

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Структура и свойства карбидов и боридов металлов IV-V группы

Индекс УДК: 669.29.017.16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б91	Лу вэйлун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мировой Юрий Александрович	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина Вероника Анатольевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке (-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-2	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях

ОПК(У)-3	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
ОПК(У)-5	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
ПК(У)-2	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
ПК(У)-3	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
ПК(У)-4	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
ПК(У)-5	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК(У)-6	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро - и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК(У)-7	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
ПК(У)-8	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
ПК(У)-9	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
ДПК(У)-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ О.Ю.Ваулина
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б81	Лу Вэйлун

Тема работы:

Структура и свойства карбидов и боридов металлов IV-V группы
--

Утверждена приказом директора ИШНПТ	
-------------------------------------	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является изучение структуры и свойств карбидов и боридов металлов IV-V группы
---------------------------------	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>1. Изучение теоретических аспектов физикомеханических характеристик материалов на основе карбидов и боридов циркония с использованием отечественных и зарубежных источников;</p> <p>2. Определение методов для изучения физикомеханических свойств материалов на основе карбидов и боридов циркония;</p> <p>3. Определение влияния механической обработки на структурно-фазовое состояние материалов на основе карбидов и боридов циркония;</p> <p>3. Исследование физико-механических свойств материалов на основе карбидов и боридов циркония;</p> <p>4. Обсуждение результатов выполненной работы.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Титульный лист • Актуальность, цель работы • Материалы и методы исследования • Результаты исследований • Заключение
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент...</i></p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мировой Юрий Александрович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б91	Лу Вэйлун		

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
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2022 /2023 учебного года)

Форма представления работы:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.01.2023	Аналитический обзор литературы	15
25.04.2023	Исследования микроструктуры исходного порошка, определение плотности и твердости ZrC/ ZrB ₂ композитов	15
29.04.2023	Определение трещиностойкости ZrC/ ZrB ₂ композитов, расчет ОКР, определение прочностных свойств ZrC/ ZrB ₂ керамики	15
04.05.2023	Анализ результатов	15
20.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2023	Социальная ответственность	15
25.05.2023	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мировой Юрий Александрович	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ваулина О.Ю.	к.т.н.		

Обозначения и сокращения

ОКР – области когерентного рассеяния

ПК – персональный компьютер

ЭМИ – электромагнитное излучение

УНТС – сверхвысокотемпературная керамика

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 с., 26 рис., 26 табл., 30 источников.

Ключевые слова: керамика, гетеромодульные композиты, ZrC, ZrB₂ композиты, механические характеристики композитов, частиц порошков, фазовое состояние порошков

Объектом исследования являются порошки ZrC и ZrB₂, а также керамические матричные композиты, полученные на их основе с объемным содержанием углерод в 1, 3, 5, 10 % и карбида циркония и диборида циркония при различном времени обработки

Цель работы – изучение структура и свойства карбидов и боридов металлов IV-V группы (ZrC, ZrB₂) Определение среднего размера частиц порошков ,Исследование влияния механической обработки на структурно-фазовое состояние порошков карбида циркония Механические характеристики керамических материалов ZrC, ZrB₂ и композитов на их основе.

В процессе исследования проводились: аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей исследуемую тематику, микроструктурный анализ исходного порошка ZrB₂, ZrC, определение прочностных характеристик ZrC, ZrB₂, измерение твердости композитных образцов, определение коэффициента трещиностойкости и другие механические свойства, расчет размеров областей когерентного рассеяния и микронапряжений решетки ZrC, ZrB₂.

В результатеОпределение среднего размера частиц порошков Исследование влияния механической обработки на структурно-фазовое состояние порошков карбида циркония Механические характеристики керамических материалов ZrC, ZrB₂ и композитов на их основе.

Область применения: Ракетные сопла Ответственные узлы трибосопряжений, сопряженные с высокими температурными градиентами, скоростями и нагрузкой

Экономическая эффективность работы отражена в значении интегрального финансового показателя, который составляет 0,94, что

демонстрирует финансовую эффективность данной работы по сравнению с аналогами.

В будущем планируется использовать данные составы композитов как основу для получения пар трибоконтактов, сопряженных с большими термомеханическими нагрузками.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1.1 Диборид циркония (ZrB_2).....	3
1.2 Карбид циркония (ZrC)	8
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	11
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	16
3.1 Определение среднего размера частиц порошков.....	16
3.2 Исследование влияния механической обработки порошков ZrC , ZrB_2 на структурно-фазовое состояние спеченных материалов из них	18
3.3 Механические характеристики керамических материалов ZrC , ZrB_2 и композитов на их основе	26
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76

ВВЕДЕНИЕ

Карбид циркония – (ZrC) химическое соединение металла циркония и углерода с формулой ZrC. Представляет собой фазу внедрения с широкой областью гомогенности, которая составляет от 38,4 до 50 ат. % углерода, Высокая температура плавления и малое поперечное сечение захвата нейтронов карбида циркония позволяет применять его как защитное покрытие на графитовых матрицах в твэлах, содержащих карбиды урана и тория. Покрытие из карбида циркония, нанесенное CVD-процессом на диоксид урана, используется как диффузионный барьер от продуктов реакции полураспада ядерного топлива [5]. Композит ZrC-UC используют в термоэлектрогенераторах. Также карбид циркония применяется как абразивный материал для полировки металлов. Диборид циркония (ZrB₂) представляет собой высококовалентный огнеупорный керамический материал с гексагональной кристаллической структурой. ZrB₂-это сверхвысокотемпературная керамика (УНТС) с температурой плавления 3246 °С. Это наряду с его относительно низкой плотностью ~6,09 г/см³ (измеренная плотность может быть выше из-за примесей гафния) и хорошей прочностью при высоких температурах делает его подходящим для высокотемпературных аэрокосмических применений, таких как гиперзвуковые полетные или ракетные двигательные установки.

Консолидация таких соединений затрудняет изготовление изделий из них. Одним из способов интенсификации спекания тугоплавких соединений является высокоэнергетическая механическая обработка. Порошки подвергаются механической обработке, в результате которой происходит измельчение и разрушение частиц и агрегатов. Путем подбора временных интервалов в процессе измельчения порошков можно повысить реакционную способность порошковых систем к спеканию, стимулировать твердофазную реакцию при высоких температурах, в том числе сформировать желаемый состав и микроструктуру, а также снизить температуру консолидации.

1 Литературный обзор

1.1 Диборид циркония (ZrB_2)

Получение Диборида циркония:

Представляет собой высококовалентный тугоплавкий керамический материал с гексагональной кристаллической структурой. ZrB_2 — это сверхвысокотемпературная керамика (УНТС) с температурой плавления $3246^\circ C$ [18].

Такие характеристики порошка, как чистота, морфология, площадь поверхности и концентрация дефектов, сильно влияют на спекаемость порошка. Все эти свойства определяются условиями синтеза. Таким образом, выбор маршрута синтеза и параметров обработки имеет жизненно важное значение для фактического применения порошка. ZrB_2 может быть синтезирован путем: реакции между Zr и B ; ¹⁰ боротермического восстановления ZrO_2 ; ¹¹ восстановления карбида бора ZrO_2 в присутствии углерода. карбидное восстановление ZrO_2 в присутствии углерода; ¹² карботермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3 ; ¹ металлотермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3 ; химическое осаждение из паровой фазы; электролиз расплавленной соли; методы на основе растворов; и синтез из полимерных прекурсоров.

Реакция между элементарным бором и цирконием позволяет отлично контролировать стехиометрию получаемого ZrB_2 . (рисунок 1). Этот путь дает чистый ZrB_2 , но не может рассматриваться для коммерческого производства, так как он включает дорогие шихтовые материалы. Этот способ может дать плотные тела при горячем прессовании смешанного порошка, если избежать реакции со штампом. Чтобы избежать любой реакции с матрицей, графитовая матрица покрывается нитридом бора [17].

Боротермическое восстановление ZrO_2

Боротермическое восстановление ZrO_2 дает чистый ZrB_2 при температуре выше $1600^\circ C$. Этот метод неэкономичен для коммерческого производства,

поскольку он связан с потерей дорогостоящего бора в виде оксида бора. Для получения стехиометрического ZrB_2 необходимо добавлять избыток бора.

Peshev and Bliznakov[13] сообщили о получении ZrB_2 путем боротермического восстановления ZrO_2 в вакууме при $1750^\circ C$ в течение 1 ч. Замечено, что содержание бора в продукте меньше теоретического значения, что может быть связано с потерей бора в форме оксида. Millet and Hwang[14] приготовили ZrB_2 путем реакции ZrO_2 и бора (измельченного в течение 70 ч) при $1100^\circ C$ в вакууме. Результаты рентгеновской дифракции (XRD) показали наличие ZrO_2 вместе с продуктом ZrB_2 . Использование механического измельчения повысило реакционную способность порошка и, таким образом, температура реакции значительно снизилась.

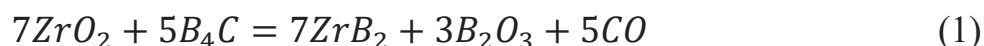
Такая активация обусловлена двумя основными эффектами: тесным перемешиванием на химическом уровне в результате уменьшения размера частиц и ударов; и внедрением в зерна ZrO_2 во время размолла дефектов решетки, таких как дефекты укладки, дислокации и вакансии, которые влияют на массоперенос при дальнейшем отжиге. Следует отметить, что время помола влияет на состояние конечного продукта помола таким образом, что более длительное время помола не только вызывает активацию, но и приводит к полиморфным превращениям с образованием кубического циркония во время помола.

Восстановление ZrO_2 карбидом бора

Это наиболее популярный метод синтеза ZrB_2 , поскольку он требует относительно менее дорогостоящего шихтового материала. Порошок ZrB_2 получают по реакции (1) при температуре выше $1800^\circ C$ и времени выдержки более более 1 ч[14].

В результате процесса происходит некоторая потеря бора в виде оксида бора, что приводит к образованию нестехиометрического борида и присутствию остаточного углерода в продукте. В этом маршруте происходит следующая

промежуточная реакция, которая приводит к потере бора в форме B_2O_3 . Таким образом, для получения чистого ZrB_2 необходимо добавить избыток бора. (1)



Металлотермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3

Металлотермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3 требует дешевого сырья и является самодостаточным благодаря их экзотермической природе. В основном в качестве восстановителя используется магний, а порошок ZrB_2 получают с помощью реакции (2)



Карботермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3

Карботермическое восстановление ZrO_2 и B_2O_3 предполагает использование дешевого сырья, но приводит к потере B_2O_3 и образованию нестехиометрического порошка. Полученный порошок также содержит некоторое количество остаточного углерода.

Mishra et al.[15] сообщили о синтезе порошка ZrB_2 микрометрового размера путем карботермического восстановления ZrO_2 и B_2O_3 при $1800^\circ C$ в вакууме. На рентгенограмме наблюдались незначительные пики ZrO_2 . Khanra et al.[16] приготовили вискеры ZrB_2 путем реакции между цирконием, борной кислотой и сажей. Синтезированный продукт содержит B_4C и ZrC в качестве второстепенных фаз наряду с ZrB_2 . Выход вискеро́в низок при более низкой температуре пиролиза, а максимальный выход вискеро́в наблюдается при $1500-1700^\circ C$.

Различные морфологии вискеро́в наблюдаются при использовании различных катализаторов. Добавка Ni кажется более эффективной в качестве катализатора, чем Co или Fe. При использовании катализатора Co наблюдаются вискеры меньшей длины, в то время как при использовании катализатора Fe наблюдаются вискеры стержневой формы и особые вискеры типа птичьего

гнезда. Электронно-микроскопическое исследование вискеров выявило наличие различных дефектов.

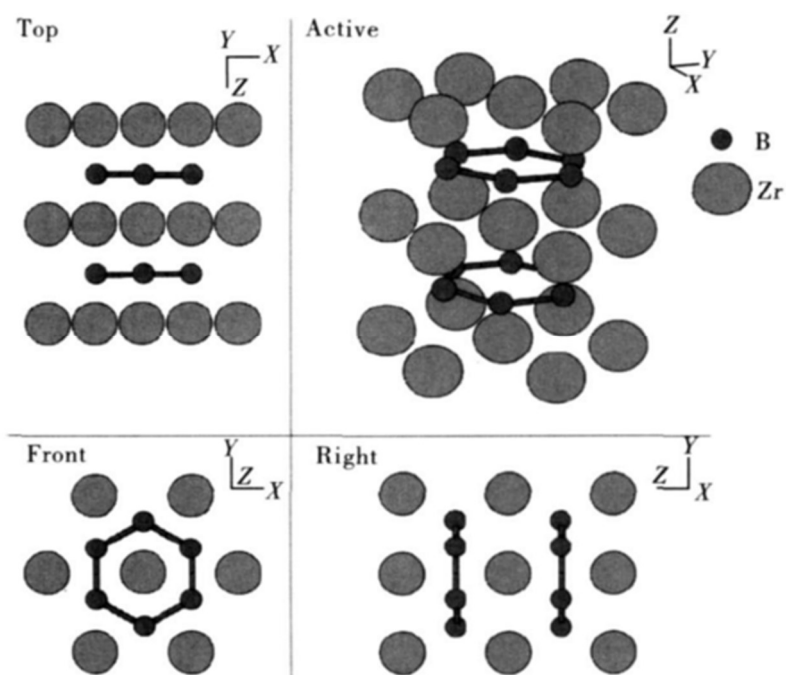


Рисунок 1 – Принципиальная схема кристаллической структуры ZrB_2 .

