синтезе наиболее вероятно образование их в порошкообразном состоянии. Для получения однофазных продуктов (диборидов TiB₂) необходим точный расчет шихт. Дибориды титана в термодинамическом отношении являются весьма стабильными соединениями, свидетельством чего служат высокие значения теплоты образования из элементов и изобарно-изотермических потенциалов. Величина коэффициентов теплопроводности этих диборидов сравнительно большая; удельное сопротивление невелико. Микротвердость этих диборидов довольно высока. Стойкость этих соединений к высокотемпературному окислению сравнительно велика, что связано с защитным действием образующейся на поверхности их частиц жидкой пленки из оксида В₂О₃ (температура плавления приблизительно 450 °С [14]).

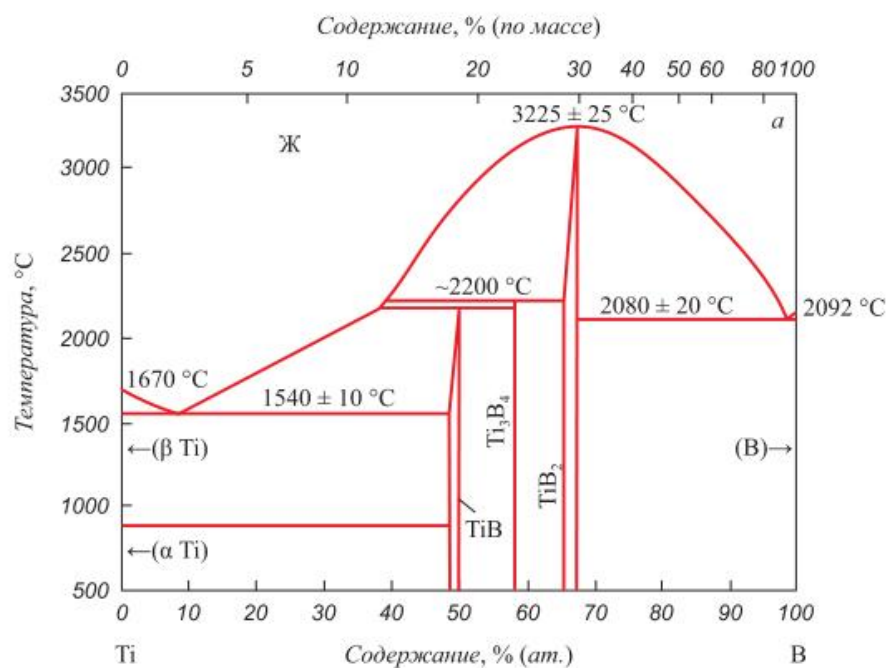


Рисунок 3 - Диаграммы состояния систем Ti – B

Приготовление диборида титана обычно осуществляется следующими методами. Метод вакуумного горячего прессования: титан и борный порошок смешиваются, затем изготавливаются путем горячего прессования в вакуумной среде. Метод карботермического восстановления: титан и бор смешиваются, добавляется определенное количество угольного порошка, затем проводится восстановление при высокой температуре. Гидротермальный синтез: титановая соль и борная кислота смешиваются, затем производится синтез при высокой температуре и высоком давлении в водной среде. Метод соль-гель: титан и бор смешиваются, чтобы получить раствор-гель, затем диборид титана изготавливается путем гелеобразования.

Кристаллическая структура диборида титана относится к гексагональной плотной упаковке (HCP). В ней атомы титана и бора чередуются и образуют структуру, напоминающую сотовую структуру. Кристаллическая структура диборида титана стабильна и обладает высокой твердостью, высокой температурой плавления, высокой стойкостью к коррозии и хорошей электропроводностью и другими превосходными физическими и химическими свойствами.

Диборид титана имеет очень высокую твердость, обычно достигающую 9-10 по шкале твердости Мооса. Это значительно превышает твердость традиционных материалов, таких как сталь, алюминиевые сплавы и другие. Кроме того, он обладает хорошей износостойкостью, стойкостью к коррозии и термической стабильностью, что делает его идеальным материалом для высокотемпературных износостойких материалов и материалов для покрытий.

В электронной промышленности диборид титана имеет хорошую электропроводность, его удельное сопротивление составляет около 10^{-6} Ом·м, что значительно ниже, чем у многих традиционных материалов для проводов, таких как медь и алюминий. Это делает диборид титана важным материалом для электродов, которые широко применяются в различных электронных устройствах и солнечных батареях.

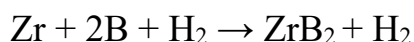
В целом, диборид титана обладает превосходными физическими и химическими свойствами, что делает его перспективным материалом во многих отраслях.

Диборид циркония - это двухкомпонентный керамический материал, состоящий из циркония и бора, химическая формула которого ZrB_2 . Он обладает выдающимися высокотемпературными механическими свойствами, химической стабильностью, хорошей электропроводностью и теплопроводностью и широко используется в авиационной и космической отраслях, энергетике, производственном процессе и химической промышленности.

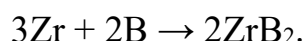
Диборид циркония - это очень твердый и высокотемпературный керамический материал с высокой прочностью, твердостью и термической стабильностью. Его плотность составляет $6,09$ г/см³, температура плавления составляет 3246 °С, прочность при изгибе может достигать 400 МПа при высокой температуре, прочность при растяжении составляет 200 МПа, теплопроводность составляет $30-60$ Вт/(м·К), удельная теплоемкость составляет $0,31$ Дж/(г·К), коэффициент термического расширения составляет

$6,2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Кроме того, диборид циркония также обладает хорошей химической стабильностью и не подвержен атаке обычными химическими реагентами, такими как кислоты, щелочи, вода и т.д.

Диборид циркония может быть получен следующими способами. Метод карботермического восстановления: смешать порошки циркония и бора, затем пропустить через них водород при высокой температуре, чтобы получить диборид циркония. Реакция может быть представлена уравнением:



Метод непосредственного синтеза: смешать порошки циркония и бора в определенном соотношении, затем нагреть до высокой температуры, чтобы получить диборид циркония. Реакция может быть представлена уравнением:



Метод газофазного осаждения: используя технологию химического газофазного осаждения, при высокой температуре и высоком вакууме, циркониевый и борный источники в отдельных реакционных зонах взаимодействуют в газовой фазе, образуя диборид циркония.

Метод соль-гель: растворить соединения циркония и бора в подходящем растворителе, обработать с помощью метода соль-гель, образуя однородный гель, затем обжечь при высокой температуре, чтобы получить диборид циркония.

Структура диборида циркония относится к группе соединений графена, также известной как структура MXene. Структура MXene представляет собой многослойную двумерную кристаллическую структуру, в которой металлический слой упакован между двумя графеновыми слоями с диэдральным углом. Кристаллическая структура диборида циркония является гексагональной, пространственная группа - $R\bar{6}3/mmc$, параметры ячейки - $a = b = 3,191 \text{ \AA}$ и $c = 12,99 \text{ \AA}$. Каждый атом Zr окружен шестью атомами В, образуя шестиугольную плоскость. Длина связи Zr-В составляет $1,76 \text{ \AA}$, а длина связи В-В - $1,74 \text{ \AA}$.

Твердость: Диборид циркония является очень твердым материалом и обладает высокой твердостью по шкале Мооса, которая составляет около 27 ГПа. Это свойство делает его привлекательным для применения в качестве защитного покрытия на поверхностях, которые подвержены механическим воздействиям.

Модуль Юнга: Диборид циркония обладает высоким модулем Юнга, который составляет около 450 ГПа. Это свойство делает его привлекательным для использования в качестве материала для конструкционных приложений, таких как изготовление лезвий для инструментов, деталей оборудования и т.д.

Теплопроводность: Диборид циркония обладает высокой теплопроводностью, которая составляет около 25 Вт/м·К при комнатной температуре. Это свойство делает его привлекательным для использования в качестве материала для теплопроводных элементов в электронике и других технологических приложениях.

Электропроводность: Диборид циркония является полупроводником и обладает высокой электропроводностью в плоскости кристалла, но низкой в направлении, перпендикулярном к плоскости кристалла. Это свойство делает его привлекательным для использования в качестве материала для электронных приборов.

Оптические свойства: Диборид циркония обладает высокой прозрачностью в инфракрасном диапазоне и может использоваться для изготовления оптических элементов, таких как линзы и зеркала.

Устойчивость к коррозии: Диборид циркония обладает высокой устойчивостью к коррозии и может использоваться в агрессивных средах, таких как кислоты и щелочи.

Устойчивость к коррозии: Диоксид циркония обладает высокой устойчивостью к коррозии и может использоваться в сильноокислых и сильнощелочных условиях, не подвергаясь химическому разрушению.

Восстановительные свойства: Диоксид циркония может быть восстановлен до металла циркония или сплава циркония, и может использоваться в качестве катализатора для некоторых высокотемпературных восстановительных реакций.

Окисляемость: Хотя диоксид циркония не подвержен окислению в атмосфере, в высокотемпературной окисляющей среде, например в потоке кислорода при нагревании, диоксид циркония может быть окислен до оксида циркония.

Низкая реакционность: Химическая реакционность диоксида циркония низкая, поэтому при производстве требуется особая методика обработки, например, реакция при высокой температуре и высоком давлении, чтобы повысить эффективность и выход продукта.

Взаимодействие с другими соединениями: Диоксид циркония может взаимодействовать с оксидами, нитридами, карбидами и другими соединениями, образуя ряд циркониевых соединений, которые находят широкое применение в области материаловедения, электроники, катализа и др.

Диоксид циркония - многофункциональный материал с широким спектром применения. **Керамическая промышленность:** диоксид циркония является высококачественным сырьем для производства термостойких, износостойких и коррозионно-стойких керамических изделий, таких как сопла, затворы, подшипники, шлифовальные круги и т.д. **Медицинская техника:** благодаря превосходной биологической совместимости, низкой токсичности и высокой прочности, диоксид циркония широко применяется в области медицинской техники, такой как искусственные суставы, зубные импланты, хирургические инструменты и т.д. **Электронная промышленность:** диоксид циркония используется в качестве диэлектрического материала для высокочастотных конденсаторов, и электронный диоксид циркония влияет на электрические характеристики конденсатора, такие как стабильность электрических свойств, прочность на пробое, температурные свойства и т.д.

Оптическая промышленность: диоксид циркония благодаря своей высокой прозрачности, высокому показателю преломления и высокой стойкости к царапинам используется для изготовления оптических линз, окон и других оптических компонентов. Авиационная промышленность: диоксид циркония обладает высокой термической стойкостью и стойкостью к термическому удару, и может использоваться для изготовления высокотемпературных деталей, керамических покрытий и т.д. Область охраны окружающей среды: диоксид циркония может использоваться в качестве катализатора для обработки загрязненных воздушных и водных потоков, а также в области защиты окружающей среды, такой как обработ.

1.3 Технология горячего прессования

Прессование – формование порошковых металлов – является одной из трудоёмких операций порошковой металлургии, в результате которой под действием приложенного усилия из бесформенного сыпучего порошка получается относительно прочное тело –прессовка, близкая по форме и размерам к форме и размерам готового изделия с учётом изменения размеров при спекании дальнейшей обработке. Прессование порошковых материалов складывается из приготовления смеси порошков заданного химического и гранулометрического составов, дозировки и засыпки смеси в пресс-форму, собственно прессования, выпрессовки заготовок и контроля качества. Условия прессования (давление, схема, холодное, горячее и т.п.) определяют физико-химические и механические свойства готовых изделий, их эксплуатационное назначение.

Зависимость между давлением прессования и плотностью прессовок. Увеличение плотности прессовок с повышением давления происходит неравномерно. На первом этапе прессования (рисунок 4) самое наибольшее повышение давления уже вызывает значительное увеличение плотности прессовок, а при дальнейшем прессовании, наоборот, даже очень большое давление приводит лишь к незначительному увеличению плотности [15].

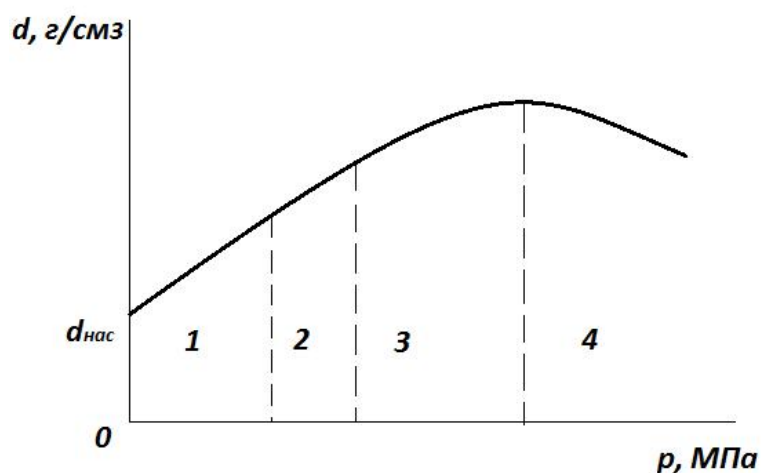


Рисунок 4 – График зависимости плотности заготовок от давления прессования: 1 – 4 – этапы прессования

Такая зависимость объясняется рядом последовательных этапов уплотнения, каждый из которых может быть наглядно представлен с помощью моделей Зеелига (рисунок 5).

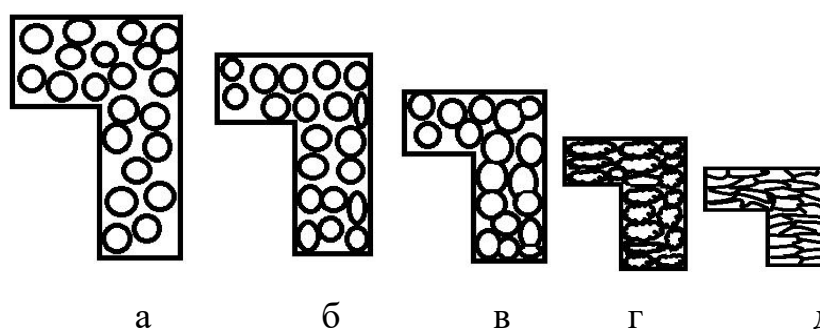


Рисунок 5 – Стадии прессования в закрытых пресс-формах: а – засыпка порошка; б, в – разрушение мостиков; г – начало деформации частиц; д – конец прессования

Горячее прессование (называемое в ряде случаев спеканием под давлением) представляет собой совмещенный процесс прессования и спекания. В зависимости от характеристик порошков и ряда других факторов процесс осуществляется обычно при температуре, составляющей 0,5 – 0,8 от температуры плавления формуемого материалов, и при удельных давлениях от единиц до десятков мегапаскалей.

Горячее прессование позволяет реализовать наблюдаемое при повышении температуры увеличение текучести материалов и в ряде случаев получить практически беспористые изделия. Благодаря более низким

температурам и меньшей длительности процесса по сравнению с обычным спеканием рост кристаллов ограничивается и достигается мелкозернистая структура материала. В то же время способ перспективен и тогда, когда не требуется полного спекания материала. В этом случае заданная плотность пористого керамического материала достигается при более низких температурах, чем в случае обычного спекания. Понижение температуры спекания позволяет свести к минимуму рост зерен, регулировать пористость и получать материал с повышенной прочностью. Путем подбора режимов процесса можно стимулировать и усиленный рост кристаллов, что требуется при получении некоторых типов керамики [16]. Процесс горячего прессования менее чувствителен к некоторым физическим свойствам и технологическим характеристикам исходных порошков (в особенности диффузионной подвижности и зерновому распределению), играющим при обычном спекании исключительную роль. Вместе с тем при этом процессе большую роль (по сравнению с обычным спеканием) играет исходная активность порошков. При горячем прессовании отмечается больший вклад спекания, связанный с активным состоянием исходных компонентов вследствие меньшей продолжительности процесса.

Так как при горячем прессовании временная технологическая связка, как правило, не требуется, устраняется одна из причин возникновения пористости или некоторых возможных дефектов материала.

Поскольку при горячем прессовании операции прессования и спекания производятся одновременно, этот процесс имеет свои специфические особенности. Давление прессования при этом может быть снижено на порядок и более по сравнению с обычным прессованием. Вместе с тем, при горячем прессовании температура процесса чаще всего на 100 — 400 °С ниже, чем при обычном спекании, что позволяет в ряде случаев устранить нежелательные процессы, связанные с высокой температурой. Последнее в случае получения керамики, например типа ЦТС, позволяет исключить испарение РbО, отмечающееся при обычном спекании [17].

Технология получения изделий горячим прессованием состоит из следующих основных операций: подготовка порошка, подготовка пресс-форм, загрузка в них порошка и предварительное прессование на холоде; горячее прессование; возможная термическая обработка — отжиг (например, в порошковой металлургии), а в отдельных случаях — и механическая.

Схемы установок для осуществления процесса горячего прессования исключительно разнообразны. На рисунке 6 в качестве примера показаны схема установок и формы для горячего прессования по данным [18].

Установка состоит из печи и прессующего механизма высокого давления. Печь имеет кольцевую форму и обогревается нагревательными силитовыми стержнями. Формующий механизм снабжен регулирующим устройством, позволяющим поддерживать постоянное давление [18].

Основная трудность метода горячего прессования состоит в выборе материала технологической оснастки (матриц, пуансонов). Материалы в связи с тяжелыми условиями работы должны обладать высокими механической и химической стойкостью, термостойкостью, теплопроводностью и износостойкостью в области температур горячего прессования. При этом наиболее сложным вопросом является обеспечение механической прочности форм при температурах процесса.

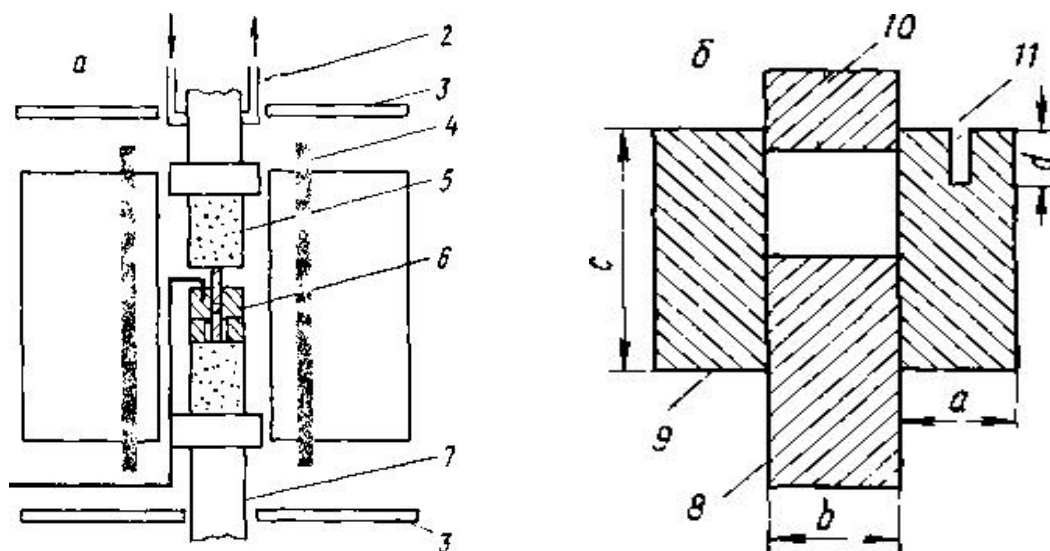


Рисунок 6 — Схема установки (а) и пресс формы(б) для горячего прессования: 1 — термопара; 2 — система водного охлаждения; 3 — металлическая теплоотражающая плита; 4 — нагревательный силитовый стержень; 5 — корундовый стержень для передачи давления; б — пресс форма; 7 — подвижный пуансон; 8 — нижний пуансон; 9 — корпус формы; 10 — верхний пуансон; 11 — щель для термопары

В большинстве случаев применяют графитовые формы, так как графит обладает уникальными свойствами. Механическая прочность графита при нагревании не только не снижается, но и повышается (вплоть до 2500°C); его электропроводность позволяет использовать форму в качестве нагревательного элемента печей сопротивления или высокочастотных установок для горячего прессования. В зависимости от типа и размеров изделий при горячем прессовании в графитовых формах могут достигаться температуры 2000 — 2500°C при $P_{уд} = 50 \div 100$ МПа. Однако графитовые детали в воздушной среде постепенно сгорают и, кроме того, могут оказывать восстанавливающее действие на некоторые керамические материалы [17].

Технология горячего прессования (или гидромеханического прессования) используется для обработки металлических и неметаллических материалов путем применения высокого давления и температуры.

Прессование происходит при помощи специального оборудования, так называемого пресса.

Процесс начинается с загрузки материала в пресс, после чего на него накладывается высокое давление, достигающее нескольких тонн на квадратный сантиметр. Давление, в сочетании с высокой температурой (обычно свыше 1000 градусов Цельсия), позволяет изменять структуру и свойства материала.

Горячее прессование применяется для производства широкого спектра изделий из металла и других материалов, включая автомобильные детали, инструменты, лезвия, листовой металл, керамику, композиты и т.д. Преимущества этой технологии включают повышение прочности и жесткости материалов, повышение точности размеров и поверхностного качества, улучшение антикоррозионных свойств и т.д.

Для порошковой прессовки горячее прессование имеет следующие преимущества. Повышение плотности: обычно порошковая прессовка приводит к образованию пор и пустот, что уменьшает плотность и прочность материала. Горячее прессование позволяет с помощью высоких температур и давлений уплотнить порошок, что значительно повышает плотность и прочность материала. Улучшение свойств материала: горячее прессование может изменить структуру и размер зерен материала, что приводит к улучшению его механических, физических и химических свойств. Например, это может увеличить твердость, прочность и износостойкость материала. Снижение затрат: горячее прессование позволяет быстро производить детали высокой плотности и качества, что снижает затраты на производство. Кроме того, горячее прессование может позволить перерабатывать материалы, что еще больше снижает затраты. Таким образом, горячее прессование является эффективной технологией для порошковой прессовки, которая может повысить плотность и прочность материала, улучшить его свойства и снизить затраты на производство.

Горячим прессованием называют одновременное прессование и

спекание порошков. Совмещение прессования и спекания в одной операции позволяет реализовать наблюдаемое при повышении температуры увеличение текучести материалов и получать фактически беспористые изделия и изделия из большого класса материалов, для которых применение других методов затруднительно или даже невозможно (например, карбидов, боридов и других сверхтвёрдых материалов).

В зависимости от условий приложения давления горячее формование изделий может проходить путем одноосного или двухосного сжатия, всестороннего сжатия (изостатического),ковки, штамповки, экструзии, прессования, взрыва и т.д.

Наиболее существенными достоинствами горячего прессования следует считать максимально быстрое уплотнение материала и получение изделия с минимальной пористостью при сравнительно малых удельных давлениях прессования. То есть получение изделий с плотностью, близкой к теоретической ($d_C = 99.9\%$ от d_T) и возможность регулирования параметров микроструктуры от долей мкм до 1000 мкм.