Свойства диборида циркония представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства ZrB_2

Свойства диборида циркония (ZrB_2)	
Традиционные названия	Бористый цирконий
Хим. формула	ZrB_2
Состояние	серые кристаллы
Молярная масса	112,84 г/моль
Плотность	5,60; 6,085; 6,1 г/см ³
Температура плавления	2990; 3000; 3050°C

Применение керамики ZrB_2 :

ZrB_2 имеет чрезвычайно высокую температуру плавления, прочность, твердость и проводимость, а также низкий коэффициент теплового расширения

также имеет хорошую химическую стабильность, огнестойкость, термостойкость, коррозионную стойкость и т.д.

Диборид циркония в качестве огнеупорного материала:

ZrB_2 - превосходный специальный огнеупорный материал, который можно использовать в качестве защитной трубки высокотемпературной термопары, металлургического металлического тигля, литейной формы и т. Д. Когда борид циркония используется в качестве защитной гильзы термопары, он должен быть согласован с внутренней гильзой из оксида алюминия для эффективного измерения температуры из-за его плохой герметичности и проводимости. Поскольку ZrB_2 имеет низкое удельное сопротивление, а механизмом проводимости является электронная проводимость, он подходит для материалов контактов и электродных материалов и может использоваться в металлических электродах термопар и высокотемпературных нагревательных элементах.

Благодаря своей чрезвычайно высокой твердости ZrB_2 является очень хорошим износостойким материалом и находит хорошее применение в режущих инструментах и режущих инструментах. Кроме того, поскольку ZrB_2 имеет хорошую коррозионную стойкость, антикоррозионные и антиокислительные пленки ZrB_2 были глубоко и тщательно изучены, и их применяли все чаще.

1.2 Карбид циркония (ZrC)

Получение Карбида циркония

Восстановление диоксида циркония целесообразно проводить в- вакууме, что исключает возможность азотирования, сдвигает равновесие реакции и- позволяет проводить ее при более низких температурах. В-вакууме также достигается большее содержание связанного углерода в-карбиде. Равновесие в-системе ZrO_2 -C впервые исследовали в-вакууме в-интервале температур 1803–2013 К при предположении, что реакция идет по уравнению.

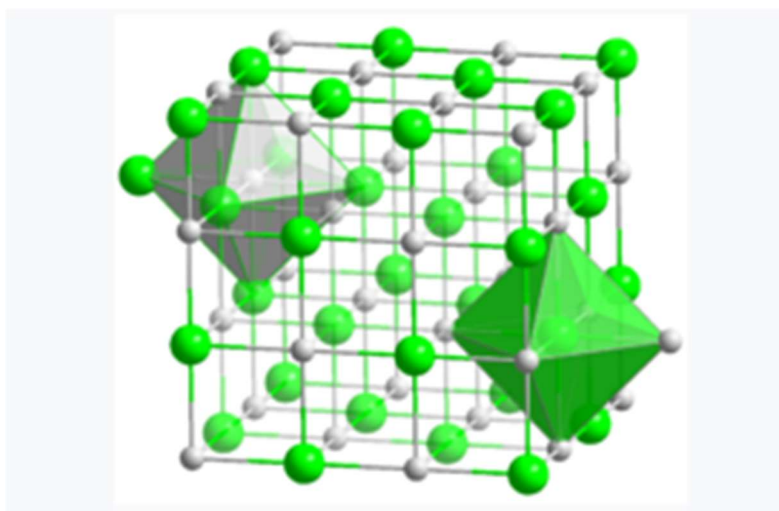
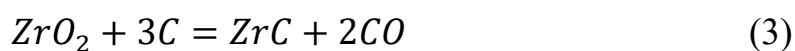


Рисунок 2 – Вид элементарной ячейки карбида циркония.

Свойства карбида циркония

Карбид циркония представляет собой порошок серого цвета. Имеет кубическую гранецентрированную решетку типа NaCl, пространственная группа $Fm\bar{3}m$, с периодом $a = 0,4693$ нм.

Таблица 2 – Свойства ZrC

Удельное электрическое сопротивление	50 мкОм·см
Коэффициент линейного теплового	$7,01 \cdot 10^{-6}$ 1/К (25-1000°C)

расширения	
Микротвёрдость	28,44 ГПа
Модуль упругости	412 ГПа

Карбид циркония является химически стойким соединением при комнатной температуре по отношению к серной, соляной, фосфорной, хлорной, щавелевой кислотам и смесям серной и фосфорной, серной и щавелевой кислот. Не растворяется в 10% и 20% растворах гидроксида натрия. Растворяется в кипящих серной, азотной, хлорной кислотах. Сильно растворяется в царской водке, смесях серной и азотной, азотной и плавиковой кислот [3]. Начиная с 700 °С, карбид циркония взаимодействует с кислородом с образованием ZrO_2 . При высоких температурах, в присутствии азота, образуются карбонитриды циркония.

Применение ZrC

Керамика из карбида циркония является важным керамическим материалом, устойчивым к высоким температурам, который широко используется в аэрокосмической сфере, например, в сверхскоростных самолетах.

Механическая обработка порошков

Механическая обработка порошков может осуществляться как в влажных, так и в сухих условиях. Во время процесса порошки помещаются в шаровую мельницу, где они измельчаются и обрабатываются в течение определенного времени. Во время этого процесса порошки часто подвергаются силам сжатия, сдвига и изгиба, которые способствуют повышению пластичности и формированию коллоидной структуры.

Механическая обработка порошков ZrC полезна потому, что она может улучшить микроструктуру материала и его механические свойства. Можно получить более однородный материал с меньшим количеством технических дефектов, например, различных видов пор, микротрещин, и прочего.

Механическая обработка также может изменить поверхностные свойства порошков, например, увеличение размеров частиц и поверхности материала, что может повысить его реакционную способность при использовании ZrC в различных реакциях.

Кроме того, механическая обработка порошков может улучшить механические свойства ZrC, такие как твердость и устойчивость к износу. Она способствует формированию более плотной микроструктуры, что может повысить прочность материала. Механическая обработка порошков ZrC также может привести к уменьшению размеров частиц и увеличению удельной поверхности, что может повысить реакционную способность материала.

Таким образом, шаровая механическая обработка является важным процессом в производстве ZrC и может значительно повысить качество и свойства материала. Этот метод заслуживает дополнительных исследований, чтобы определить его оптимальные параметры и условия использования.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ размеров частиц исходных порошков был проведен методом случайных секущих, суть которого состоит в подсчете зерен, пересеченных отрезком прямой. Подсчет пересечений зерен проводят на РЭМ изображениях, на которых проводили несколько отрезков произвольной длины. Однако отрезок должен пересекать не менее 10 зерен. Увеличение подбирали таким образом, чтобы на исследуемой поверхности в видимом поле было видно не менее 50 зерен. Зерна на концах прямой, не пересеченные ею целиком, принимали за одно зерно. Определяли суммарную длину отрезков L , выраженную в миллиметрах натуральной величины, и суммарное число пересеченных зерен N . Подсчет количества пересечений проводили на двух взаимно перпендикулярных отрезках прямых. Измерения проводили не менее чем в трех РЭМ изображениях.

Кристаллическая структура и фазовый состав композитов и исходных порошков исследовались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 с использованием монохроматического $\text{Cu-K}\alpha$ излучения; интервал измерений $20-130^\circ$; шаг гониометра – $0,05^\circ$; время экспозиции – 3 с. Средний размер областей когерентного рассеяния и величина микроискажений кристаллической решетки рассчитаны с использованием метода графического построения зависимости Вильямсона-Холла:

$$\beta = \left(\frac{\lambda}{D \cdot \cos\theta} \right) + (4 \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg}\theta) \quad (4)$$

где β – полуширина дифракционного максимума;

λ – длина волны используемого излучения;

θ – Брэгговский угол;

D – размер областей когерентного рассеяния;

ε – величина микроискажений кристаллической решетки.

Для осуществления данного метода строится зависимость в координатах $\beta \cdot \cos\theta$ и $\sin\theta$, уравнение линейной аппроксимации которой, $y = a \cdot x + b$, имеет вид:

$$\beta \cdot \cos\theta = \varepsilon \cdot \sin\theta + \frac{1}{D}, \quad (5)$$

таким образом, величина микроискажений кристаллической решетки равна угловому коэффициенту линейной функции k , а средний размер областей когерентного рассеяния равен обратной величине свободного члена. Микронапряжения, действующие в пределах кристаллитов, оценены как произведение средней величины микроискажений кристаллической решетки, рассчитанные с учетом отношения интегральной интенсивности рефлексов соответствующих фаз на рентгенограммах, на теоретический модуль упругости соответствующей фазы.

Плотность керамических композитов определена методом гидростатического взвешивания:

$$\rho = \frac{m}{m-m_1} * \rho_0 \quad (6)$$

где ρ – плотность материала при комнатной температуре;

m – масса материала в воздухе;

m_1 – масса материала в жидкой среде;

ρ_0 - плотность материальной среды при различных температурах.

В качестве жидкой среды использовалась чистая вода. Поскольку плотность чистой воды подвержена меньшим изменениям при изменении температуры, плотность воды при 4°C при стандартном атмосферном давлении составляет 1,00 г/см³. Согласно определению плотности, температура в момент испытания оказывала незначительное влияние на плотность.

Модуль Юнга (модуль продольной упругости и модуль сдвига определялся с использованием ультразвукового метода. В работе использовались два преобразователя, подходящих для эхо-импульсного измерения скорости звука в материале продольными и поперечными волнами. Среди наиболее используемых преобразователей: широкополосный преобразователь продольных волн V112 (10 МГц) и преобразователь

поперечных волн с нормальным углом падения V156 (5 МГц). Они подходят для измерения наиболее распространенных металлов и обожженных керамических образцов.

Твердость измерялась на полированной поверхности образцов индентированием пирамиды Виккерса с нагрузкой 3 кг в течение 10 секунд. Твердость по Виккерсу относится к использованию алмазного положительного пирамидального индентора с углом 136 градусов между противоположными поверхностями, вдавливаемого в поверхность испытуемого образца под действием заданной нагрузки F , нагрузка снимается через определенное время, измеряется диагональная длина углубления d , и затем вычисляется площадь поверхности углубления, и, наконец, получается среднее давление на площадь поверхности углубления, которое представляет собой значение твердости металла по Виккерсу, представленное символом H_V .

Измерение вязкости разрушения исследуемых керамик проводилось двумя методами: по суммарной длине трещин от отпечатка индентора Виккерса на полированной поверхности образцов K_{IC} .

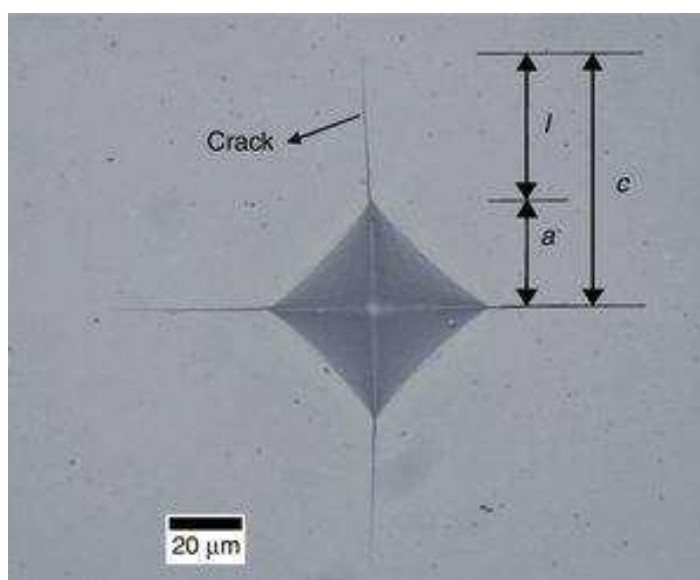


Рисунок 3 – Типичное изображение отпечатка пирамиды Виккерса и схематичное указание параметров для определения K_{IC} .

Если $c/a < 2$:

$$\frac{\text{palmqvist crack model(модель трещин Пальмквиста)}}{K_{Ic}=0.035 \left(\frac{l}{a}\right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{H_V}{E\Phi}\right)^{-\frac{2}{5}} \left(\frac{H_V a^{1/2}}{\Phi}\right)} \quad (7)$$

Если $c/a > 2$:

$$\frac{\text{Median crack model(Модель медианной трещины)}}{K_{Ic}=0.129 \left(\frac{c}{a}\right)^{-\frac{3}{2}} \left(\frac{H_V}{E\Phi}\right)^{-\frac{2}{5}} \left(\frac{H_V a^{1/2}}{\Phi}\right)} \quad (8)$$

Предел прочности при сжатии $\sigma_{в. сж.}$ МПа. вычисляли по формуле:

$$\sigma_{в. сж.} = \frac{F_m}{A_0} \quad (9)$$

где F_m – максимальная нагрузка при сжатии. Н;

A_0 – площадь поперечного сечения образца, мм².

Прочность при трехточечном изгибе $\sigma_{f,m}$ МПа вычисляли по формуле:

$$\sigma_{f,m} = \frac{3F_m L}{2bh^2} \quad (10)$$

где F_m – максимальная нагрузка. Н;

L – расстояние между нижними опорами, мм;

b – ширина образца, мм;

h – средняя толщина образца, мм.