В отличие от холодного прессования выдержка под давлением при горячем прессовании значительно увеличивается, что необходимо для прохождения процесса спекания, время которого при наличии внешнего давления в свою очередь значительно сокращается. Температуру горячего прессования выбирают в зависимости от природы спекаемого материала, и она составляет 0,5 – 0,9 Тпл. основного компонента.

Механизм уплотнения при горячем прессовании аналогичен наблюдаемому при спекании и включает образование механического контакта, рост плотности с одновременным увеличением размеров частиц и дальнейший рост частиц при незначительном дополнительном уплотнении.

Свойства горячепрессованных изделий значительно зависят от условий проведения процесса. Обычно такие изделия обладают более высоким пределом прочности, повышенной твердостью, лучшей электропроводностью и более точными размерами, чем изделия, полученные

путем последовательного прессования порошка и спекания прессовки. Эти свойства тем выше, чем больше давление прессования. Горячепрессованные изделия отличаются мелкозернистой структурой и нередко по механическим свойствам не уступают аналогичным деталям из литых материалов.

Горячим может быть любой из известных способов формования. Это прессование в пресс-формах, прокатка, динамическое прессование. Наиболее распространено горячее прессование в пресс-формах. Для нагрева обычно используется электрический ток, хотя пресс-форма с порошком или порошок могут быть нагреты и иным способом до приложения давления к порошку. На рисунке 65 представлена схема двустороннего горячего прессования с косвенным нагревом. На практике часто применяется прямой нагрев при подводе тока к матрице или пуансонам, а также индукционный нагрев.

Материалом для изготовления прессформ служат жаропрочные сплавы и графит. В настоящее время всё шире находят применение пресс-формы из тугоплавких оксидов и других химических соединений. Для предотвращения взаимодействия прессуемого материала с материалом пресс-формы внутреннюю её поверхность покрывают каким-либо инертным составом (например, жидким стеклом, эмалью) или металлической фольгой. Кроме того, для предохранения прессуемого материала от окисления применяют защитные среды (восстановительные, инертные или вакуум).

При горячем прессовании важную роль играет способ приложения и снятия нагрузки. Целесообразно сначала быстрее нагреть порошок, а затем прикладывать давление. В этом случае улучшаются условия удаления газов, адсорбированных порошком, что способствует его уплотнению. Снимать давление необходимо после полного остывания спрессованного изделия, что уменьшает потерю плотности из-за упругого последействия.

В промышленности для горячего прессования наиболее широкое распространение получили специальные гидравлические прессы, в которых расположено устройство для нагревания порошка. Давление прессования и температуру в них повышают попеременно до требуемой величины.

Горячее прессование широко применяют в тех случаях, где требуется получить высокие механические и физические свойства (высокую прочность и твердость, хорошую электропроводность и точные габаритные размеры). Горячее прессование часто является единственным методом изготовления крупных и плотных заготовок из некоторых тугоплавких металлов и материалов.

2 Экспериментальная часть

2.1 Объекты и методы

Для проведения эксперимента необходимо пять материалов.

Образец В1

Состав в масс. %: $\text{HfB}_2(98\%) + \text{La}_2\text{O}_3(2\%)$.

Масса образца 25 гр.: $\text{HfB}_2(24,5 \text{ гр.}) + \text{La}_2\text{O}_3(0,5 \text{ гр.})$

Образец В2

В образце использован обычный порошок алюминия.

Состав в масс. %: $\text{HfB}_2(50\%) + \text{Al}$ необлученный (30%) + W(20%).

Масса образца 25 гр.: $\text{HfB}_2(12,5 \text{ гр.}) + \text{Al}$ необлученный (7,5 гр.) + W(5 гр.)

Образец В3

В образце использован облученный в СВЧ порошок алюминия.

Состав в масс. %: $\text{HfB}_2(50\%) + \text{Al}$ облученный (30%) + W(20%).

Масса образца 25 гр.: $\text{HfB}_2(12,5 \text{ гр.}) + \text{Al}$ облученный (7,5 гр.) + W(5 гр.)

Образец В4

В образце использован обычный порошок алюминия.

Состав в масс. %: $\text{HfB}_2(50\%) + \text{Al}$ необлученный (50%)

Масса образца 25 гр.: $\text{HfB}_2(12,5 \text{ гр.}) + \text{Al}$ необлученный (12,5 гр.)

Образец В5

В образце использован облученный в СВЧ порошок алюминия.

Состав в масс. %: $\text{HfB}_2(50\%) + \text{Al}$ облученный (50%)

Масса образца 25 гр.: $\text{HfB}_2(12,5 \text{ гр.}) + \text{Al}$ облученный (12,5 гр.)



Рисунок 7 - Образец В1 В2 В3 В4 В5

Образец В1, прессование при температуре 2000 °С, время выдержки 15 мин, давление прессования составляло 35 мПа. Образец В2, прессование при температуре 750 °С, в р е м я выдержки 15 мин, давление прессования составляло 35 мПа. Образец В3, прессование при температуре 750 °С, время выдержки 15 мин, давление прессования составляло 35 мПа. Образец В4, прес с о в а н и е при температуре 750 °С, в р е м я выдержки 15 мин, давление прессования составляло 35 мПа. Образец В5, прессование при температуре 750 °С, время выдержки 15 мин, давление прессования составляло 35 мПа.



Рисунок 8 - Микроскоп

Во-первых, необходимо измерить плотность материала. Здесь необходима формула:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Таблица 2- Масса, диаметр, высота, объем, плотность материала

	M	d	h	V	ρ
B1	4.470	1.540	0.250	0.466	9.592
B2	0.550	1.470	0.190	0.322	1.708
B3	4.550	1.530	0.510	0.938	4.851
B4	4.670	1.460	0.730	1.468	3.181
B5	3.840	1.540	0.465	0.866	4.434

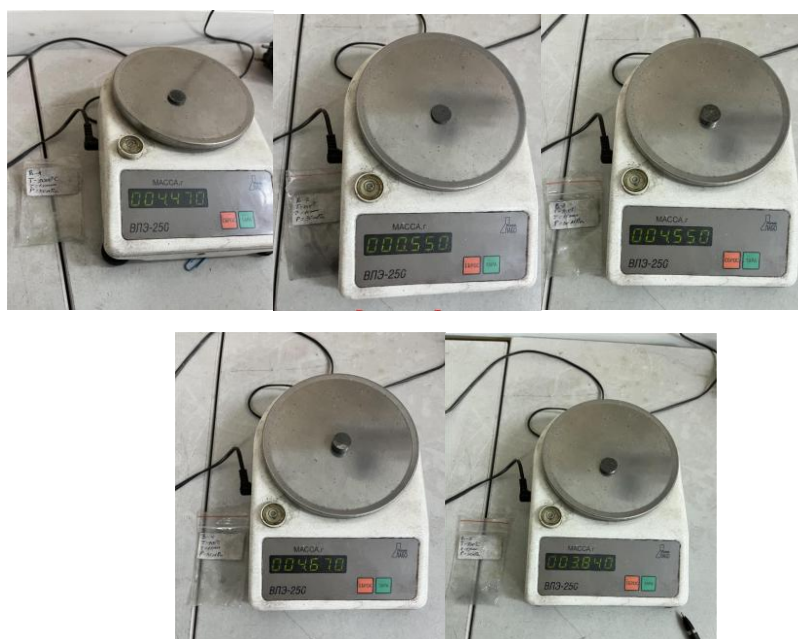


Рисунок 9, 10, 11, 12, 13 - Масса B1 B2 B3 B4 B5

После измерения материала мне нужно отшлифовать материал, пока поверхность детали не станет гладкой. Первая шлифовка на шлифовальном станке. После первоначальной полировки требуется более тонкая полировка с использованием полировальной пасты. Первое, на что нужно обратить внимание, изучая виды полировальных паст, — это абразивные свойства изделия. Согласно этой характеристике выделяют.

Крупноабразивные пасты с частицами большого размера. Основное их применение — затирка глубоких повреждений стекла — царапин и выбоин. Они позволяют быстро и равномерно удалить верхний слой материала и

подготовить поверхность для последующего финишного полирования. Этот тип средств необходимо применять с осторожностью, так как он может легко повредить поверхность при некорректном использовании.

Среднеабразивные пасты обычно используют в том случае, если глубоких повреждений нет. Их наносят в качестве первого слоя при обработке, что позволяет быстро удалить неровности, не добавив к уже имеющимся новым повреждениям.

Мелкоабразивные пасты применяются для нанесения финишной полировки. Особенность паст с мелкими частицами в том, что они не подойдут для удаления каких-либо дефектов, но придают поверхности равномерный блеск.

При замене полировальной пасты для протирки деталей требуется органический растворитель .

Шлифование. Шлифование осуществлялось путем истирания поверхности образца при последовательном переходе к всё более и более мелкозернистому абразивному материалу. Так же большое значение при шлифовке имело давление, прикладываемое к образцу, находящемуся в контакте с абразивным материалом. Шлифовка и полирование керамических образцов были проведены при помощи алмазных паст.

Наноиндентирование – универсальное средство количественной характеристики физических свойств материалов в нано и микродиапазонах.

Основные возможности:

- определение микротвердости;
- определение модуля Юнга;
- определение предела прочности;
- выявление зависимости свойств от глубины в высокоградиентных материалах;
- определение положения границ и отдельное определение свойств материала пленки и субстрата в тонкопленочных структурах без приготовления поперечного шлифа и травливания поверхности;

Индентирование осуществляли с помощью прибора NanoIndenter G200. Наноиндентор G200 позволяет определять механические свойства нанометровых приповерхностных слоев и субмикронных объемов самых различных материалов – от мягких биологических до сверхтвердых алмазоподобных. В качестве индентора использовали пирамиду Берковича, нагрузка составляла 500 мН (50 г).

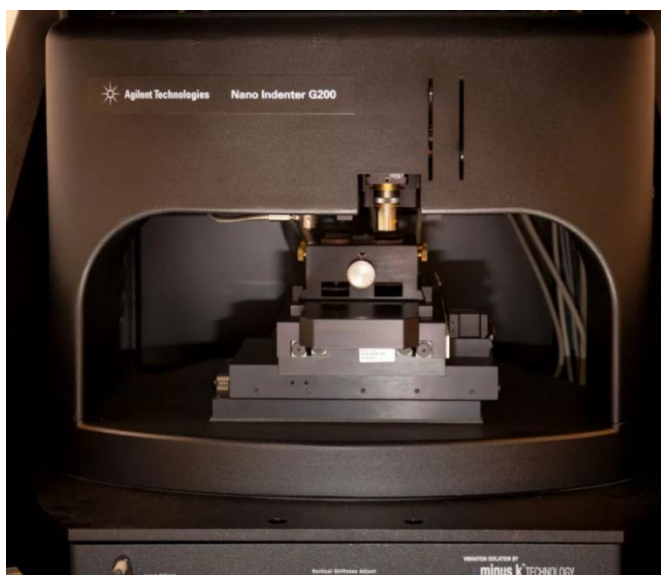


Рисунок 14 – Nano Indenter G 200

Конструкция прибора позволяет выводить диаграмму внедрения индентора на монитор в режиме реального времени. Первичные данные – нагрузка и глубина внедрения. По диаграмме внедрения прибор автоматически рассчитывал модуль упругости ЕИТ и микротвердость НИТ в соответствии со стандартом IS 14577. Когда индентор вдавливался в материал, упругая и пластическая деформации приводят к образованию отпечатка в соответствии с формой индентора на определенной глубине h_c . Как только индентор поднимается, упругая деформация восстанавливается, это восстановление позволяет определить упругие свойства материала.

Экспериментальная первичная кривая «нагрузка – внедрение» (диаграмма внедрения), непрерывно получаемая в процессе индентирования, показана на рисунке 14. По диаграмме определяются следующие величины: пиковая нагрузка и глубина проникновения индентора P_{max} и h_{max} ,

остаточная глубина после разгрузки h_f , и наклон начальной части кривой разгрузки $S=dP/dh$. Наклон S имеет размерность силы на единицу расстояния, и также известен как упругая жесткость контакта.

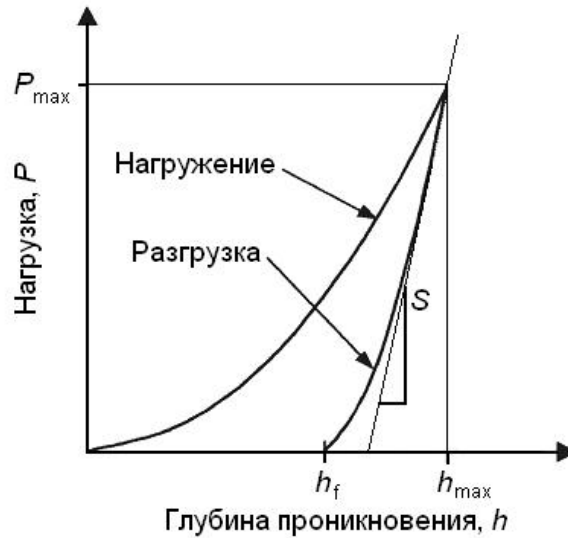


Рисунок 15 - Кривая «нагрузка – внедрение», получаемая в процессе индентирования

Твердость исследуемой поверхности H определяется по следующей формуле: $H = \frac{P}{A}$, где P – нагрузка, прилагаемая к испытываемой поверхности, A – площадь контакта под нагрузкой.

Модуль упругости исследуемого образца E определяется из приведенного модуля E_r , который рассчитывается по формуле:

$$E_r = \frac{(S\sqrt{\pi})}{2\beta\sqrt{A}}.$$

β является константой, которая зависит от геометрии индентора. Уравнение было получено для осесимметричного индентора, и формально относится только к круговым контактам, для которых $\beta=1$. Тем не менее, было показано, что уравнение работает и тогда, когда геометрия индентора не осесимметрична, при условии, что используются различные значения β . Для индентора с квадратным сечением (пирамида Виккерса) $\beta=1,012$, для треугольного сечения (пирамида Берковича) $\beta=1,034$.

С помощью прибора NanoIndenter G 200 определяли прочность спеченной керамики по методике «ScratchTesting».

Суть метода заключается в нанесении на исследуемую поверхность царапины заданной длины (500 мкм) под действием линейно возрастающей нагрузки (от 0 до 100 мН), последующем определении глубины и ширины профиля.

Прочность образцов рассчитывалась по формулам:

$$\sigma = \frac{F_n}{A_s \sin \alpha} \text{ и } A_s = \frac{a^2}{2\sqrt{3} \sin \alpha} + \frac{ah}{\cos \alpha},$$

где F_n – нормальная нагрузка,

A_s – проекционная площадь отпечатка от пирамиды Берковича,

a и h – ширина и глубина профиля царапины на дистанции 200 мкм соответственно,

α - угол, для пирамиды Берковича равный 65° .

Идентификацию проводят при заданном усилии путем вдавливания индентора с известными механическими свойствами (форма, модуль упругости и др.) в исследуемый образец. Далее проверяют форму и размеры точек контакта и строят кривую зависимости положения индентора от нагрузки. При переходе к наномасштабу для исследования точек контакта не обязательно требуется атомно-силовая микроскопия или сканирующая электронная микроскопия, идентификация может быть достигнута на приборах с использованием классических инденторов, но с высоким качеством выполнения (малый радиус кривизны), поэтому наноиндентирование почти всегда выполняется путем удаления кривой нагрузки/введения.

Идентификацию твердости измеряемого образца обычно проводят одним из стандартизированных способов и используют стандартизированный индентор. Наиболее распространенными методами определения твердости материалов являются испытание на твердость по Виккерсу, испытание на твердость по Бринеллю, испытание на твердость по Роквеллу.

Для определения модуля упругости методом вдавливания необходимо построить диаграмму нагрузка/реализация. Наклон графика при разгрузке, у уменьшении приложенной силы до нуля, определяется модулем упругости материала. Однако из-за возрастающего влияния наноразмерных поверхностных эффектов в настоящее время невозможно полностью учесть влияние и адгезию пластической области наконечника индентора. Качественные кривые «нагрузка-разгрузка» можно получить с помощью специального устройства для наоиндентирования.

Таблица 3 - Средние значения

Образец	Модуль упругости E_{IT} , МПа	Твердость по Мартенсу HM , МПа	Температура ГП, °С
В1	796915	21334	2000
В2 не спёкся	-	-	-
В3	173440	2907	750
В4	79769	1437	750
В5	92266	1127	750

В таблицах Excel усилие индентирования 500 мН, h_{max} – глубина отпечатков при максимальном усилии, Unc. (Uncertainty) – погрешность \pm , H_{IT} – твёрдость инструментального индентирования.

Можно считать $HM \approx HV$.

2.2 Результаты проведенного исследования

В таблице 4, 5, 6, 7 и на рисунках 13, приведены физико-механические свойства керамики и результаты Scratchtesting.

Таблица 4- Наноиндентирование В1

T _{est}	F _{max}	h _{max}	E _I T	Un c. E _{IT}	H _I T	Un c. H _{IT}	HM	Un c. HM	HM _s	Un c. HM _s
	m N	n m	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²
1	50 0.6	80 2.5	999 697	142 71.2	566 42	293 3.7	291 66	112 2.6	257 08	136 .771
2	50 0.6	10 68.4	604 783	798 0.5	260 88	958 .3	164 83	498 .4	157 63	82. 944
3	50 0.6	76 6.3	117 9210	188 65.1	626 95	369 3	319 80	137 9.4	289 59	115 .913
4	50 0.6	15 63.7	403 970	478 8	102 34	259 .7	770 7	175 .9	599 6	25. 262
M ean	50 0.6	10 50.3	796 915	114 76.2	389 14	196 1.2	213 34	794 .1	191 06	90. 222

Таблица 5- Наноиндентирование В3

T _{est}	F _{max}	h _{max}	E _I T	Unc .E _{IT}	H _I IT	Unc. H _{IT}	H M	Un c. HM	H Ms	Unc. HM _s
	m N	n m	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/m m ²
1	50 0.4	27 36	154 701	2137	313 0	58.2	252 1	43.5	221 8	3.747
2	50 0.5	25 92.8	161 533	3040	352 6	71	280 7	51.8	253 7	5.028
3	50 0.5	22 61.6	231 087	4943 .9	460 8	97.5	368 8	71.5	361 2	4.722
4	50 0.5	26 87.3	146 440	1558 .7	329 0	62.6	261 3	46	239 3	4.443
M ean	50 0.5	25 69.4	173 440	2919 .9	363 9	72.3	290 7	53.2	269 0	4.485

Таблица 6- Наноиндентирование В4

T _{est}	F _{max}	h _{max}	E _I T	Unc. . E IT	H _{IT}	Unc. H IT	H M	Un c. HM	H Ms	Unc. HM _s
	m N	n m	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/m m ²
1	50 0.3	38 92.9	77 786	847. 6	15 30	25.6	12 46	19. 5	12 20	1.88 8
2	49 9.9	49 31.8	62 475	1.\$	92 2	1.\$	77 6	1.\$	80 7	0.39 4
3	50 0.4	31 21.9	94 519	915. 6	24 86	45.1	19 36	32. 2	18 61	2.78 9
4	50 0.5	32 45.6	84 297	883. 2	23 14	41.5	17 92	29. 3	15 89	2.00 6
Mean	50 0.3	37 98	79 769	1.\$	18 13	1.\$	14 37	1.\$	13 69	1.76 9

Таблица 7- Наноиндентирование В5

T _{est}	F _{max}	h _{max}	E _I T	Unc. . E IT	H _{IT}	Unc. H IT	H M	Un c. HM	H Ms	Unc. HM _s
	m N	n m	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/m m ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²	N/m m ²
1	50 0.4	41 53.3	90 301	106 1	13 00	21.1	10 94	16. 9	99 6	6.29
2	49 9.9	43 01.7	80 708	934. 3	12 15	19.7	10 19	15. 7	96 4	2.23 6
3	** **	** **	** **	1.\$	** **	1.\$	** **	*** *	** **	****
4	50 0.4	38 58.2	10 2788	116 1.4	15 10	24.9	12 68	19. 9	14 73	1.28 1
Mean	50 0.2	41 04.4	91 266	105 2.2	13 42	21.9	11 27	17. 5	11 44	3.26 9

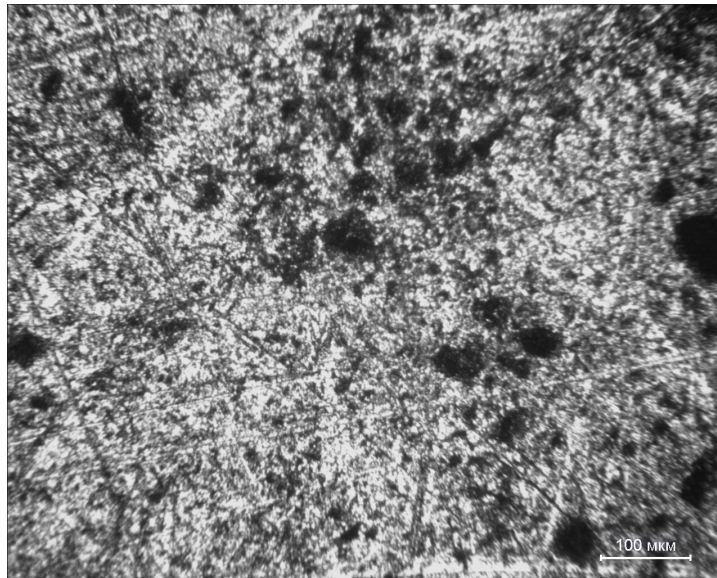


Рисунок 16-Микроструктура (100мкм) на поверхности образца HfB₂(50%) + Al (50%)

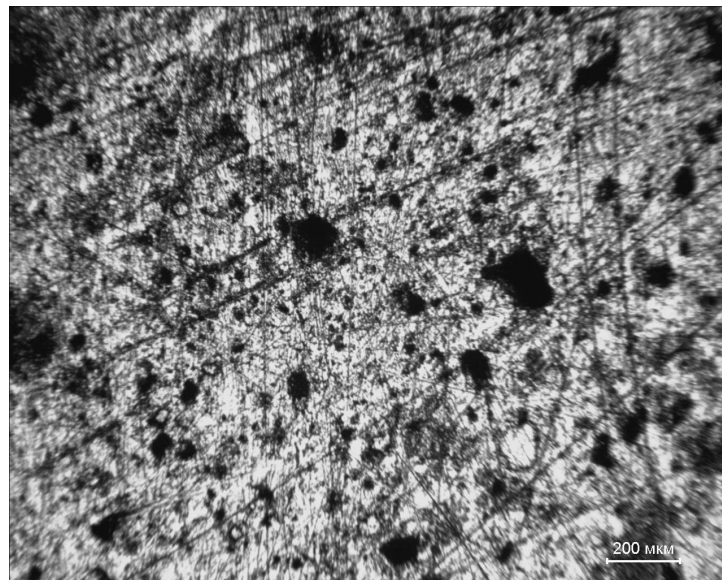


Рисунок 17-Микроструктура (200мкм) на поверхности образца HfB₂(50%) + Al (50%)