Твердость по Виккерсу определялась с использованием алмазного положительного пирамидального индентора с углом 136 градусов между противоположными поверхностями, вдавливаемого в поверхность испытуемого образца под действием заданной нагрузки F , нагрузка снималась через определенное время, измерялась диагональная длина углубления d , и затем вычислялась площадь поверхности углубления, затем получили среднее давление на площадь поверхности углубления, которое представляло собой значение твердости исследуемого материала по Виккерсу, выраженное в виде формулы:

$$Hv = \frac{F}{M} = \frac{2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1.854 \frac{p}{d^2} \quad (11)$$

где P – нагрузка, с которой индентор Виккерса давит на образец (5 кг);
 d – средняя длина диагонали отпечатка, мм.

Предел прочности на растяжение хрупких материалов определяли по формуле:

$$\sigma_{вр} = \frac{0,636 P_{раз}}{d * t} \quad (12)$$

где d – диаметр образца;

$P_{раз}$ – разрушающая нагрузка;

T – стандарт предполагает сжатие дисков постоянной толщины $t=6$.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Определение среднего размера частиц порошков

На рисунке 4 видно, что порошок карбида кремния состоит в основном из частиц размером от 1 до 6 мкм, со средним значением 3.2 мкм, стандартной ошибкой 0.2 мкм и стандартным отклонением 1.73 мкм.

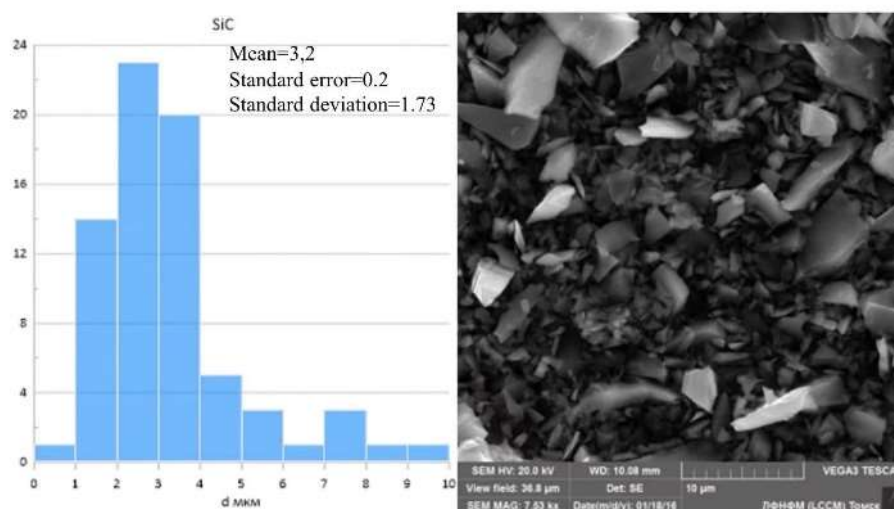


Рисунок 4 – Распределение среднего размера зерна по частоте (SiC).

На рисунке 5 видно, что порошок диборид циркония состоит в основном из частиц размером от 1 до 6 мкм, со средним значением 2.17 мкм, стандартной ошибкой 0.1 мкм и стандартным отклонением 1.47 мкм.

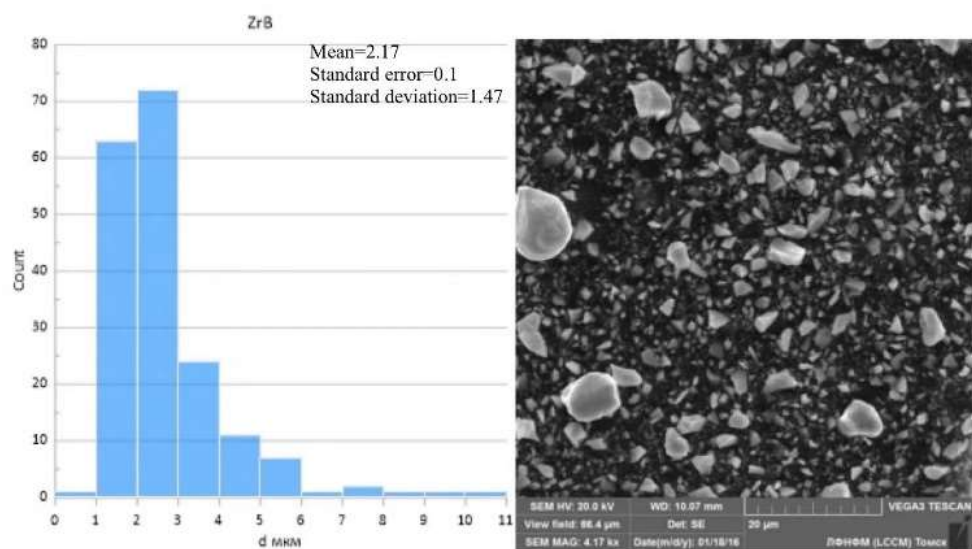


Рисунок 5 – Распределение среднего размера зерна по частоте появления (ZrB_2).

На рисунке 6 показано, что порошок дисилицид молибдена состоит в основном из частиц размером от 4 до 28 мкм, со средним значением 12.88 мкм, стандартной ошибкой 1.39 мкм и стандартным отклонением 7.49 мкм.

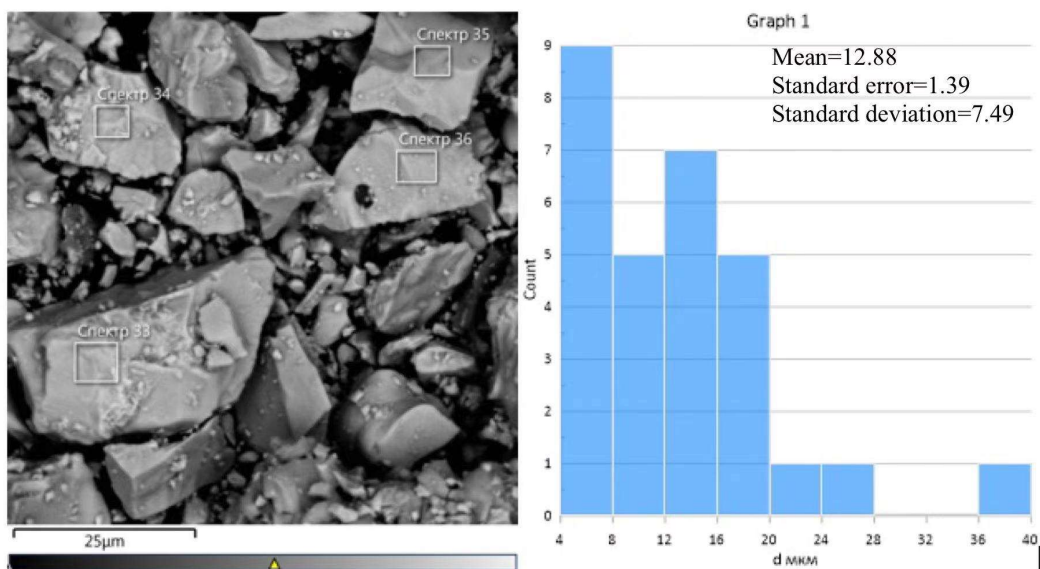


Рисунок 6 – Распределение среднего размера зерна по частоте ($MoSi_2$).

На рисунке 7 видно, что порошок карбида циркония состоит в основном из частиц размером от 4 до 6.5 мкм, со средним значением 5.17 мкм, стандартной ошибкой 0.28 мкм и стандартным отклонением 1.32 мкм.

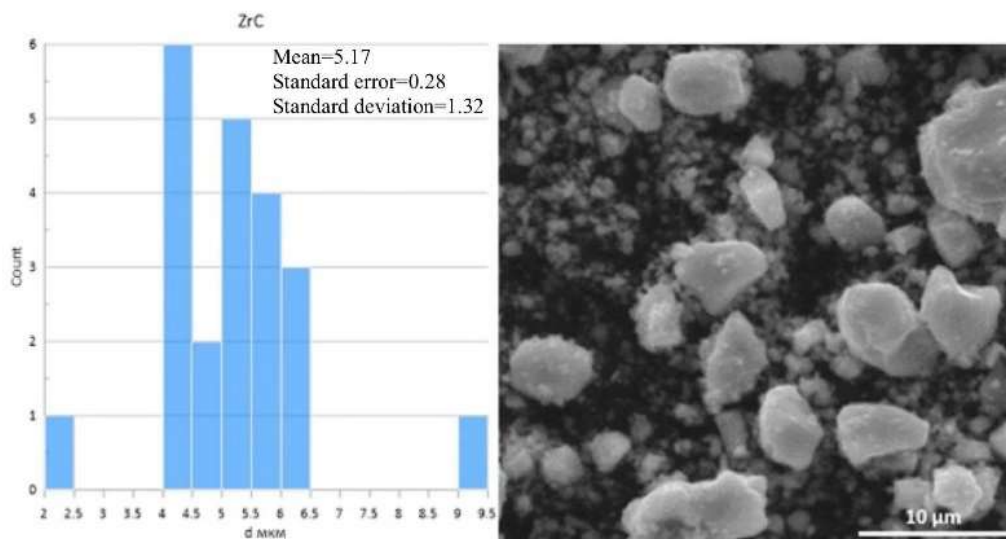


Рисунок 7 – Распределение среднего размера зерна по частоте появления (ZrC).

3.2 Исследование влияния механической обработки порошков ZrC, ZrB₂ на структурно-фазовое состояние спеченных материалов из них

На рисунке 8 показано, что увеличение длительности механической обработки порошка карбида циркония приводит к уширению дифракционных линий в спеченной керамике ZrC вплоть до 20 минут обработки.

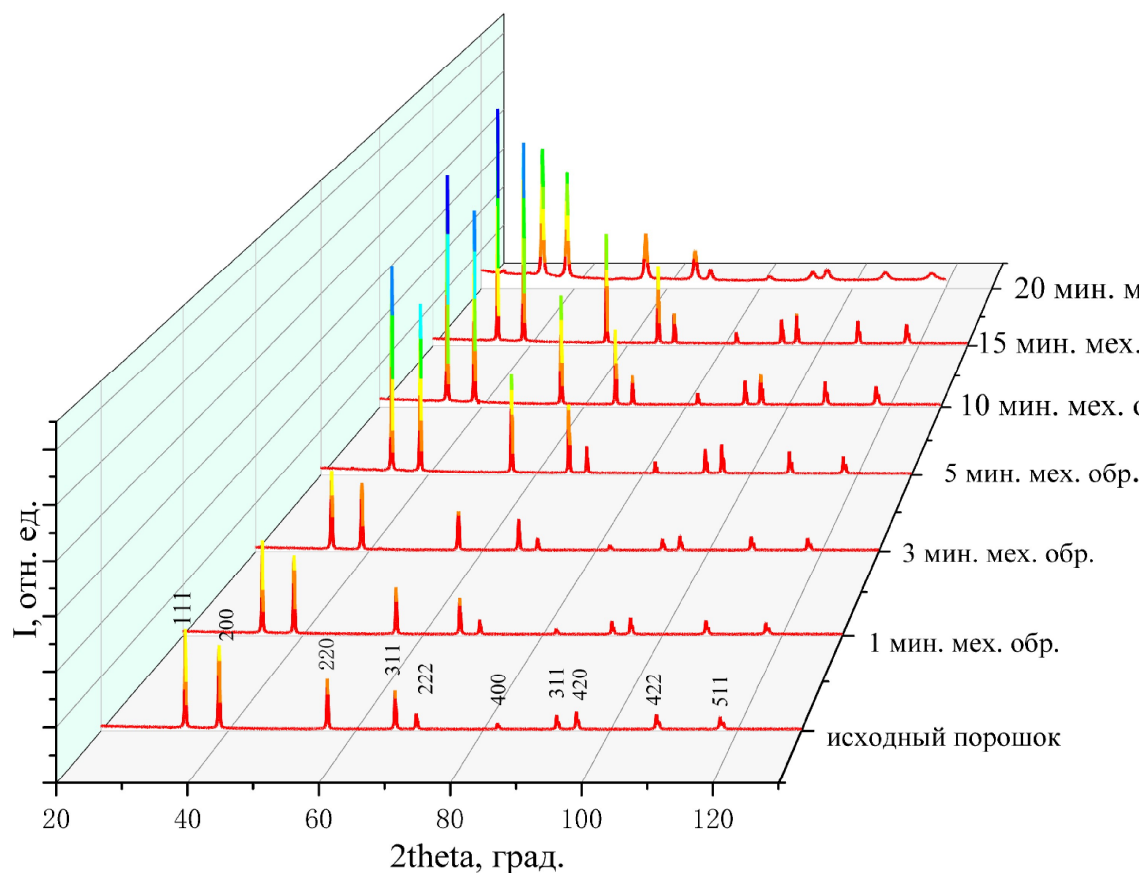


Рисунок 8 – ZrC при разной длительности механической обработки.

В таблице 3 приведены рассчитанные значения параметров кристаллической решетки спеченного порошка карбида циркония при разной длительности механической обработки.

Таблица 3 – Параметра решётки спеченных порошков ZrC

Время обработки (мин)	a , Å
0	4,776
1	4,776
3	4,656
5	4,675
10	4,777
15	4,664
20	5,390

Определение Константы решетки карбида циркония

На следующей диаграмме (рисунок 9) показан анализ решетки карбида циркония

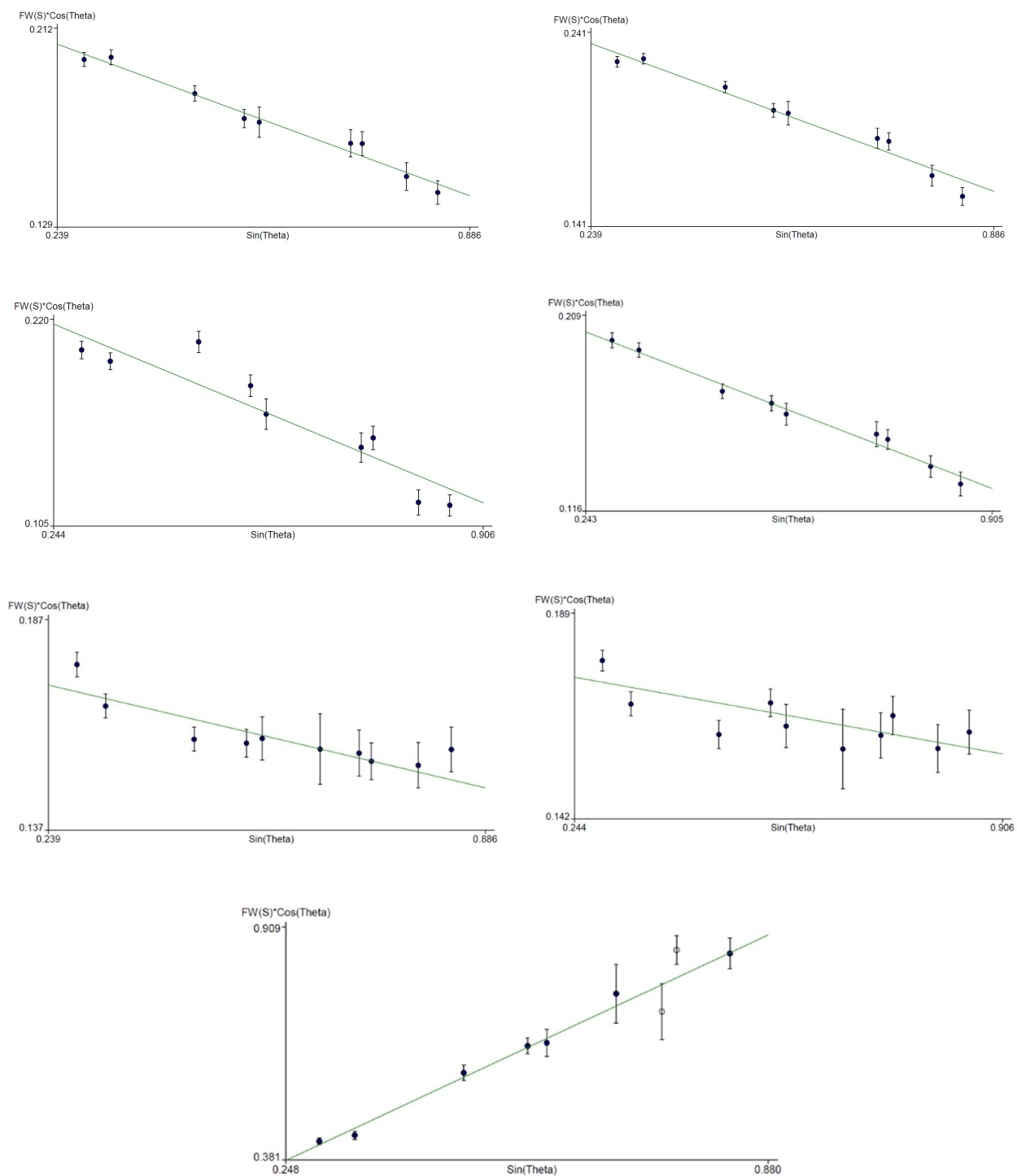


Рисунок 9 – ZrC обработка 1 мин– 20 мин.

В таблице 4 представлены рассчитанные значения областей когерентного рассеяния и микроискажения кристаллической решетки спеченных образцов карбида циркония при разной длительности механической обработки исходного порошка. Величина постоянной решетки влияет как на физические, так и на химические свойства кристалла. Например, изменение постоянной решетки влияет на такие физические свойства, как плотность, коэффициент теплового расширения и теплопроводность кристалла, а также на свойства химической реакции кристалла.

Таблица 4 – Область когерентного рассеяния и микродисторсия спеченного ZrC

Длительность механической обработки, мин	ОКР, нм	Е, %
0	347 ± 6	-0.042 ± 0.0031
1	301 ± 4	-0.052 ± 0.0029
3	313 ± 7	-0.065 ± 0.0042
5	347 ± 6	-0.049 ± 0.0033
10	441 ± 9	-0.016 ± 0.003
15	439 ± 8	-0.011 ± 0.0027
20	444 ± 42	

На рисунке 10 представлена зависимость областей когерентного рассеяния кристаллической решетки спеченного карбида циркония от длительности механической обработки исходного порошка. С увеличением длительности обработки до 20 минут, наблюдается рост значений ОКР до 444 ± 42 нм, соответственно.

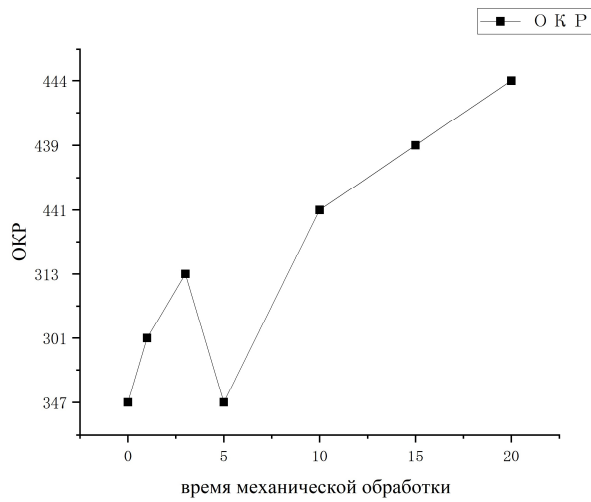


Рисунок 10 – Зависимость ОКР спеченного карбида циркония от длительности механической обработки исходного порошка.

На рисунке 11 показано, что увеличение длительности механической обработки порошка диборида циркония приводит к уширению дифракционных линий в спеченной керамике ZrB_2 вплоть до 20 минут обработки.

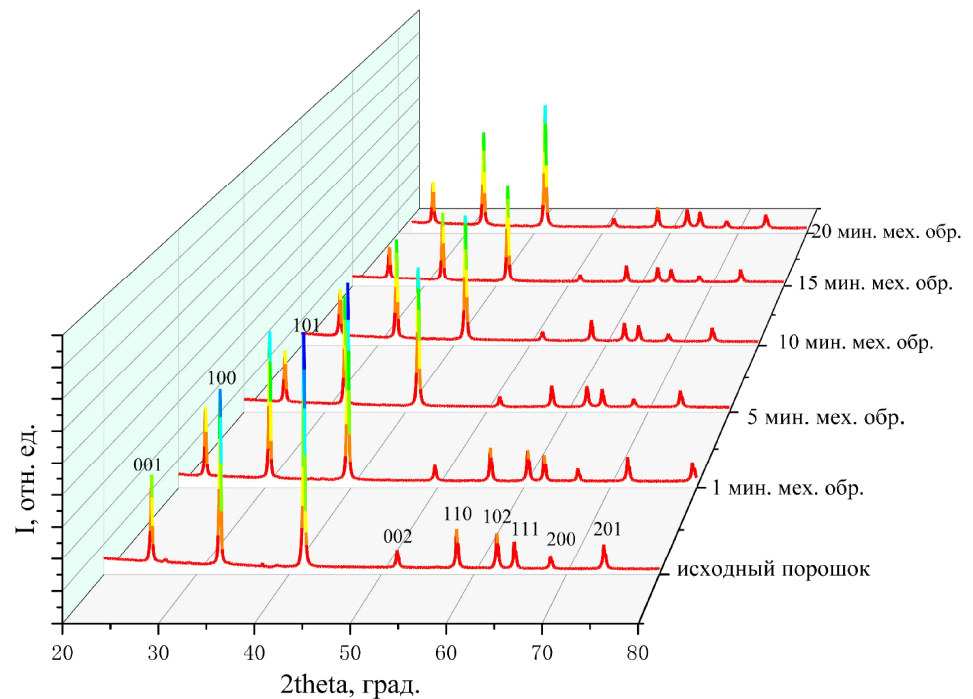


Рисунок 11 – Дифрактограммы спеченного ZrB_2 при разной длительности механической обработки исходного порошка.

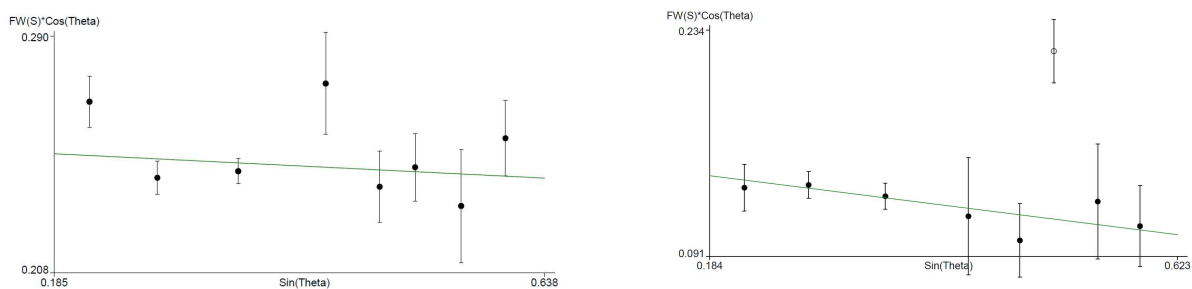
В таблице 5 приведены рассчитанные значения параметров кристаллической решетки спеченного порошка диборида циркония при разной длительности механической обработки.

Таблица 5 – Параметра решётки обработанных порошков ZrB_2

Время обработки (мин)	a, Å	c, Å
0	3.1768	3.5372
1	3.2884	3.5704
5	3.1738	3.5427
10	3.1772	3.5428
15	3.1765	3.5374
20	3.1796	3.5438

Определение Константы решетки диборида циркония

На следующей диаграмме (рисунок 12) показан анализ решетки диборид циркония



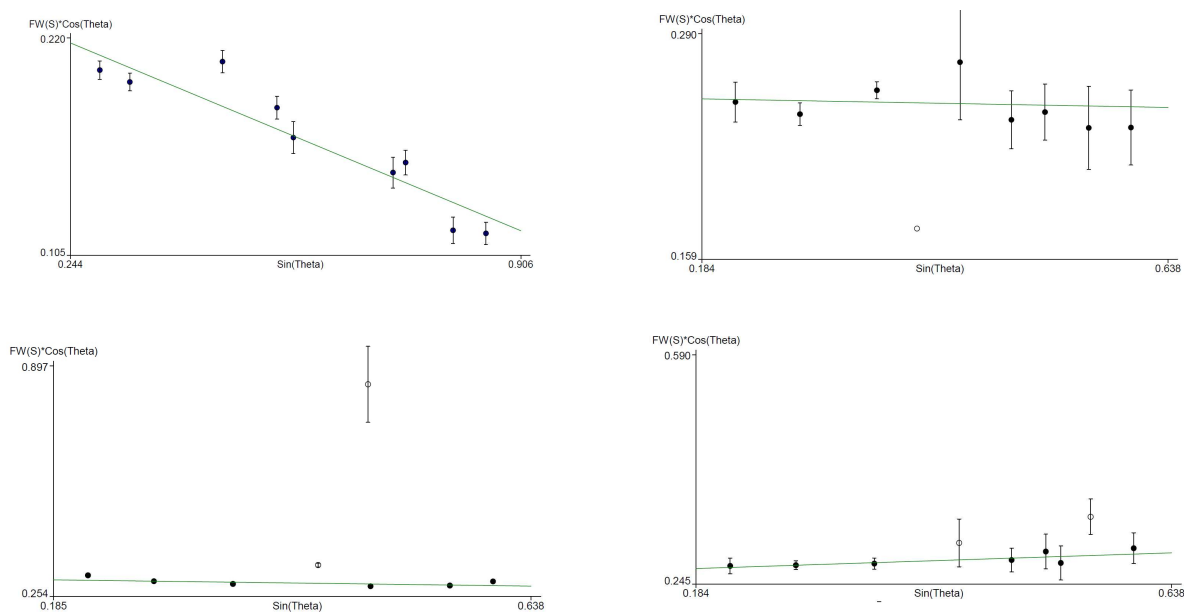


Рисунок 12 – ZrB_2 обработка 1 мин– 20 мин.

В таблице 6 представлены рассчитанные значения областей когерентного рассеяния и микроискажения кристаллической решетки спеченных образцов диборид циркония при разной длительности механической обработки исходного порошка.

Таблица 6 – ZrB_2 Область когерентного рассеяния и микродисторсия

Длительность механической обработки, мин	ОКР, нм	Е, %
0	314 ± 13	-0.008 ± 0.0125
1	504 ± 64	-0.037 ± 0.0259
5	268 ± 10	-0.01 ± 0.0135
10	313 ± 17	-0.005 ± 0.0172
15	259 ± 3	-0.017 ± 0.0038
20	307 ± 18	$0,023 \pm 0.0198$

На рисунке 13 представлена зависимость областей когерентного рассеяния кристаллической решетки спеченного диборида циркония от длительности механической обработки исходного порошка.