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ11	Гао Юйчэнь

Инженерная школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Примерный бюджет проекта 32458,7руб.; - В исследовании задействованы 2 человека: студент (инженер-дипломник), научный руководитель;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета проектной работы	- Планирование работ по НИИ, - Расчет бюджета затрат на исследование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- По результатам эксперимента задание выполнено, но следующий этап суждения на основе личной работы недостаточно точен и авторитетен, необходимо продолжить поиск информации и провести прикладные исследования для определения конечного результата.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НИИ	
2. Сегментирование рынка	
3. Оценка конкурентоспособности технических решений	
4. График проведения и бюджет НИИ	
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		27.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ11	Гао Юйчэнь		27.02.2023

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

В экономической теории выделяют научно-технический, производственный, трудовой, экспортный, производственный, природно-ресурсный потенциалы. Обобщенно под потенциалом принято понимать способность хозяйствующего субъекта наиболее эффективно реализовывать ту или иную функциональную задачу при максимальном использовании имеющихся экономических ресурсов. Согласно этому принципу, под инновационным потенциалом принято считать экономические возможности предприятия по эффективному вовлечению новых технологий в хозяйственный оборот. К таким возможностям можно отнести следующую совокупность ресурсов, необходимых для эффективного осуществления инновационной деятельности:

- интеллектуальные (технологическая документация, изобретения, патенты, лицензии, полезные модели, промышленные образцы);
- материальные (опытно-приборная база; пилотные установки; исследовательское, экспериментальное и лабораторное оборудование);
- финансовые (собственные, заемные, инвестиционные, бюджетные, грантовые);
- кадровые (лидер-новатор, заинтересованный в инновациях; персонал, имеющий специальное образование и опыт проведения НИР и ОКР; специалисты в сфере маркетинга, планирования и прогнозирования скрытых потребностей покупателей);
- инфраструктурные (собственные подразделения НИР и ОКР, конструкторский отдел, отдел главного технолога, отдел маркетинга новой продукции, лаборатория контроля качества продукции, патентно-лицензионный отдел);

- дополнительные источники повышения результатов инновационной деятельности (партнерские и личные связи сотрудников с НИИ и вузами, в т. ч. зарубежными; ресурс площадей, информационный отдел, опыт управления проектами, стратегическое управление предприятием).

По источникам финансирования научно-исследовательские темы подразделяют на хоздоговорные и госбюджетные.

По характеру получаемых результатов научные исследования делятся на три группы:

1. Поисковые работы;
2. Фундаментальные работы;
3. Прикладные работы.

Данная научно-исследовательская работа является:

- по источникам финансирования - госбюджетная;
- по характеру получаемых результатов - поисковая.

Результаты данного исследования будут полезны научному сообществу для использования в любой отрасли. Н а п р и м е р , это может быть мелкосерийное производство (изготовление пресс-форм, заготовок, вкладышей), медицина (изготовление протезов и имплантатов) или аэрокосмическая (производство газовых турбин, двигателей и элементов планера) и другие.

Д л я анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и сегментировать его. Сегментация – это разделение покупателей на однородные группы, каждая из которых может требовать определенного товара (услуги).

Р ы н о к услуг может быть сегментирован по мере необходимости с использованием этих приложений. Результаты сегментации представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Диаграмма сегментации рынка развития различных методов.

		Различные подходы			
		Медицина	Протезирование	Аэрокосмическая промышленность	Печать моделей
Размер	Крупные	[Grid Pattern]			
	Средние	[Grid Pattern]			
	Мелкие				



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

3.2 Разделение выпускной квалификационной работы на этапы

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения ВКР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. ВКР имеет:

1. Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации, в том числе патентной информации по теме. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение технического задания.

2. Разработка теоретической части. Формирование возможных направлений исследования. Поиски новых материалов.

3. Проектирование оснастки, установок и других средств.

4. Экспериментальные установки. Проведение экспериментальных работ по теоретическим разделам.

5. Испытание.

6. Внесение коррективов в разработку и испытания. Корректировка разработанных схем, расчетов и проектов с учетом циклов испытаний.

7. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.
Составление технологического отчета.

8. Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования на научно-техническом совете. Подготовка отчетной документации.

Работу выполняло 2 человека: научный руководитель (науч. рук.), инженер-дипломник (инж). В таблице 9 приведены перечень работ и распределение исполнителей.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Выбор темы для ВКР	науч. рук
Литературный обзор	2	Подбор и изучение материалов	инж.
	3	Выбор направления исследований	науч. рук.
Составление плана работ	4	Календарное планирование работ по теме	науч. рук.
Проведение испытаний	5	Подготовка порошков	инж.
	6	Прессование порошков	науч. рук.
	7	Спекание образцов	инж.
	8	Шлифование образцов	инж
	9	Испытания физико-механических свойств	инж.
	10	Проведение ИПС	науч. рук.
Обсуждение результатов	11	Обработка данных	инж
	12	Научное обоснование результатов и выводы	науч. рук., инж
Составление отчета	13	Оформление отчета ВКР	инж

3.3 Анализ конкурентных решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки. Критерий для сегментирования потребителей: место расположения компании-потребителя. Нами были выбраны компаний, которые находятся в КНР, среди них, компании «Anysun Technology», «Levima Technology», «Ausutalis LED».

Таблица 10 – Перечень оценочных карт, сравнивающих конкурирующие технологии

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
			Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	К1	К2	К3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности										
1	Классы материалов для использования	0,2	5	2	3	3	1	0,4	0,4	0,6
2	Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	3	2	4	0,5	0,3	0,2	0,4
3	Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	3	4	5	0,2	0,15	0,2	0,25
4	Помехоустойчивость	0,05	4	5	5	4	0,2	0,25	0,25	0,2
5	Энергоэкономичность	0,05	4	3	3	5	0,2	0,15	0,15	0,25
6	Надежность	0,05	3	4	4	3	0,15	0,2	0,2	0,15
7	Простота эксплуатации	0,05	5	2	2	2	0,25	0,1	0,1	0,1
8	Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	3	2	4	0,5	0,3	0,2	0,4
Экономические критерии оценки эффективности										
1	Конкурентоспособность продукта	0,05	5	2	2	4	0,25	0,1	0,1	0,2
2	Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	3	2	0,15	0,2	0,15	0,1
3	Послепродажное обслуживание	0,05	4	2	2	2	0,2	0,1	0,1	0,1
4	Финансирование научной разработки	0,1	5	2	2	4	0,5	0,2	0,2	0,4
5	Цена изготавливаемой продукции	0,1	5	5	4	3	0,5	0,5	0,4	0,3
	Итого	1	57	40	38	45	4,6	2,95	2,65	3,45

Критерии сравнительной оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 10, выбраны на основе выбора четырех объектов сравнения и учета технико-экономических характеристик их разработки, создания и эксплуатации. Позиции разработчиков и конкурентов оцениваются экспертами по каждому показателю по

пятибалльной шкале, где 1 — самая слабая позиция, а 5 — самая сильная. Веса индикаторов, определяемые экспертами, должны составлять в сумме 1.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что хрупкость конкурирующих технических решений в основном связана с маркой используемых материалов, то есть ключевым моментом является тип материалов, которые можно использовать для различных источников тепла. Реализации первых двух конкурентов, Anysun Technology и Levama Technology, очень похожи, поэтому их коэффициенты конкурентоспособности мало чем отличаются. У подхода этих компаний фактически есть более или менее единственное существенное преимущество — это их уровень проникновения на рынок, у них широкая база тайных покупателей из разных уголков страны и многие бизнесы пользуются их услугами.

Преимущество нашей собственной компании в том, что аппаратура для экспериментов не громоздка в эксплуатации, а оборудование очень новое. Основные его преимущества – надежность и помехозащищенность, простота использования.

3.4 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) - представляет собой комплексный анализ исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ НТИ позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению метода на рынок. Для анализа метода составлена таблица 11.

Сначала описываются сильные и слабые стороны НТИ, для выявления возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 11 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Бюджет слишком высок</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения.</p> <p>В2. Снизить стоимость материалов.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>		
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>		

Результаты SWOT-анализа показывают, что сильных сторон больше слабых, и мы можем преодолеть их. Результаты анализа учтены в дальнейших исследованиях и разработках.

Представим интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 12.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

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

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 13.

Таблица 13 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Бюджет слишком высок</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения.</p> <p>В2. Снизить стоимость материалов.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>	<p>В2С2С3. Использование технологий для привлечения потенциальных клиентов, тем самым улучшая технологии.</p> <p>В3С2С4. Методы соответствуют дальнейшим научно-техническим исследованиям материалов, представляющим потенциальные потребности</p>	<p>В1Сл2Сл3</p> <p>Техническое применение требует длительной подготовки и раннего планирования.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>У1С2. Повышение квалификации персонала, продолжение сопутствующих продуктов, более совершенное оборудование</p>	<p>У1Сл3. В отсутствие относительно компетентных специалистов нанять очень трудно, а для сотрудников требуется длительное обучение.</p>

УЗ. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
---	--	--

В результате SWOT-анализа показано, что в настоящее время у нас все еще есть недостатки, но мы обнаружили проблему и нашли решение.

По полученным данным можно сделать следующие выводы, что возможности, совместно с сильными сторонами, благоприятствуют развитию спроса на исследованный метод. Возможные угрозы: возможность создания более доступного метода встроенного контроля.

3.5 Определение трудоемкости этапов выпускной квалификационной работы

Важнейшей составляющей процесса формирования НИР является определение трудоемкости мероприятий по выполнению работ.

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

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

t_{maxi} , – 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:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{300} = 1,22,$$

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.

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице.

Условные обозначения: научный руководитель (р), инженер-дипломник (и).

Таблица 14– Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ					Исполнители			T_{pi} , дни		T_{ki} , дни	
	t_{mini} , чел-дни		t_{maxi} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни	р	и		р	и	р	и
	р	и	р	и	р	и						
1.Выбор темы ВКР	7	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12	-
2. Подбор и изучение материалов по теме	20	20	40	40	28	28	+	+	14	14	17	17
3. Выбор направления исследований	6	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12	
4.Календарное планирование работ по теме	-	7	-	15	-	10	-	+	-	10		12
5.Подготовка порошков	7	-	14	-	10	-	+	-	10	-	12	
6.Шлифование образцов	-	6	-	10	-	8	-	+	-	8		10
7.Испытания физ-мех свойств	-	25	-	35	-	29	-	+	-	29		35
8.Проведение «Скратчтестига»	-	11	-	23	-	16	-	+	-	16		20
9.Обработка данных	7	7	14	14	10	10	+	+	5	5	6	6
10.Научное обоснование результатов и выводы	2	2	5	5	3	3	+	+	1,5	1,5	2	2
11.Оформление отчета НИР	-	20	-	30	-	24	-	+	-	24		29
12. Защита выпускной квалификационной работы								+	-	1		1

На основе таблицы строится календарный план-график, таблица 15.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	Исполнители	T _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
			дек.		январ.		февр.			март			апрель			май			июнь	
			2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Р	12	□																	
2	р, и	17		■	■															
3	Р	12			□															
4	и	12				■														
5	Р	12					□													
6	и	10							■	■	■									
7	и	36											■							
8	и	20												■	■	■				
9	р, и	6															□	■		
10	р, и	2																□	■	
11	и	29																	■	
12	и	1																	■	

□ - научный руководитель ■ - инженер – дипломник

3.5.1 Составление сметы затрат

В данной работе изучено активирование спекание керамических порошков и влияние его на механические и физические свойства полученных образцов. Так же проводилось спекание порошков в плазме тлеющего разряда. Для исследований было взято 100 грамм нанодисперсного плазмохимического порошка алюминия, 100 грамм корундового порошка и 100 грамм порошка чистого алюминия.