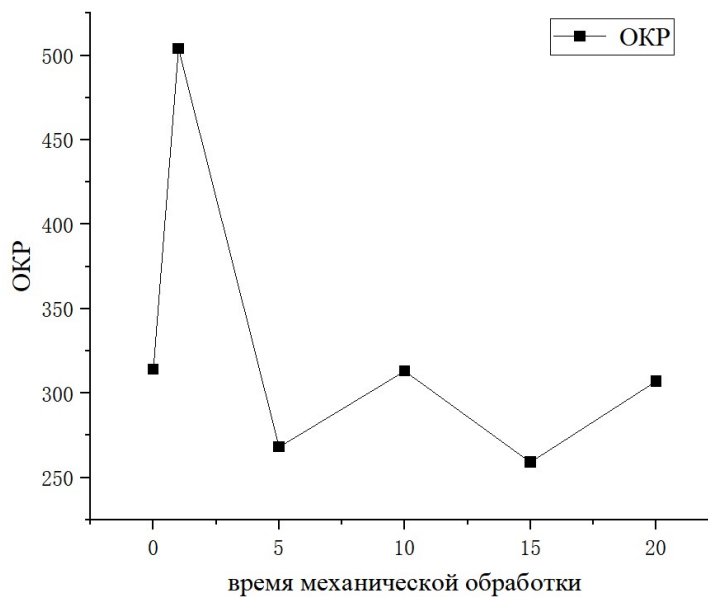


Рисунок 13 – Зависимость ОКР спеченного диборид циркония от длительности механической обработки исходного порошка.

3.3 Механические характеристики керамических материалов ZrC, ZrB₂ и композитов на их основе

В таблице 7 представлены данные плотности определенной геометрическим методом для всех горячепрессованных композитов, исследуемых в работе.

Таблица 7 – Плотность керамических композитов

состав	ρ г/см
ZrB ₂	5.9
ZrC	6.29
ZrC 1% C	6.42
ZrC 3% C	6.37
ZrC 5% C	6.23
ZrC 10% C	5.97

В таблице 8 приведены значения модуля упругости при различном содержании углерода в карбиде циркония. Модуль упругости увеличивается, а затем уменьшается по мере увеличения содержания углерода, при этом оптимальное содержание углерода составляет пять процентов.

Таблица 8 – Модули упругости исследуемых керамических композитов

состав	E, ГПа
ZrB ₂	480.6
ZrC	518.5
ZrC – 1 % C	522.45
ZrC – 3 % C	519.833
ZrC - 5 % C	527.267
ZrC – 10 % C	481.925

На графике ниже (рисунок 14) показана Взаимосвязь между модулем Юнга и содержанием углерода в карбиде циркония.

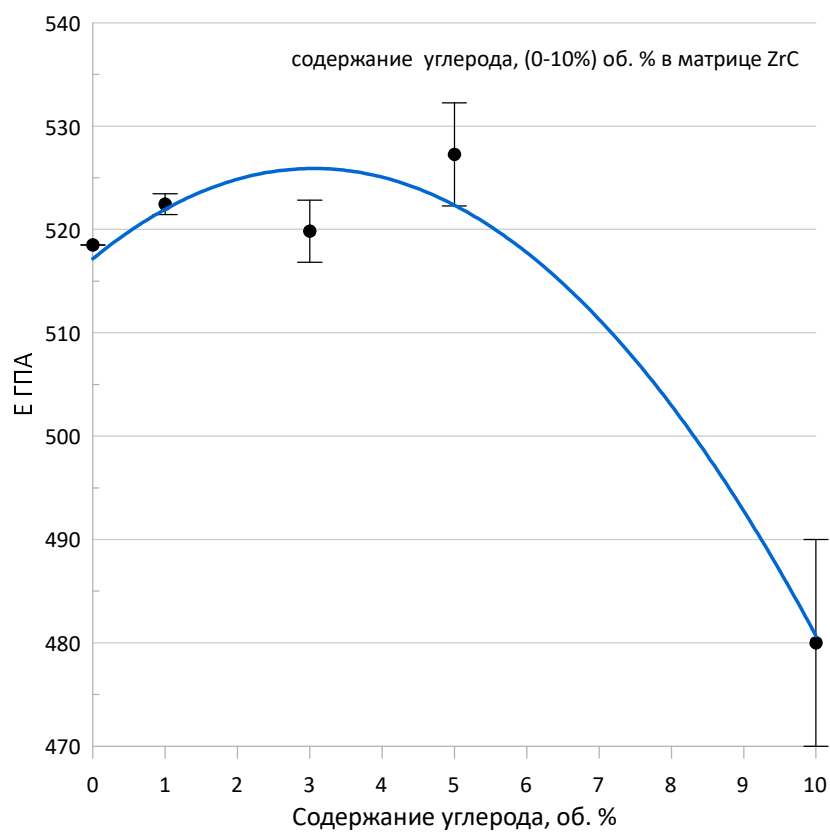


Рисунок 14 – модуля упругости ZrC при содержании углерода (1-10%) об. %.

Определение твердости ZrC по Виккерсу (H_V)

Расчёт значений твердости по Виккерсу произведен по формуле 11 настоящей работы. На рисунке 12 представлено РЭМ изображение отпечатков пирамиды Виккерса на поверхности образца карбида циркония.

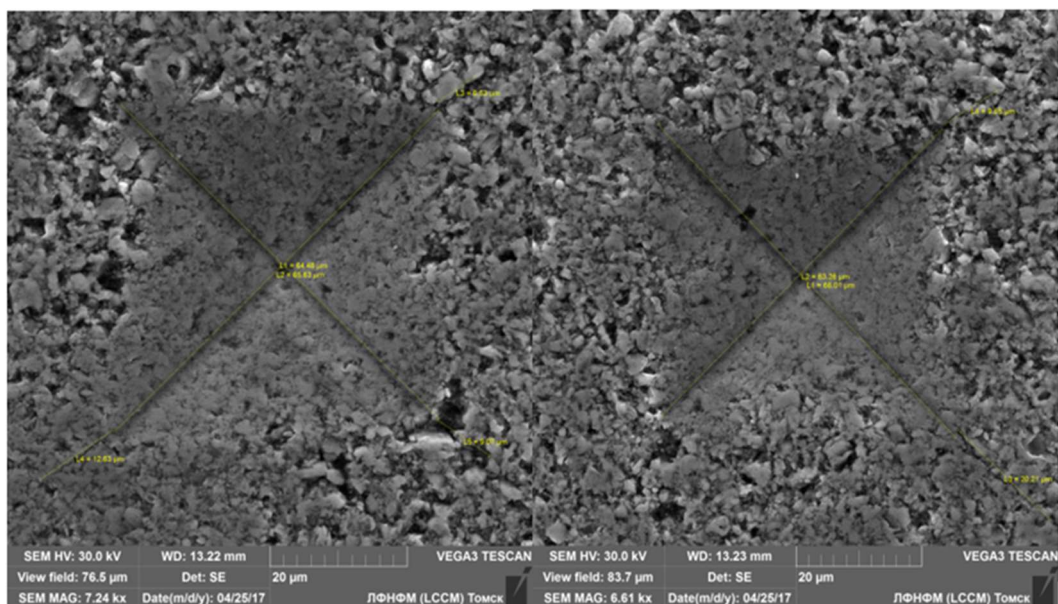


Рисунок 15 – Отпечатки пирамиды Виккерса на поверхности ZrC.

В таблице 9 приведены значения твердости, определенной методом индентирования пирамиды Виккерса в образцы керамики на основе карбида циркония.

Таблица 9 – Твердость ZrC

Номер образца	Hv, ГПа
1	20.96
2	20.05
3	23.73
4	21.28
5	19.76
6	16.26
7	15.84
8	15.43
9	16.05
10	14.85
18.42	

На рисунке 16 представлено РЭМ изображение исходящих трещин из вершины отпечатка пирамиды Виккерса.

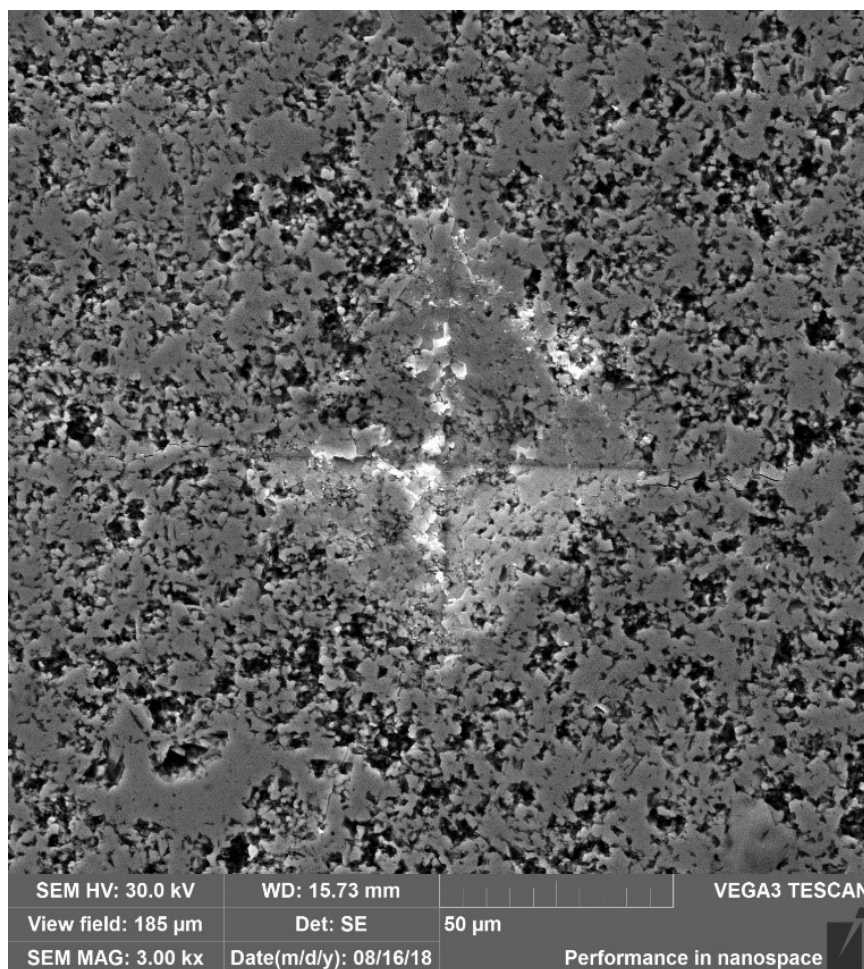


Рисунок 16 – Снимок отпечатка пирамиды Виккерса с распространяющимися трещинами из вершин углов в образце ZrC.

Таблица 10 Показано Вязкость разрушения ZrC Он имеет максимальное значение 4,23, минимальное значение 2,75 и среднее значение 3,32.

Таблица 10 – Вязкость разрушения ZrC

Номер образца	K_{IC} , Мпа* м ^{1/2}
1	2.75
2	4.23
3	2.99
среднее значение	3.32

Определение предела прочности керамики ZrC при сжатии и изгибе

Предел прочности при сжатии $\sigma_{в. сж.}$ МПа для карбида циркония рассчитан по формуле 9. В таблице 8 представлен предел прочности керамики ZrC при сжатии для серии из семи образцов. Максимальная прочность составила 1413 МПа, минимальная - 606,7 МПа, средняя - 1148,1 МПа.

Таблица 11 предела прочности керамики ZrC при сжатии

Номер образца	$\sigma_{в. сж.}$ МПа
1	606.76
2	1791.99
3	729.27
4	1031.14
5	1413.53
6	1261.78
7	1202.26
среднее значение	1148.1

На рисунке 17 представлена зависимость между силой и деформацией для испытанных образцов керамики карбида циркония на сжатие.

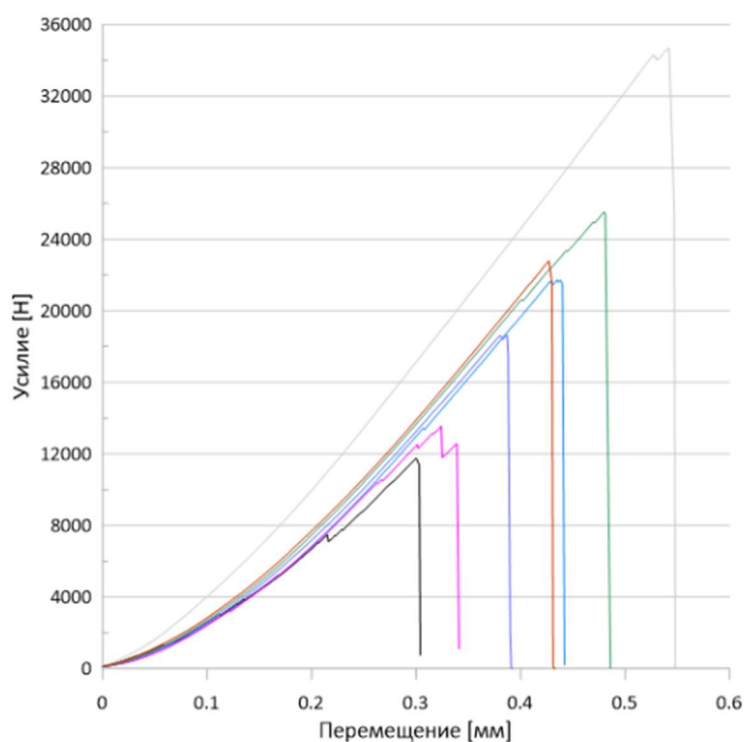


Рисунок 17 – Диаграммы нагружения керамики ZrC при сжатии.

Прочность спеченного карбида циркония при изгибе рассчитывалась по формуле 10. Максимальная прочность образцов составила 279,6, а минимальная - 139,7, при среднем значении 228,46.

Таблица 12 – предела прочности керамики ZrC при изгибе

Номер образца	σ fm
1	139.7
2	279.6
3	266.1
среднее значение	228.4667

На следующем графике (рисунок 18) показана зависимость между силой и деформацией трех различных образцов карбида циркония

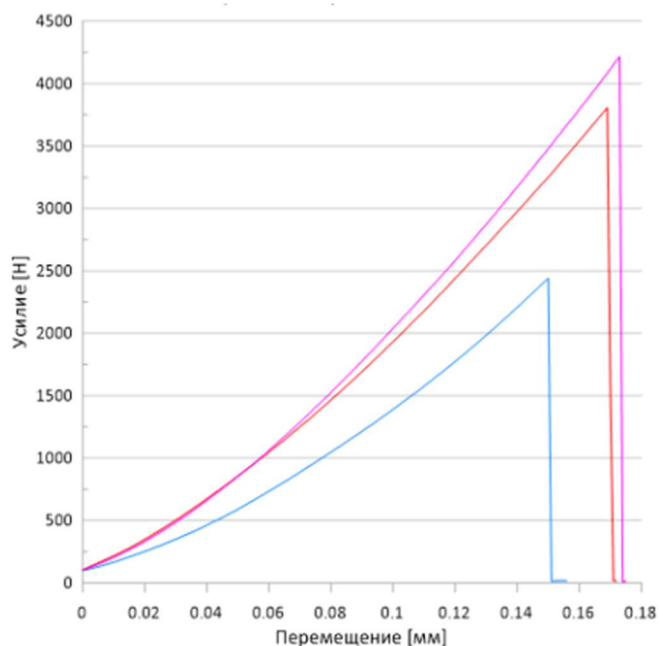


Рисунок 18 – Диаграмма нагружения керамики ZrC при изгибе.

Определение предела прочности керамики ZrB₂ при разрыве

Керамика является хрупким материалом и для нее, очевидно, справедлив критерий наибольшего растягивающего напряжения (I теория прочности), следовательно, можно рассчитать напряженное состояние образца при разрушающей нагрузке и определить максимальное первое главное напряжение, которое можно с высокой вероятностью считать пределом прочности на растяжение представленной керамики. Этот метод является приближенным, так как в опасной точке действует сложное напряженное состояние, но это вполне допустимо, учитывая наличие стандарта на испытания хрупких материалов на растяжение-раскол. Отмеченный стандарт предполагает сжатие дисков постоянной толщины t и диаметром d . Наибольшие растягивающие напряжения имеют место в центре диска, при этом сжимающие напряжения в этом же месте в три раза превосходят растягивающие. Предел прочности при разрыве образцов диборида циркония был рассчитан по формуле 12.

На рисунке 19 представлена зависимость между усилием и перемещением образцов диборида циркония, по которой были определены пределы прочности керамики на разрыв.

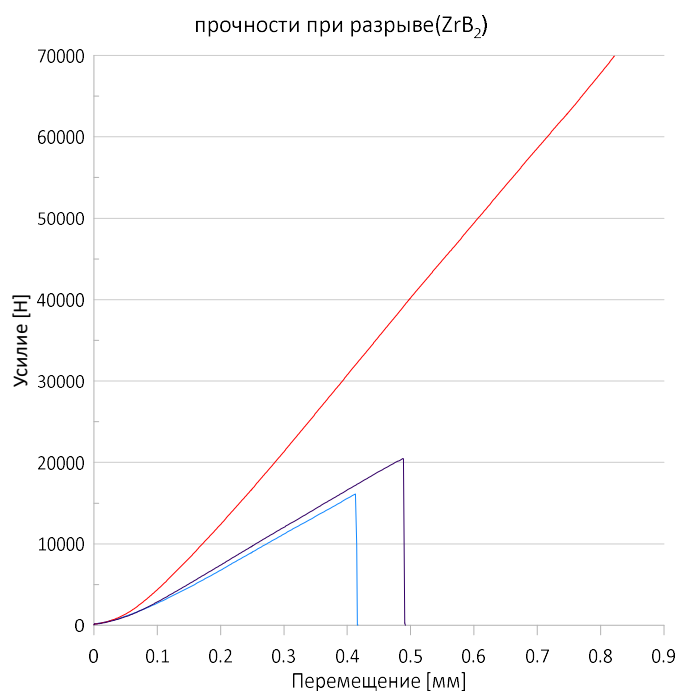


Рисунок 19. Определение предела прочности изделий.

В таблице 10 представлены рассчитанные значения предела прочности при разрыве образцов, где минимальное значение прочности 63.3 и максимальное 235.28 МПа соответственно. Максимальное значение слишком велико и может быть обусловлено экспериментальной ошибкой.

Таблица 13 Значения предела прочности керамики ZrB₂

Номер образца	$\sigma_{вр}$ (МПа)
1.	63.3
2.	235.28
3.	80,44

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б91	Лу Вэйлун

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки персонала определены штатным расписанием НИ ТПУ и ИФПМ СО РАН.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б91	Лу Вэйлун		28.02.2022

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок. Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью данной ВКР является Исследование структуры и свойств порошков карбидов и боридов металлов IV-VI группы и композитов на их основе.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Проводить сравнительный анализ при разработке чего-либо является важной частью в борьбе за конкуренцию. При выдвижении какого-либо продукта нужно знать его сильные и слабые стороны, чтобы понимать конкурирующие возможности и точнее нацеливаться на подходящую аудиторию.

В качестве конкурирующих материалов рассматриваются: сталь Ст.3 – Бк1, конструкционный полимерный композит (армирующий наполнитель в полимерных композитах - углеродные или стеклянные волокна, а матрица - полимерный материал, как правило синтетическая смола), применяемый в авиации – Бк2. Критерии, подобранные, исходя из требуемых механических свойств, для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице 3.1. Основными критериями оценки материалов будут являться: показатели прочности, затраты на производство, доступность сырья, а также простота и скорость изготовления.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип покрытия имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1 показано сравнение разработок - конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Прочность по Моосу	0,2	4	3	1	0,8	0,6	0,2
2. Трещиностойкость	0,18	5	1	3	0,9	0,18	0,54
3. Доступность сырья	0,066	5	4	1	0,33	0,264	0,066
4. Тяжесть и время изготовления	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1
5. Плотность	0,11	2	1	5	0,22	0,11	0,55
6. Экологичность	0,09	4	2	1	0,36	0,18	0,09
7. Безопасность	0,004	3	3	3	0,012	0,012	0,012
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	2	3	0,28	0,14	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	2	4	3	0,06	0,12	0,09
3. Цена разработки	0,1	3	4	1	0,3	0,4	0,1
4. Предполагаемый срок	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3

эксплуатации							
Итого	1	38	31	24	3,712	2,506	2,258

Расчет конкурентоспособности, на примере экологичности, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность рассматриваемых продуктов составляет:

$$K = 0,8 + 0,9 + 0,33 + 0,33 + 0,15 + 0,22 + 0,36 + 0,012 + 0,28 + 0,06 + 0,3 + 0,3 = 3,712;$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является актуальным и перспективным, имеет достаточный уровень конкурентоспособности.

4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап – составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл1. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С2. Квалифицированный персонал.	Сл2. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Внедрение керамики в разные области промышленности.	У1. Отсутствие ожидаемых результатов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта			
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	-	+	+
	B2	+	+	+	-
	B3	+	-	-	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта			
		Сл 1	Сл 2	Сл 3	Сл 4
Возможности проекта	B1	-	+	-	-
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	+	+
	B4	-	-	-	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта			
		Сл 1	Сл 2	Сл 3	Сл 4
Угрозы проекта	У1	-	-	+	-
	У2	+	+	-	+

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
--	--	---

	<p>С1. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.</p> <p>С2. Квалифицированный персонал.</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Экологичность технологии.</p>	<p>Сл1. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.</p> <p>Сл2. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.</p> <p>Сл3. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Внедрение керамики в разные области промышленности.</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1С2С4 Керамика включает в себя удачные механические свойства появление ее в новых отраслях промышленности будет увеличиваться.</p> <p>В2С1С2С3С4 Благодаря качественной работе, высокая вероятность появления спроса на новые разработки. В3С1 Уникальные физико-механические</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл2 Получить точные сведения о характеристиках материала возможно лишь на высокоточном оборудовании. В3Сл3Сл4 Внедрение в аэрокосмической области возможно для материала, прошедшего многократно подтвержденные испытания. В4Сл4</p>

<p>В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>характеристики данного типа керамики позволяют рассматривать ее в качестве материала, потенциально пригодного к использованию в аэрокосмической сфере. В4С1С2С4 Высокие характеристики материала позволяют ему быть конкурентоспособным даже на международном рынке</p>	<p>Внедрение на мировой рынок подразумевает низкий процент брака.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие ожидаемых результатов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1 Исходя из уже проведенных исследований, можно обосновано предполагать искомые свойства материала. У2С3 Данное исследование основывается на наиболее свежей литературе по данной теме.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1Сл3 Некоторые погрешности проведения испытаний могут быть приняты за искомые результаты. У2Сл1Сл2Сл4 Многие из мероприятий по подготовке и проведению корректных исследований занимают длительное время, за которое могут быть также исследованы и описаны новые конкурирующие</p>
---	---	---

		материалы.
--	--	------------

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель

Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка

графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

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

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом

учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} * K_{кал}$$

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

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

$K_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 1} = 1,478$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

	Трудоёмкость работ		
--	---------------------------	--	--

Название работы	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

	T_{ki}	Продолжительность работ			
		февр	март	апр	май

№	Вид работ	Исп	кал. дн.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	▨											
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	▨											
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■										
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■									
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			▨									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■								
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					■	■						
8	Обработка полученных данных	Исп2	18							■	■				
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5								▨	■			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13										■	■	

Примечание:

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

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образцов композитов ZrC/

ZrB₂. Результаты расчета затрат представлены в таблице 3.11.

Таблица 4.11 – Затраты на получение образцов композитов ZrC/ZrB₂

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Порошок ZrC	кг	0,2	90000	18000
Порошок ZrB ₂	кг	0,05	35000	1750
Графит	кг	1	15000	15000
Графитовая фольга	пг.м	1	6000	6000
Перчатки резиновые, технические	пар	1	12	12
Итого:				40762

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} * m$$

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

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования,	Время использования, мес.	$H_d, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Планетарная шаровая мельница активатор 2SL	1	15	0,16	6,7	100000	90	
2	РФА- установка ДРОН-3М	1	20	0,1	5	18000000	7500	
3	Растровый электронный микроскоп (РЭМ) TESCAN Vega 3	1	20	0,16	5	15000000	10000	
4	Твердомер «Duramin 500»	1	10	0,1	10	4000000	3500	
5	Весы ВЛЭ-250	1	12	0,03	8,3	19000	40	
6	Испытательная машина «Instron 1182»	1	12	0,2	8,3	7000000	9750	
7	Смеситель С 2.0	1	12	0,16	20	364000	405	
8	Установка горячего прессования	1	20	1	5	15000000	12500	
Итого: 43785								руб.

4.3.3 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.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_P$$

где $Z_{дн}$ – средневзвешенная заработная плата, руб.; T_P – продолжительность работ,

выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Средневзвешенная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 * 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – 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 – $M=10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 * 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{МС}} * (1 + K_{\text{ПР}} + K_{\text{Д}}) K_{\text{Р}} = 26300 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{МС}} * (1 + K_{\text{ПР}} + K_{\text{Д}}) K_{\text{Р}} = 17000 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{МС}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $K_{\text{ПР}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $K_{\text{Д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $K_{\text{Р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	10,2	21902,46
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	69	120273,9
Итого:								142176,36

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 21902,46 = 3285,37 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 120273,9 = 18041,09 \text{ руб.}$$

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

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (21902,46 + 3285,369) = 7556,349 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (120273,9 + 18041,09) = 41494,5 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5

статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
43785	40762	142176,36	21326,45	49050,84	297100,65

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1/5) * k_{\text{пр}}$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

$$Z_{\text{накл}} = 297100,7 * 0,2 = 59420,13$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование структуры и свойств порошков карбидов и боридов металлов IV-VI группы» по форме, приведенной в таблице 3.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	40762	4626,3	55945	Пункт 3.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	43785	52959,8	47453	Пункт 3.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	142176,36	142176,36	142176,36	Пункт 3.2.3.3

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21326,45	21326,45	21326,45	Пункт 3.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	49050,84	49050,84	49050,84	Пункт 3.2.3.4
6	Накладные расходы	59420,13	54027,95	63190,33	Пункт 3.2.3.5
Бюджет затрат НИР		356520,78	324167,7	379141,98	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Исследование физико-механических свойств и структуры функциональной керамики на основе оксида и нитрида алюминия;
- 2) Исследование изменений механических характеристик полимерных композитов от количества вводимого модификатор УНТ-3.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{\text{р}i}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 356520,78$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 324167,7$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 379141,98$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек пр}} = \frac{\Phi_{\text{тек пр}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{356520,8}{379142} = 0,94;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{324167,7}{379142} = 0,86;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{379142}{379142} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{ri}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1}=0,15\cdot4+0,2\cdot4+0,2\cdot5+0,3\cdot5+0,15\cdot5=4,65;$$

$$I_{p2}=0,15\cdot4+0,2\cdot4+0,2\cdot3+0,3\cdot4+0,15\cdot4=3,80;$$

$$I_{p3}=0,15\cdot4+0,2\cdot5+0,2\cdot4+0,3\cdot3+0,15\cdot5=4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