Задачами данного исследования являлись: анализ литературы; исследование влияния активированного спекания на физические и механические свойства материала.

Смета затрат будет составлена по следующим статьям:

1. Амортизация оборудования;
2. Основные и вспомогательные материалы;
3. Электроэнергия;

4. Прочие накладные.

3.5.2 Затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$Z_{об} = (Ц \cdot F_{ф}) / (F_{н} \cdot F_{сс})$$

где Ц – цена оборудования, р.;

$F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$F_{сс}$ – срок службы оборудования, год;

$F_{ф}$ – фактическое время занятости оборудования в выпускной квалификационной работе, ч.

$$F_{н} = 365 - 104 - 11 = 250 \text{ дней} = 2000 \text{ ч.}$$

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 16.

Данные взяты на основе отчета лаборатории.

Таблица 16 – Затраты на амортизацию оборудования

№	Наименование оборудования	Ц, р.	F _{сс} , год	F _ф , ч.	З _{об} , р.
1	Высокотемпературная печь Сопротивления типа	487104	9	40	1082
2	72.1750.L.3Ф	385000	4	20	963
3	Мельница Активатор 2SL	20000	6	5	12
4	Лабораторные весы типа Влэ-	2500000	5	10	25000
5	250	500000	39	40	256
6	НаноинденторnanoindentorG20	115000	6	15	145
7	0	30000	3	200	1000
8	Гидравлический пресс «Р-20» Микроскоп ЛабоМет-И Компьютер Вибропривод ВП-220	100000	4	5	65
ИТОГО:					28543

3.5.3 Затраты на основные и вспомогательные материалы

Порошки для выполнения ВКР были закуплены кафедрой материаловедения в машиностроении. К вспомогательным материалам относится объем азота затраченный на спекание в плазме тлеющего разряда, затраты на алмазную пасту, фотобумагу и др. Приобретенные основные и вспомогательные материалы приведены в таблице 17. Данные взяты из смет кафедры.

Таблица 17 – Основные материалы и комплектующие изделия

№	Материал	Цена, р/кг	Кол - во, гр	Затраты , р
1	95% Al ₂ O ₃ -5% НП Al	1500	100	150
2	97,5% Al ₂ O ₃ -1,5%TiO ₂	1500	100	150
3	90% Al ₂ O ₃ -10%AlN	1500	100	150
4	100% Al ₂ O ₃	7000	100	700
5	Вспомогательные материалы			1000
Итого:				2150
Неучтенные расходы 1%				21,50
Всего:				2171,50

3.5.4 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} \times N \times n \times t_{\text{зан.ч}}$$

где \mathcal{C} — стоимость 1 кВт/ ч электроэнергии, р.;

N — мощность оборудования, кВт;

n — количество единиц оборудования одного вида, ед.;

$t_{\text{зан.ч}}$ — время занятости оборудования, ч.;

Вычисленные затраты на электроэнергию представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию

	Наименование оборудования	Цена, Ц, р.	N, кВт	n	t _{зан.ч.} , ч.	Затраты, р.
1	Высокотемпературная печь сопротивления типа 72.1750.L.3Ф	2,7	10	1	40	1080
2	Мельница Активатор	2,7	0,3	1	20	118,8
3	2SL	2,7		1	5	4,05
4	Лабораторные весы типа Влэ-250	2,7	2,5	1	10	67,5
5	НаноинденторnanoindenterG200	2,7	0,3	1	40	270
6	Гидравлический пресс «Р-20»	2,7	2,2	1	15	12,15
7	Микроскоп ЛабоМет-И	2,7		1	200	162
8	Компьютер Вибропривод ВП-220	2,7		1	5	29,7
Итого:						1744,2

3.5.5 Смета затрат на ВКР

Для подведения итогов составим смету затрат на выпускную квалификационную работу. Данные приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Смета затрат на НИР

№	Элементы затрат	Сумма, р.
1	Затраты на материалы	2171,50
2	Амортизация оборудования	28543
3	Затраты на электроэнергию	1744,2
ИТОГО: себестоимость S		32458,7

3.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Представим расчет потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ в таблице 20.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) одного работника рассчитывали по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p$$

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

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

1. Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн1} = \frac{Z_M \times M}{F_D} = \frac{54600 \times 10,4}{246} = 2308,3 \text{руб}$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

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

– при отпуске в 56 раб. дней – $M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

2. Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн2} = \frac{Z_M \times M}{F_D} = \frac{37050 \times 11,2}{213} = 1948 \text{руб}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{M1} = Z_{мс1} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = 28000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 54600 \text{руб}$$

– для инженера:

$$Z_{м2} = Z_{мс2} \times (1 + k_{пр} + k_{д}) \times k_{р} = 19000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 37050 \text{ руб}$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равен 30% (для г. Томска).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52/14	104/14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48/5	24/10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители НИ	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб	$T_{р}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2308	41	94628
Инженер	19000	0,3	0,2	1,3	37050	1948	217	422716
Итого:								517344

3.6.1 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (94628 + 14194,2) = 32646,66 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб2} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (422716 + 63407,4) = 145837,02 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

22 % – на пенсионное страхование;

5,1 % – на медицинское страхование;

2,9 % – на социальное страхование.

3.6.2 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя прочие затраты, такие как: печать и ксерокопирование документов, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и др.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИП по форме, приведенной в таблице 22.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

Статьи		
1	Амортизация	21646
2	Сырье, материалы	44250
3	Основная заработная плата	123825,4
4	Дополнительная заработная плата	18753,8
5	Отчисления на социальные нужды	42719,8
6	Итого без накладных расходов	251015

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \times k_{нр}$$

где k_{nr} – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 23 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи		Сумма, руб.	
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	32485	32300	45730
2	Затраты на специальное оборудование	21646	39560	45380
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	517344	517344	517344
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	77601,6	77601,6	77601,6
5	Отчисления во внебюджетные фонды	178483,68	178483,68	178483,68
6	Накладные расходы	50203	50203	50203
Бюджет затрат НИР		800161,68	817890,68	837140,68

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

3.7.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 800161,68$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 817890.68$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 837140.68$ руб.

3.7.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 24).

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Критерии				
1. Ремонтпригодность	0,1	3/0,3	4/0,4	5/0,5
2. Стабильность работы	0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
3. Долговечность	0,15	3/0,45	3/0,45	5/0,75
4. Безопасность при использовании установки	0,20	5/1	5/1	5/1
5. Помехоустойчивость	0,15	3/0,15	4/0,6	4/0,6
6. Потребности в ресурсах памяти	0,15	4/0,6	3/0,45	4/0,6
7. Простота эксплуатации	0,15	5/0,75	4/0,6	5/0,75
ИТОГО	1	26/3,55	27/3,9	32/4,6

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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 – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{pi} \text{ Исп1} = 3,55$$

$$I_{pi} \text{ Исп2} = 3,9$$

$$I_{pi} \text{ Исп3} = 4,6$$

3.7.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 25).

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,80	1	0,88
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,65	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,81	3,65	4,43
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,63	0,76

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:

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

В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 75 день;

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 800161,68 руб;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,81, по сравнению с 3,65 и 4,43, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4БМ11		ФИО Гао Юйчэнь	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/ специальность	Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Исследование влияния СВЧ-облучения высокой плотности мощности нанопорошков Al, применяемых в качестве активирующих добавок при косолидации диборидов и карбидов переходных металлов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объектом исследования является–СВЧ-облучения высокой плотности мощности нанопорошков Al.

Работа выполнялась в лаборатории порошковой металлургии (НИ ТПУ корпус №8). Рабочей зоной являлось помещение лаборатории площадью 24 м2.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: весы аналитические, планетарная мельница-активатор, установка горячего прессования.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации выбрать

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
- ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда.
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 22614-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.
- ГОСТ EN 894-1-2012. Безопасность машин.

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации: выбрать

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов
- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

Опасные факторы:

- 1 Высокая температура деталей технического оборудования.
- 2 Воздействие на человека химически активных веществ, в том числе окислителей (в том числе гидрохинона, метола)
- 3 Высокое напряжение в силовых сетях, которые могут замкнуться через тело человека
- 4 Высокий уровень ионизирующего излучения

	<p>Вредные факторы:</p> <p>1 Повышенный уровень шума при работе рентгеновского оборудования</p> <p>2 Сниженный уровень освещения</p>
<p>3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации выбрать</u></p>	<p>Воздействие на селитебную зону: Загрязнение территории сильнокислотными жидкостями</p> <p>Воздействие на литосферу: сброс твердых отходов</p> <p>Воздействие на гидросферу: Слив конденсата и слива кислотной жидкости</p> <p>Воздействие на атмосферу: Загрязнение атмосферы ядовитыми газами, выделяемыми сильными кислотами</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации</u></p>	<p>Возможные ЧС: пожары, морозы, теракты.</p> <p>Наиболее типичная ЧС – пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ11	Гао Юйчэнь		

4 Социальная ответственность

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права—это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов. Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Регулирование коллективных отношений.

Настоящий коллективный договор является правовым актом, регулирующим социально-трудовые отношения работников.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;

- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;
- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;
- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя, принимаемыми по согласованию с профкомом.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

4.1.2 Эргономические требования к рабочему месту

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования.

Организация рабочего места оператора регламентируется следующими нормативными документами:

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте, характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и

постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека. Максимальная зона досягаемости рук – это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 26.

Таблица 26 -Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Система отопления; Система вентиляции; Источник освещения.	1 Повышенный уровень шума при работе рентгеновского оборудования 2 Сниженный уровень освещения	1 Высокая температура деталей технического оборудования. 2 Воздействие на человека химически активных веществ, в том числе окислителей (в том числе гидрохинона, метола) 3 Высокое напряжение в силовых сетях, которые могут замкнуться через тело человека	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96[]; Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95[]; Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ; Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
		4 Высокий уровень ионизирующего излучения	индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования, ГОСТ 12.4.253-2013.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве

Опасные факторы:

1. Высокая температура деталей технического оборудования.
2. Воздействие на человека химически активных веществ, в том числе окислителей (в том числе гидрохинона, метола)
3. Высокое напряжение в силовых электросетях, которые могут замкнуться через тело человека
4. Высокий уровень ионизирующего излучения

Вредные факторы:

1. Повышенный уровень шума при работе рентгеновского оборудования
2. Сниженный уровень освещения

Освещение

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза.

Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

На посту управления, где расположено рабочее место оператора, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света;
- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других операторов, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле-зрения, следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блесккость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле

зрения, должна быть не более 200 кд/м². Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для оператора поста управления берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Нормы на освещение для оператора

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО e_n , % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, K_p , %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте оператора поста управления.

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 4$ (м), ширина $B = 6$ (м), высота $H = 4$ (м), количество ламп $N = 6$ (шт).

Вычисления будут производиться по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 300$ (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta),$$

Где: E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

S – площадь освещаемого помещения, (м²);

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

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным $Z = 1,1$;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, (%);

Φ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ($\rho_{ст}$) и потолка ($\rho_{п}$).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ (м)},$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h},$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать люминесцентные лампы параллельными рядами, принимая $l = 1,4$, отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 3,2 = 4,48 \text{ (м)}$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$L = \frac{B - L}{4} = \frac{10 - 4,48}{4} = 1,38 \text{ (м)}$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле получаем:

$$i = \frac{60}{3,2 \cdot 12} = 1,56.$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка.