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

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие

выводы:

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

2. 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 102 дня; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 69 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 10,2 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 356520,78 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,94, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, по сравнению с 4,18 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4Б81		Лу Вэйлун	
Школа	Инженерная школа новых Производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Тема ВКР:

Структура и свойства карбидов и боридов металлов IV-V группы	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> карбидов и боридов <i>Область применения:</i> Ответственные узлы трибосопряжений, сопряженные с высокими температурными градиентами, скоростями и нагрузкой. <i>Рабочая зона:</i> лаборатория, Институте физики прочности и материаловедения СО РАН, корпус №3. <i>Размеры помещения:</i> 70 кв.м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> кол-во – 6, установка горячего прессования, пресс гидравлический, шкаф сушильный, заточной станок, станок сверлильный, печь вакуумная <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сушка порошковых систем, прессование, спекание, полировка поверхностей спеченных композитов</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.1.005-88; Общие гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне. – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 22614-77. Система "человек-машина". Включение и выключение клавиш и кнопок. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p><i>Вредные производственные факторы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Запылённость. 3. Повышенный уровень шума. 4. Повышенный уровень электромагнитных Излучений. 5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; <p><i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> Защита органов дыхания, респираторы по классификации не ниже FFP2</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы отходами исследования Воздействие на гидросферу: загрязнение сточных вод отходами исследования Воздействие на атмосферу: загрязнение воздуха парниковыми газами от компьютерной техники и испытательных машин</p>

	Воздействие на селитебную зону: нет
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения</u>	Возможные ЧС: Техногенные аварии (пожар на территории лаборатории, Взрыв пыли в лаборатории, Утечки токсичных реагентов в лаборатории) Наиболее типичная ЧС: пожар на территории лаборатории
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б91	Лу вэйлун		

5 Социальная ответственность

Тема данной работы - Структура и свойства карбидов и боридов металлов IV-V группы.

Объектами исследования являются исходные порошки ZrC и ZrB_2 .

Область применения исследуемых материалов – ответственные узлы трибосопряжений, сопряженные с высокими температурными градиентами, скоростями и нагрузкой, например, передние кромки крыльев и компоненты двигательной установки гиперзвуковых аэрокосмических аппаратов.

Данная научно-исследовательская работа выполнена в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН, корпус №3. Рабочей зоной являлась лаборатория площадью 70 кв.м. со следующим оборудованием: установка горячего прессования, шаровой мельницы пресс гидравлический, шкаф сушильный, заточной станок, станок сверлильный, печь вакуумная. Поскольку работа осуществлялась в разных частях рабочей зоны, постоянным рабочим местом является вся рабочая зона (ГОСТ 12.1.005-88).

Общая процедура заключается в измельчении образцов с помощью шаровой мельницы, анализе их состава и последующем формировании новых порошков с помощью различных соотношений, их уплотнении с помощью гидравлического пресса и последующем спекании в вакуумной печи для формирования новых образцов, а затем измерении их механических и физических свойств и т.д.

Работа исследователя, с точки зрения физической нагрузки, относится к категории лёгких. Однако она связана с умственным напряжением, а также другими вредными факторами, рассмотренными в данном разделе, также, разработаны требования безопасности, а также комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны исследователя

Работа проходила на территории Института физики прочности и материаловедения СО РАН. Режим рабочего времени представлял из себя гибкий рабочий график на основе устных договоренностей с руководителем назначалось время притупления к работе, объем и желательные сроки ее выполнения. Организуют, защищают и осуществляют обработку персональных данных работников и студентов ИФПМ СО РАН, это для обеспечения безопасности персональных данных содержащихся в информационных системах ИФПМ СО РАН;

- обеспечение защиты прав и свобод субъектов персональных данных при обработке их персональных данных И Ф ПМ СО РАН.

В соответствии с ТК РФ, работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, предоставляются:

- 1) сокращенная продолжительность рабочего времени (статья 92 ТК РФ);
- 2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (статья 117 ТК РФ);
- 3) повышенная оплата труда (статья 147 ТК РФ).

Кроме того, за работу во вредных условиях труда бесплатно предоставляются молоко и лечебно-профилактическое питание.

особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания: сохранение основных средств к существованию работников после потери ими трудоспособности или временного прекращения их средств к существованию, тем самым поддерживая социальную стабильность,

Обязательное пенсионное страхование – это часть системы

государственного социального обеспечения и защиты населения.

Обязательное социальное страхование - часть государственной системы социальной защиты населения, спецификой которой является осуществляемое в соответствии с федеральным законом страхование работающих граждан от возможного изменения материального и (или) социального положения пенсий. (Федеральный закон №165-ФЗ от 16 июля 1999 г.)

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя

Основная часть исследовательской работы проходила в положениях стоя и сидя. Эргономические требования при работе сидя за учебной литературой, ПК или в процессе расчетов приводятся по ГОСТ 12.032-78. Рабочее место при работе сидя организуется при работе, классифицируемой, как физически легкая. Конструкция рабочего места и расположение всех его элементов должно быть удобным для работающего. Должна соблюдаться зона досягаемости в пределах трудовых операций (Рисунок 4.1 и 4.2).

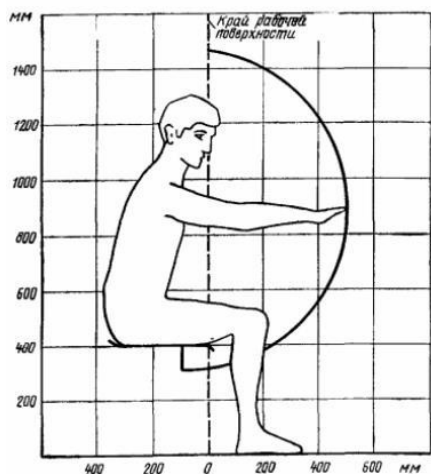


Рисунок 5.1 – Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

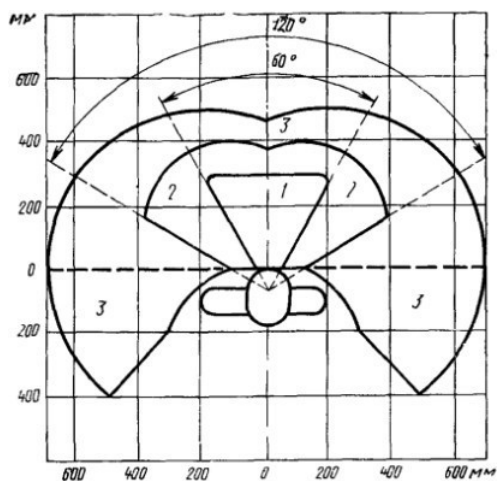


Рисунок 5.2 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления.

При организации рабочего места учитывались антропометрические показатели женщин и мужчин - общие средние показатели. При моем росте 165 см высота рабочего сидения 425 мм, пространство для ног должно быть 600 мм. Высота рабочего стола при печатании на компьютере 650 мм.

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук. На рабочей поверхности в горизонтальной плоскости органы управления необходимо размещать с учетом следующих требований (Рисунок 4.2): очень часто используемые и наиболее важные органы управления должны быть расположены в зоне 1; часто используемые и менее важные органы управления не допускается располагать за пределами зоны 2; редко используемые органы управления не допускается располагать за пределами зоны 3.

В сидячем положении, в основном, протекает расчетная работа за ПК. Это требует точного и быстрого считывания информации, следовательно, расположение монитора должно быть в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

Работа стоя производилась при замере данных, настройке оборудования и другой физической работе средней тяжести. Эргономические требования рабочего места при выполнении работ стоя приводятся из ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15° . С ростом 165 см высота расположения средств отображения информации должна быть на высоте от 1000 мм до 1800 мм. Органы управления на рабочей поверхности в горизонтальной и вертикальной плоскостях необходимо размещать с учетом следующих требований (Рисунок 4.3 и 4.4): очень часто используемые и наиболее важные органы управления должны быть расположены в зоне 1; часто используемые и менее важные органы управления не допускается располагать за пределами зоны 2; редко используемые органы управления не допускается располагать за пределами зоны 3.

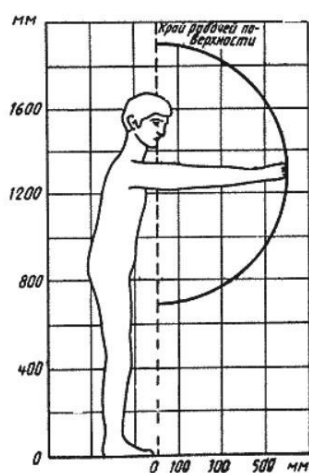


Рисунок 5.3 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления в вертикальной плоскости

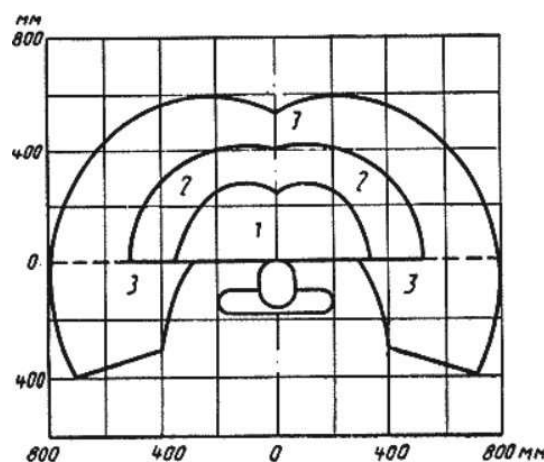


Рисунок 5.4 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления в горизонтальной плоскости

Работа с выключателями и переключателями велась при лабораторных исследованиях на различных станках при проведении испытания на определение механических свойств. Эргономические требования рабочего места при работе с выключателями и переключателями клавишных и кнопочных типов приводилась из ГОСТ 22614-77 система «человек-машина». Для надежного фиксирования пальца рабочая поверхность кнопок и клавишей должна иметь небольшую вогнутость. У кнопок прямоугольной формы и кнопок малого диаметра (3-5 мм) рабочую поверхность допускается выполнять плоской, без вогнутости. При необходимости на рабочей поверхности допускается выполнять сферу или небольшой бортик, выступающий над рабочей поверхностью кнопок и клавиш. Кнопочные и клавишные выключатели и переключатели должны иметь индикацию положений "включено" или "выключено".

5.2 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при механических испытаниях керамического материала. Для идентификации потенциальных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблице 4.1 .

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте исследователя

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1.Отклонение показателей микроклимата	Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". Статья 29. Требования к микроклимату помещения
2. Запылённость.	ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.
3. Повышенный уровень шума.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений.	Инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере (ИОТ-1) от 9 июля 2019 года N 32-19-П.
5.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция
6.Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

Отклонения показателей микроклимата. Основными критериями, которые характеризуют микроклимат производственной среды, являются: температура, влажность воздуха и подвижность работника.

Высокая температура воздуха повышает утомляемость, может привести к перегреву организма. Низкая температура может стать причиной простудного заболевания, вызвать охлаждение организма. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма. При низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что приводит к переохлаждению. Низкая влажность может вызвать неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего. При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ и количество избыточного тепла в помещении. Оптимальные и допустимые

метеорологические условия температуры и влажности приведены в таблице 5.2.(Данные из ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда ОБЩИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ)

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

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые температуры и относительной влажности в рабочей зоне.

Период года	Категория работ	Температура, °С						Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*	
			верхняя граница		нижняя граница						
			на рабочих местах								
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных								
Холодный	Легкая - Ia	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0.1	Не более 0,1	
	Легкая - Ib	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0.1	Не более 0,2	
Теплый	Легкая - Ia	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0.1	0,1-0,2	
	Легкая - Ib	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27°С)	0.2	0,1-0,3	

Запыленность воздуха рабочей зоны оказывает прямое влияние на безопасность труда. Разные виды пыли и газов по-разному воздействуют на людей. Все зависит от их токсичности и концентрации, а также от количества времени, на протяжении которого человек находился в такой среде.

Самые мелкие частицы дольше держатся в воздухе и легче оседают в организме человека. Скорость и вредность оседания в организме человека

зависит от формы частиц. Например, металлическая пыль имеет острую форму и медленно оседает в дыхательных путях. Это может привести к травмам слизистой оболочки.

Для проведения мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда и выбора их оптимального варианта на каждом рабочем месте, где образуется пыль, следует периодически контролировать ее концентрацию (Источники данных из ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»).

Таблица 5.3 – Предельно допустимые концентрации (ПДК)

Вид пыли	Величина ПДК, Мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
1. Пыль, образуемая при работе с:				
асбестом, <u>алюминием</u> ;	2	a	III	Ф
известняком, глиной, карбидом кремния (карборунда), цементом, чугуном	6	a	IV	A
Керамика	2	a	III	Ф

Способы очистки воздуха Механические (пыли, туманов, масел, газообразных примесей) Пылеуловители; Фильтры Физико-химические (очистка от газообразных примесей) Сорбция адсорбция (актив. уголь); абсорбция (жидкость) Каталитические (обезвреживание газообразных примесей в присутствии катализатора).