Так как поверхность стен окрашена в серый цвет, свежепобеленные с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен $R_{ст} = 50\%$. Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка $R_{п} = 30\%$.

Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения i , определяем значение коэффициента $\eta = 41\%$.

Подставив все значения в формулу, по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,41} = 4830 \text{ (лм)}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБ со световым потоком 5000 (лм).

Выразим E из формулы (5.1):

$$E = \frac{(F \cdot N \cdot \eta)}{(k)} = \frac{(5000 \cdot 6 \cdot 0,41)}{(1,5 \cdot 24 \cdot 1,1)} = 311 \text{ (Лм)}$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)},$$

где E – норма освещенности $E = 300$ (Лк);

k – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, $k = 1,5$;

S – площадь помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1$;

n – число рядов светильников, $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,41$;

F – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.8), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)} = \frac{311 \cdot 1,5 \cdot 24 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,41 \cdot 5000} = 3 \text{ (шт)}$$

Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 16 (шт), по 3 светильника в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

Шум

В производственных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для исследуемого объекта основными источниками шумов являются производственное оборудование.

Таблица 28 – Значения ПДУ для постоянных шумов

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровн и звука и эквива лентн ые уровни звука, дБА
	663	1125	2250	5500	11000	22000	44000	88000	
ПУ	910	991	883	877	873	770	768	764	75
	3								

ПДУ шума для объектов нормируются по ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 . Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 28.

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно- технические мероприятия по защите от действия шума.

Электрический ток

Степень опасного воздействий на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ НПЛ по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления, зануления (ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ);
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Электробезопасность должна обеспечиваться (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ):

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Экологическая безопасность

Система экологической безопасности — система мер, обеспечивающих с заданной вероятностью допустимое негативное воздействие природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и самого человека.

3 основных направления экологической безопасности.

Каждая из этих областей представляет собой отдельную дисциплину, когда речь идет об экологической безопасности, но это области, на которые в первую очередь ориентирована экологическая безопасность.

Охрана труда: нацелена на обеспечение экологической безопасности на рабочем месте, что снижает риски для сотрудников на любом рабочем месте. На многих рабочих местах есть опасные химические вещества, газы / пары, отходы и другие потенциальные угрозы здоровью и безопасности рабочих.

Экологический контроль: связан с предотвращением загрязнения и других угроз окружающей среде и всем, на кого это может повлиять.

Например, предотвращение сброса химических веществ в местную экосистему или обеспечение надлежащего управления отходами.

Химическая безопасность: касается безопасного хранения, использования, утилизации и т.д. различных химикатов.

Каждая из этих сфер регулируется законами на муниципальном, государственном и федеральном уровнях, и соблюдение этих нормативных требований имеет жизненно важное значение для многих предприятий.

Защита литосферы- Утилизация отходов должна осуществляться в соответствии с "Санитарными правилами порядка накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов" (N 8180-84 от 28.12.84). Твердые отходы, а также порошковые системы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения.

Защита гидросферы- При работе мойка оборудования после эксперимента является основным источником сточных вод. Для создания замкнутой системы водоснабжения промышленные сточные воды очищаются до необходимого качества механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами. Используйте экстракцию, ректификацию, абсорбцию, обратный осмос, ультрафильтрацию и другие методы для очистки сточных вод от органических растворителей.

Защита атмосферы- Ежедневно проводить влажную уборку и проветривание помещений на рабочем месте, обрабатывать загрязнения в специальном оборудовании и очищать их с помощью рукавных фильтров перед выгрузкой.

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, и аэрозоли. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют рукавные фильтры типа ФТНС.

Вследствие использования работниками душевых и туалетов образуются жидкие отходы для удаления, которых применяют канализационную систему.

Также из-за использования обтирочных материалов образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения, и в конце смены они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются 4 категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.). Утилизация отходов с 4 категорией опасности, в Томске, возможна через компанию «ЭкоАрхитектура».

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В научно-производственной лаборатории наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС – пожар.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение относится к категории В, т.е. к помещению, в котором находятся горючие вещества. Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов), а также неправильно обращение с баллонами содержащими различные газы.

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

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

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение (НИ ТПУ) оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара. Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

На случай возникновения чрезвычайных ситуаций (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и другие) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений. В наиболее короткие сроки эвакуацию можно провести комбинированным способом, который заключается в том, что при его применении массовый вывод населения пешим порядком сочетается с выводом некоторых категорий населения (пенсионеры, инвалиды, больные и так далее) всеми видами имеющегося транспорта.

Рассредоточение и эвакуация населения комбинированным способом осуществляется по территориально - производственному принципу. Это значит, что вывод населения организуется через предприятия, учреждения, учебные заведения и домоуправления по месту жительства.

Ведение спасательных работ в районах производственных аварий существенно различается в зависимости от размеров и опасности аварий и катастроф. Однако, ряд требований к организации спасательных работ является общим.

Работы надо начинать немедленно, чтобы не дать возможности аварии разрастись до катастрофических размеров. Очень важно обеспечить общественный порядок, что даст возможность свободному прибытию формирований гражданской обороны (ГО) к месту аварий. Формирования охраны общественного порядка должны приступить к работе в первую очередь.

Очень важны действия аварийно - технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально - технические сети для локализации аварии.

Спасательные формирования ГО должны быстрее приступить к работам по спасению людей, действия совместно с формированиями ГО медицинской службы.

При недостатке сил своего объекта для спасательных работ распоряжением старшего начальника могут привлекаться территориальные формирования ГО и другие силы. Чем организованней, быстрее сработают все подразделения различных служб, тем меньше материального ущерба и человеческих жизней унесет авария.

Заключение по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе, за исключением фактора, обладающего свойствами психофизиологического воздействия на организм человека. Для минимизации влияния данного фактора на организм человека, достаточно соблюдать меры, приведенные в МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по

электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током .

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

Помещение лаборатории категории помещения группы А, возможный класс пожара В. Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении: горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа. Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории.

Заключение

Целью работы являлось исследование влияния СВЧ-облучения высокой плотности мощности нанопорошков Al, применяемых в качестве активирующих добавок при консолидации диборидов и карбидов переходных металлов. В работе изучаем физико-технические свойства оксидных и нитридных порошков, проводили их механическую активацию, методом горячего прессования изготавливали керамические образцы, изготавливали микрошлифы спеченных образцов для наноиндентирования, исследовали физико-механические свойства, фазовый состав и микроструктуру керамики.

Были определены плотность спеченных образцов, измерены модуль упругости, нанотвердость и предел прочности с использованием методики наноиндентирования, исследованы фазовый состав и микроструктура спеченных образцов.

Разработан уникальный метод получения высокоплотной прочной керамики на основе оксинитрида алюминия, включающий синтез порошка Al-HfB₂ путем сжигания нанопорошка Al и последующее горячее прессование в инертной атмосфере. Полученная керамика имела следующие физико-механические свойства: $E_{IT}=79769$ МПа, $H_{IT}=1812$ Мпа.

Полученные материалы могут быть применены в технологии функциональной керамики нового поколения.

Показано, что методика наноиндентирования является эффективным средством оценки физико-механических характеристик спеченных керамических материалов, обладающим высокой степенью достоверности результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Merzhanov, A., Borovinskaya, I., Loryan, V., in: Abstracts. XIX Mendeleev Forum on General and Applied Chemistry, Volgograd, 2011, pp.76, 704, 536, 600.
2. Maguchi G., Yanagida H. Study on the reductive spinel—a new spinel formula $AlN-Al_2O_3$ instead of the previous one Al_3O_4 //Bulletin of the Chemical Society of Japan. – 1959. – Т. 32. – №. 11. – С. 1264-1265.
3. Long G., Foster L. M. Crystal phases in the system Al_2O_3-AlN //Journal of the American Ceramic Society. – 1961. – Т. 44. – №. 6. – С. 255-258.
4. Adams, I., AuCoin, T. R. and Wolff, G. A., Luminescence in the system Al_2O_3-AlN . J. Electrochem. Soc., 1962, 109(11), 1050–1054.
5. Lejus A. Formation at High Temperature of Non-Stoichiometric Spinel and of Derived Phases in Several Oxide Systems Based on Alumina and in the System Alumina-Aluminum Nitride //Rev. Int. Hautes Temp. Refract. – 1964. – Т. 1. – №. 1. – С. 53-95.
6. Lefebvre A., Collongu. R, Gilles J. C. Periodic Antiphases In Nonstoichiometric Spinel ($9Al_2O_3-AlN$) Prepared At High-Temperature //Materials Research Bulletin. – 1972. – Т. 7. – №. 6. – С. 551-&.
7. Irene E. A., Silvestri V. J., Woolhouse G. R. Some properties of chemically vapor deposited films of $Al_xO_yN_z$ on silicon //Journal of Electronic Materials. – 1975. – Т. 4. – №. 3. – С. 409-427.
8. McCauley J. W. Sintered Polycrystalline Nitrogen Stabilized Cubic Aluminum Oxide Material. – Department Of The Army Washington Dc, 1978. – №. PAT-APPL-936 447.
9. Hartnett T. M. et al. Aluminum Oxynitride Spinel (ALON)—A New Optical and Multimode Window Material //1981 New England Section Topical Meeting on Nonoxide Ceramics: Ceramic Engineering and Science Proceedings, Volume 3, Number 1/2. – John Wiley & Sons, 2009. – Т. 26. – С. 67

10. McCauley J. W. A simple model for aluminum oxynitride spinels //Journal of the American Ceramic Society. – 1978. – Т. 61. – №. 7-8. – С. 372-373.
11. McCauley J. W. et al. AlON: A brief history of its emergence and evolution //Journal of the European Ceramic Society. – 2009. – Т. 29. – №. 2. – С. 223236.
12. Грибовский П.О. Горячее литье керамических изделий. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 176с.
13. В.С. Бойко, В.Д. Нацик. Развитие исследований акустической эмиссий.
- 14-Косолапова Т.Я. Химические свойства тугоплавких соединений // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. 1979. Т. 34. № 3. С. 244–249.
- 15-Lefebvre A., Collongu. R, Gilles J. C. Periodic Antiphases In Nonstoichiometric Spinel ($9\text{Al}_2\text{O}_3\text{-AlN}$) Prepared At High-Temperature //Materials Research Bulletin. – 1972. – Т. 7. – №. 6. – С. 551-&.
- 16-Irene E. A., Silvestri V. J., Woolhouse G. R. Some properties of chemically vapor deposited films of $\text{Al}_x\text{O}_y\text{N}_z$ on silicon //Journal of Electronic Materials. – 1975. – Т. 4. – №. 3. – С. 409-427.
- 17-Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А.Материаловедение ТПУ учебное пособие
- 18-McCauley J. W. Sintered Polycrystalline Nitrogen Stabilized Cubic Aluminum Oxide Material. – Department Of The Army Washington Dc, 1978. – №. PAT-APPL-936 447.

Приложение
(справочное)

Study of the Effect of High Power Density Microwave Irradiation of Al Nanopowders Used as Activating Additives in the Cosolidation of Transition Metal Diborides and Carbides

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ11	Гао Юйчэнь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Матренин Сергей Вениаминович	к.т.н, доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зяблова Наталия Николаевна	к.ф.н.		

1.2 Structure and properties of metal diborides (HfB₂, TiB₂ and ZrB₂)

The diborides formed by the combination of numerous transition metals with boron exhibit numerous unique properties. These diborides are characterized by their fire resistance, excellent chemical resistance in various aggressive environments, high hardness, thermal conductivity, and electrical conductivity. As a result, these diborides are increasingly being utilized in industry and technology.