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. таблицу 5.4 для условий, допустимых для шума(Источники данных из СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1)

Таблица 5.4 – Нормы шума в рабочей зоне и лаборатории

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука (эквивалентный уровень звука), дБА	Максимальный уровень звука, дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000

1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
3 Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	-	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90

Повышенный уровень электромагнитных излучений. Увеличение количества и рост мощности различных искусственных источников приводят к созданию дополнительного искусственного электромагнитного поля, которое неблагоприятно влияет на здоровье человека.

Электромагнитное излучение возникает вследствие излучения энергии от любых источников электрических токов, в том числе от ПК. Электромагнитные волны приводят к неблагоприятным изменениям в организме. таблицу 4.3 это Предельно допустимые значения энергетической экспозиции(Источники данных из СанПиН 1.2.3685-21"Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания)

Таблица 5.5 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	0,03-3,0	3,0-30,0	30,0-50,0	50,0-300,0	300,0-300000
E, В/м	500	300	80	80	-
H, А/м	50	-	3,0	-	-
ППЭ, мкВт/см	-	-	-	-	1000
ППЭ (для условий локального облучения кистей рук), мкВт/см	-	-	-	-	5000

Чтобы избежать губительного влияния ЭМИ, достаточно продуманно относиться к тому, какими электроприборами окружать себя и как их располагать:

- не группировать электроприборы в одном месте, распределить их так, чтобы они не усиливали ЭМП друг друга;
- по возможности включать электроприборы по очереди;
- выключать технику сразу после использования.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения. – Источником этого фактора является искусственное освещение. Недостаток света увеличивает зрительное напряжение и увеличивает зрительную усталость. Также это приводит к развитию глазных болезней. Этот фактор классифицируется как физическая опасность, В таблице ниже приведены помещения и требования к освещению(ГОСТ Р 55710-2013 ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ВНУТРИ ЗДАНИЙ Нормы и методы измерений).

Таблица 5.6 – Требования к освещению рабочих мест в помещениях общественных зданий, а также сопутствующих им производственных помещениях

Наименование помещения	$E_{ЭКС}$, лк	U_0 , не менее	UGR, не более	R_a , не менее	$K_{п}$, %, не более
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	200	0,40	25	60	20

Хорошее освещение в комнате очень важно для сохранения наилучшего уровня работоспособности инженера, как можно дольше. Лаборатория должна быть хорошо освещена, а закрытое помещение может быть освещено боковым искусственным или частичным освещением с одной стороны .

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;. –Мероприятия по снижению воздействия основаны на ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.» Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм.

Электробезопасность обеспечивается:

- конструкцией электроустановок и архитектурно-планировочными решениями;
- организацией технологических процессов;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями при производстве работ;
- электрозащитными средствами, средствами защиты от электрических и магнитных полей и другими средствами индивидуальной защиты, применяемыми при эксплуатации электроустановок;
- организацией технического обслуживания электроустановок.

Электроустановки и их части должны соответствовать требованиям электробезопасности таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока, электрической дуги и электрических и магнитных полей .

5.3 Экологическая безопасность

Объектом исследования является порошок карбидов и боридов металлов IV-VI группы и композитов на их основе. Исходные материалы синтезируются в лаборатории, как и композит. Одним из вредных факторов, которые могут нанести окружающей среде в процессе производства композитных материалов, является загрязнение окружающей среды пылью.

Защита атмосферы. Ограниченный размер атмосферы делает ее чувствительной к локальному, региональному и глобальному загрязнению. Кроме того, компьютерная техника, используемая как для обслуживания некоторых испытательных машин, так и для вычислений, связанных с работой выделяет большое количество парниковых газов. Помимо глобального потепления, увеличение различных парниковых газов влечёт другие последствия, включая подкисление океана, загрязнение смогом, истощение озонового слоя, а также изменение уровня роста растений и уровня их питания. Следует включать компьютерную технику на время выполнения поставленной задачи и выключать сразу, недопустим простой техники в запущенном состоянии.

Защита гидросферы. Основная причина загрязнения сточных вод, вследствие данной работы, связана с очисткой экспериментального оборудования. Большинство лабораторных экспериментов проводится с

разрушением спеченных образцов, что приводит к образованию пыли. Запрещается выбрасывать отходы экспериментов в канализацию общего пользования, их следует утилизировать установленными способами.

Защита литосферы. Попадая в литосферу, порошкообразные материалы могут изменять микробную и ферментативную активность почвы и активно взаимодействовать с организмами, живущими в этой среде. Твердые отходы и порошковая система собираются в специальный сборник и вывозятся на переработку.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На рабочем месте вероятно возникновение множества чрезвычайных ситуаций различного характера, например:

- пожар в здании,
- другие ЧС

Одна из наиболее возможных аварийных ситуаций в рабочей лаборатории - пожар. Основными причинами возникновения такой аварийной ситуации могут быть: электрические короткие замыкания, неправильное обращение с нагревающимся оборудованием (например, печи) и неправильное хранение легковоспламеняющихся и взрывоопасных материалов. Согласно Стандарту безопасности труда, ГОСТ 12.1.004-91, в лабораториях приняты профилактические меры, чтобы иметь возможность как можно быстрее реагировать на возможные чрезвычайные ситуации.

Типы пожаров, которые могут возникнуть:

- 1) пожары твердых горючих веществ и материалов (А)
- 2) пожары металлов (D);
- 3) пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (E);

Способы прекращения процесса горения.

Для прекращения горения необходимо либо снизить тепловыделение в зоне горения фронта пламени, либо увеличить из фронта пламени теплоотвод. Цель – понизить температуру горения до критической температуры гашения. Для тушения пожара используйте различные типы огнетушащих средств для различных типов пожаров.

Средства пожаротушения. В лаборатории установлены два порошковых порошковых огнетушителя ОП-5, в здании есть охранная и пожарная сигнализация, ящик с сухим песком и лопата. По ГОСТ 12.1.004-91 область должна быть выделена красным цветом. В каждой мастерской есть план эвакуации из здания. Если пожар невозможно остановить или предотвратить, пожалуйста, покиньте здание как можно скорее.

Вывод по разделу социальная ответственность

В разделе ВКР «Социальная ответственность», был произведён анализ рабочего места во время исследовательской работы, а также:

- Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности;
- Обнаружены и проанализированы возможные вредные и опасные факторы на рабочем месте;
- Проведён анализ возможного вредного воздействия исследования на экологию и способы защиты атмосферы, гидросферы и литосферы;
- Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте. Проанализировано поведение работника при наиболее вероятном ЧС на рабочем месте – пожаре.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов при работе сидя и стоя фактически выполняют эргономические требования по ГОСТ 12.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ соответственно. Эргономические требования также выполняются при работе с различными

приборами по ГОСТ 22614-77. Работа проводилась в отведенном для этого месте и в соответствующей экипировке. На качество и работоспособность большое влияние оказывает освещенность помещения. При работе в среднем классе точности с разрядом зрительной работы - IV и подразрядом зрительной работы – г освещённость в лаборатории составляла 200 лк.

С точки зрения условий электробезопасности помещение лаборатории относится к безопасным помещениям, т.к. соблюдаются следующие критерии:

- Сухость (влажность колеблется 35 - 45%);
- Хорошая проветриваемость;
- Хорошая отапливаемость (температура воздуха составляет 20°C);
- Без токопроводящей пыли;
- Коэффициент заполнения площади предметами из металла составляет меньше, чем 0.2;
- Токонепроводящие полы.

По Классификация работ по степени тяжести Интенсивность работы составляет категория I – легкие физические работы – виды деятельности с энергозатратами до 150 ккал/ч (174 Вт)

Персонал лаборатории по электробезопасности относится к I группе (неэлектротехнический персонал, работающий с электрооборудованием. При этом работоспособность не нарушается, отклонений в состоянии здоровья, связанных с профессиональной деятельностью, не наблюдается. По взрывопожарной и пожарной опасности помещение лаборатории относится к категории В1-В4 пожаро-опасность — твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тугоплавкая керамика – это класс огнеупорной керамики, которая обеспечивает отличную стабильность при температурах, превышающих 2000 °С, исследуемых в качестве возможных материалов для системы термозащиты (TPS), покрытий для материалов, подвергающихся воздействию высоких температур, и сыпучих материалов для нагрева. Элементы. Вообще говоря, УНТС это бориды, карбиды, нитриды и оксиды ранних переходных металлов. В настоящее время усилия сосредоточены на тяжелых бориды ранних переходных металлов, таких как диборид гафния и диборид циркония (ZrB_2); Дополнительные УНТС, которые исследуются для применения в TPS, включают нитрид гафния (HfN), нитрид циркония (ZrN), карбид титана (TiC), нитрид титана (TiN), диоксид тория (ThO_2), карбид тантала (TaC) и связанные с ними композиты.

В ходе нашей работы получены следующие результаты:

Порошок диборид циркония состоит в основном из частиц размером от 1 до 6 мкм, со средним значением 2.17 мкм, стандартной ошибкой 0.1 мкм и стандартным отклонением 1.47 мкм.

Порошок карбида циркония состоит в основном из частиц размером от 4 до 6.5 мкм, со средним значением 5.17 мкм, стандартной ошибкой 0.28 мкм и стандартным отклонением 1.32 мкм.

Среди образцов карбида циркония с содержанием углерода от одного до десяти процентов самым плотным является образец карбида циркония, содержащий один процент углерода; наибольший модуль упругости имеет образец карбида циркония, содержащий пять процентов углерода.

Твердость была измерена в десяти различных образцах карбида циркония, средняя твердость составила 18,42.

Вязкость разрушения была измерена в 3 различных образцах карбида циркония, среднее значение K_{IC} составляло $3.32 \text{ Мпа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Предел прочности керамики ZrC при сжатии был измерен в десяти различных образцах карбида циркония, средняя твердость составила 1148.1 МПа.

Предел прочности при разрыве образцов диборида циркония составил 63.3 и 235.28 МПа соответственно.

Прочность спеченного карбида циркония при изгибе составила 279,6, а минимальная - 139,7, при среднем значении 228,46.

Предел прочности керамики ZrC при сжатии составил 1413 МПа, при минимальном - 606,7 Мпа и среднем - 1148,1 МПа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guo S Q. Densification of ZrB₂-based composites and their mechanical and physical properties: a review[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2009, 29(6): 995-1011.
2. Vasudevan A. K., Petrovic J. J. A comparative overview of molybdenum disilicide composites //Materials Science and Engineering: A. – 1992. – Т. 155. – №. 1-2. – С. 1-17.
3. SONG J. et al. Research and Prospect of ZrB₂ Ceramic Materials //Materials Review. – 2009. – С. 03-7.
4. 孔玮佳. (2018). 碳化锆陶瓷前驱体的合成与应用研究 (Master's thesis, 中国科学院大学 (中国科学院过程工程研究所)).
5. 李中军, 黄银霞, 要红昌, 等. 碳化锆碱熔制备氧氯化锆的研究[J]. 稀有金属, 2006, 30(3): 415-418.
6. 李缨, 黄凤萍, 梁振海. 碳化硅陶瓷的性能与应用[J]. 陶瓷, 2007, 5: 36..
7. Zimmermann J W, Hilmas G E, Fahrenholtz W G, et al. Thermophysical properties of ZrB₂ and ZrB₂-SiC ceramics[J]. Journal of the American Ceramic Society, 2008, 91(5): 1405-1411.
8. Титов Д Д, Каргин Ю Ф, Попова Н А, et al. Новые композиционные материалы на основе дисилицида молибдена[J]. Перспективные материалы, 2011 (11): 493-500.
9. Алексеева Т И, Галевский Г В, Руднева В В, et al. Технологические решения в производстве карбида циркония: анализ, оценка состояния и перспектив[J]. Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки, 2017, 23(1).
10. Кравченко С Е, Торбов В И, Шилкин С П. Наноразмерный диборид циркония: синтез, свойства[J]. Журнал неорганической химии, 2011, 56(4): 546-549.

11. 张立同, 成来飞, 徐永东. 新型碳化硅陶瓷基复合材料的研究进展[J]. 航空制造技术, 2003 (1): 24-32.
12. 李辰冉, 谢志鹏, 赵林. 碳化硅陶瓷材料烧结技术的研究与应用进展[J]. 陶瓷学报, 2020, 41(02): 137-149. DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2020.02.001.
13. P. Peshev and G. Bliznakov: 'On the borothermic preparation of titanium, zirconium and hafnium diborides', *J. Less Common Met.*, 1968, 14, 23–32.
14. P. Millet and T. Hwang: 'Preparation of TiB₂ and ZrB₂ – influence of a mechanochemical treatment on the borothermic reduction of titania and zirconia', *J. Mater. Sci.*, 1996, 31, 351–355.
15. S. K. Mishra, S. Das and L. C. Pathak: 'Defect structures in zirconium diboride powder prepared by self-propagating high temperature synthesis', *Mater. Sci. Eng. A*, 2004, A364, 249–255.
16. A. K. Khanra, L. C. Pathak and M. M. Godkhindi: 'Carbothermal synthesis of zirconium diboride (ZrB₂) whiskers', *Adv. Appl. Ceram.*, 2007, 106, (3), 155–160.
17. Fogagnolo, J.B., Robert, M.H., Ruiz-Navas, E.M. et al. 6061 Al reinforced with zirconium diboride particles processed by conventional powder metallurgy and mechanical alloying. *Journal of Materials Science* 39, 127–132 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:JMSC.0000007736.03608.e5>
18. Кравченко С Е, Торбов В И, Шилкин С П. Наноразмерный диборид циркония: синтез, свойства[J]. *Журнал неорганической химии*, 2011, 56(4): 546-549.