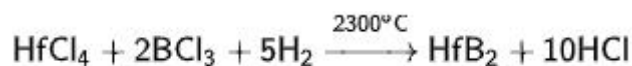
Hafnium diboride is a ceramic - its melting point is about 3250°C - composed of hafnium and boron having the chemical formula HfB₂. It is a gray solid with a metallic tint. Its properties are rather unusual for ceramics, with rather high thermal and electrical conductivity, like titanium diboride TiB₂, isostructural and zirconium diboride ZrB₂.

Hafnium diboride is often associated with carbon, boron, silicon, silicon carbide and/or nickel to facilitate consolidation of HfB₂. Powdered by sintering, usually carried out by hot pressing, during which the powders are heated and compressed. HfBH₄ hafnium borohydride can be obtained from thin layers by chemical vapour deposition (CVD).

This material has the advantage of being less sensitive to re-entry ablation than polymer matrix composite materials and is therefore being studied for hypersonic missile hot parts, leading edge or engine, or as an antenna window.

It is also being studied for possible applications in control rods from nuclear reactors.

Passing a gaseous mixture of hafnium chloride, boron chloride and hydrogen over a heated tungsten wire:



Hafnium diboride forms gray cubic crystals. Conducts electricity well. Ceramic materials based on and hafnium have a unique combination of physical and mechanical properties. Details from them can be operated without cooling under conditions of severe thermal cyclic loads for a long time without loss of

strength in an oxidizing environment, have a specific gravity 1.5-2.0 times less than traditional metals and alloys.

State diagrams of Ti – B systems are shown in Figure 3. In the Ti – B system, the presence of the following borides was established: TiB, Ti₃B₄ and TiB₂. Titanium diboride has a narrow homogeneity range (65.6 - 67.9% B (at.) at 1730 °C). With an excess of boron, a phase mixture of (TiB₂ + B) is formed with an eutectic melting temperature of approximately 2080 °C, while with an excess of titanium, two boride phases (Ti₃B₄ + TiB₂) form with a peritectic melting temperature of approximately 2200 °C. Titanium diborides are characterized by high melting temperatures and narrow homogeneity ranges. Therefore, their synthesis is most likely to result in powder form. Accurate calculation of the composition is necessary to obtain single-phase products (TiB₂ diborides). In thermodynamic terms, titanium diborides are highly stable compounds, as evidenced by their high values of formation enthalpy from elements and isobaric-isothermal potentials. These diborides exhibit relatively high thermal conductivity coefficients and low specific resistivity. Their microhardness is quite high. These compounds also exhibit significant resistance to high-temperature oxidation, which is attributed to the protective action of a liquid film of B₂O₃ oxide (melting temperature approximately 450 °C) formed on the surface of the diboride particles.

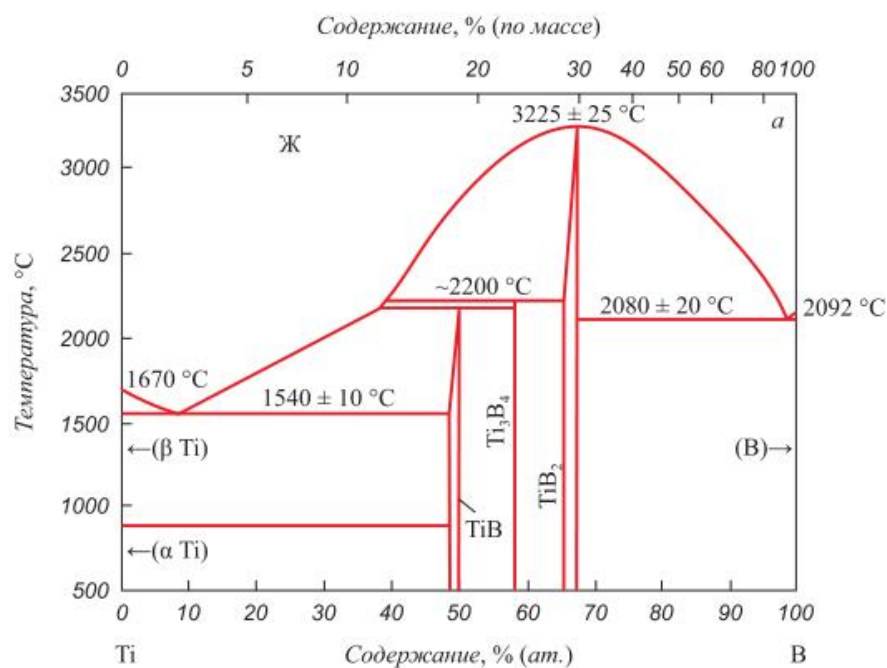


Figure 3 - State diagrams of Ti - B systems

The preparation of titanium diboride is usually carried out by the following methods. Vacuum hot pressing method: titanium and boron powder are mixed, then produced by vacuum hot pressing. Carbothermal reduction method: titanium and boron are mixed, a certain amount of carbon powder is added, and then high temperature reduction is carried out. In the hydrothermal synthesis process, a mixture of titanium salt and boric acid is combined and subjected to elevated temperature and pressure conditions in an aqueous environment. Salt-gel method: titanium and boron are mixed to form a solution-gel, then titanium diboride is made by gelling.

The crystal structure of titanium diboride refers to hexagonal close packing (HCP). In it, the atoms of titanium and boron alternate and form a structure resembling a honeycomb structure. Titanium diboride possesses a stable crystal structure, exhibiting exceptional physical and chemical properties such as high hardness, elevated melting point, remarkable corrosion resistance, and favorable electrical conductivity.

Titanium diboride has a very high hardness, typically reaching 9-10 on the Mohs hardness scale. This greatly exceeds the hardness of traditional materials such as steel, aluminum alloys and others. In addition, it has good wear resistance,

corrosion resistance and thermal stability, making it an ideal material for high-temperature wear-resistant materials and coating materials.

In the electronics industry, titanium diboride has good electrical conductivity, with a resistivity of about 10^{-6} m, which is much lower than many traditional wire materials such as copper and aluminum. Due to its outstanding physical and chemical properties, titanium diboride serves as a valuable material in diverse industries, particularly for electrodes utilized in electronic devices and solar cells.

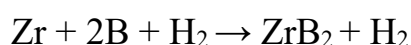
Consequently, titanium diboride exhibits great potential as a promising material across various industrial sectors.

Zirconium diboride, with the chemical formula ZrB_2 , is a ceramic material composed of zirconium and boron. It exhibits exceptional properties at high temperatures, including excellent mechanical characteristics, chemical stability, and favorable thermal and electrical conductivity. This material finds extensive applications in the aerospace, power, manufacturing, and chemical industries.

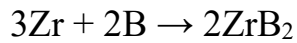
Zirconium diboride is known for its remarkable hardness, high temperature resistance, and robustness as a ceramic material. It possesses a density of 6.09 g/cm^3 , a melting point of $3246 \text{ }^\circ\text{C}$, a high-temperature bending strength of up to 400 MPa , a tensile strength of 200 MPa , thermal conductivity ranging from $30\text{-}60 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a specific heat capacity of $0.31 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$, and a thermal expansion coefficient of $6.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

In addition, zirconium diboride also has good chemical stability and is not attacked by common chemicals such as acids, alkalis, water, etc.

Zirconium diboride can be obtained by the following methods. Carbothermal reduction method: mix zirconium and boron powders, then pass hydrogen through them at high temperature to obtain zirconium diboride. The reaction can be represented by the equation:



Direct synthesis method: mix zirconium and boron powders in a certain ratio, then heat to high temperature to obtain zirconium diboride. The reaction can be represented by the equation:



By employing chemical vapor deposition (CVD) technology, zirconium diboride can be synthesized through the interaction of separate zirconium and boron sources in distinct reaction zones within a high-temperature and high-vacuum environment, resulting in the formation of zirconium diboride in the gas phase.

Salt-gel method: dissolve zirconium and boron compounds in a suitable solvent, process with the salt-gel method to form a uniform gel, then fire at high temperature to obtain zirconium diboride.

The zirconium diboride structure belongs to the group of graphene compounds, also known as the MXene structure. Zirconium diboride possesses a hexagonal crystal structure, wherein a metal layer is sandwiched between two graphene layers at a specific dihedral angle, forming a multilayer 2D crystal structure, the space group is $P6_3/mmc$, the cell parameters are $a = b = 3.191 \text{ \AA}$ and $c = 12.99 \text{ \AA}$. Each Zr atom is surrounded by six B atoms, forming a hexagonal plane. The Zr - B bond length is 1.76 \AA and the B - B bond length is 1.74 \AA .

Hardness: zirconium diboride is a very hard material and has a high Mohs hardness of about 27 GPa. This property makes it attractive for use as a protective coating on surfaces that are subject to mechanical stress.

Young's modulus: zirconium diboride has a high Young's modulus, which is about 450 GPa. This property makes it attractive for use as a material for structural applications such as tool blades, machine parts, etc.

With a thermal conductivity of approximately $25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ at room temperature, zirconium diboride exhibits excellent heat transfer capabilities. This characteristic renders it highly desirable as a material for thermal conductive components in various technological applications, including electronics.

Electrical Conductivity: zirconium diboride is a semiconductor and has a high electrical conductivity in the plane of the crystal, but low in the direction perpendicular to the plane of the crystal. This property makes it attractive for use as a material for electronic devices.

Optical properties: zirconium diboride has high infrared transparency and can be used to make optical elements such as lenses and mirrors.

Corrosion resistance: zirconium diboride is highly resistant to corrosion and can be used in corrosive environments such as acids and alkalis.

Corrosion resistance: zirconia is highly resistant to corrosion and can be used in highly acidic and highly alkaline environments without being subject to chemical degradation.

Reducing properties: zirconium dioxide can be reduced to zirconium metal or zirconium alloy, and can be used as a catalyst for some high temperature reduction reactions.

While oxidation zirconia remains non-oxidizable in typical atmospheric conditions, it can undergo oxidation to form zirconium dioxide (zirconia) when exposed to high-temperature oxidizing environments, such as in the presence of oxygen at elevated temperatures.

Low reactivity: the chemical reactivity of zirconia is low, so the production requires a special processing technique, such as reaction at high temperature and high pressure, to improve the efficiency and product yield.

Interaction with other compounds: zirconium dioxide can interact with oxides, nitrides, carbides and other compounds, forming a number of zirconium compounds, which are widely used in the field of materials science, electronics, catalysis, etc.

Zirconia is a multifunctional material with a wide range of applications. Ceramic Industry: zirconia is a high-quality raw material for the production of heat-resistant, wear-resistant and corrosion-resistant ceramic products, such as nozzles, valves, bearings, grinding wheels, etc. Thanks to its outstanding biocompatibility, minimal toxicity, and impressive strength, zirconia finds extensive application in the realm of medical technology. It is utilized in various medical devices, including artificial joints, dental implants, and surgical instruments. In the electronic industry, zirconia serves as a dielectric material for high-frequency capacitors. The electrical properties of capacitors are influenced by

the implementation of electronic zirconia, such as the stability of electrical properties, breakdown strength, temperature properties, etc. Optical Industry: due to its high transparency, high refractive index, and high scratch resistance, zirconia is used to make optical lenses, windows, and other optical components. Aviation industry: zirconia has high thermal stability and thermal shock resistance, and can be used for high temperature parts, ceramic coatings, etc. Environmental protection field: zirconia can be used as a catalyst for the treatment of polluted air and water streams, as well as in the field of environmental protection, such as processing.