

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование свойств и структуры многокомпонентной керамики на основе оксикарбонитридов циркония

УДК_666. 798. 2-02-047. 37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б71	Цзя Сяочэн		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Былко́ва Татьяна Васильевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Сечин Андрей А лександрович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде.
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Отделение материаловедения

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ОО П

_____ О.Ю. Ваулина

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

УДК 666.798.2-02-047.37

Студенту:

Группа	ФИО
154Б71	Цзя Сяочэн

Тема работы:

Исследование свойств и структуры многокомпонентной керамики на основе оксикарбонитридов циркония

Утверждена приказом директора ИШ НПТ

Приказ №_154 от 27.04.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

- 1. Порошок ZrO_2 -3 мол. % Y_2O_3 марки УДПО ВТУ 4-25-90, полученный в условиях плазмохимического синтеза ПХС.**
- 2. Порошок ZrN марки чист. ТУ 6-09-4050-75.**
- 3. Порошок ZrC , который представляет собой фазу внедрения.**

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение литературы. 2. Изучение технологических свойств порошков. 3. Механическая активация порошков. 4. Пластификация. 5. Формование и спекание порошков. 6. Наноиндентирование спеченных образцов. 7. Изучение микроструктуры.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	<i>Былко́ва Татьяна Васильевна доцент ОСГН, ШБИП</i>
<i>Социальная ответственность</i>	<i>Сечин Андрей Александрович, старший преподаватель ООД ШБИП</i>

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б71	Цзя Сяочэн		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 70 с., 14 рисунков, 11 таблиц, 27 источников.

Ключевые слова: диоксид циркония, карбид циркония, нитрид циркония, твердофазный синтез, оксикарбонитридные фазы циркония

Объектом исследования являются порошки оксида циркония, нитрида циркония и карбида циркония.

Цель работы: Исследование структуры и физико-механических свойств керамики на основе оксикарбонитридных фаз циркония, полученной прессованием и спеканием, горячим прессованием порошков.

В процессе исследования проводились гранулометрический анализ порошков, активация порошков, формование, холодное и горячее прессование, наноиндентирование, определение модуля Юнга, твердости и плотности спеченных образцов.

В результате исследования были получены образцы двух составов горячим и холодным прессованием, изучены их свойства, определены плотность, модуль Юнга, твердость.

ZrO_2 представляет собой оксид, который отличается высокой химической, механической и термической стабильностью. Характерными свойствами ZrC и ZrN являются их тугоплавкость, повышенная теплопроводность, очень высокая твердость и износостойкость, устойчивость в агрессивных средах.

Оксиды карбонитрида циркония могут быть использованы в следующих областях: Аэрокосмическая техника, лечение, химическая стойкость и стойкость к истиранию, а также некоторые высокопрочные машиностроения.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

СПС – искровое плазменное спекание

ГП – горячее прессование

УДП – ультрадисперсный порошок

ПХС – плазмохимический синтез

Оглавление

Введение.....	8
1. Литературный обзор.....	9
1.1. Свойства циркония.....	9
1.2 Оксид циркония, керамика на его основе.....	10
1.3 Карбиды и нитриды циркония.....	13
1.4 Технология карбидной и нитридной керамики.....	15
2. Экспериментальная часть.....	17
2.1 Исходные материалы.....	17
2.2 Оборудование и методики исследования.....	17
3. Результаты экспериментов и их обсуждение.....	27
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	38
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	38
4.1.Общая информация.....	38
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования.....	39
4.3. Анализ конкурентных технических решений.....	39
4.4. SWOT-анализ.....	40
4.5. Планирование научно-исследовательских работ.....	44
4.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной, экономической эффективности исследования.....	51
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	54
5. Социальная ответственность.....	56
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	56
5.2 Производственная безопасность.....	58
Заключение.....	68
Список использованных источников.....	69

Введение

В настоящее время мы также используем оксиды, нитриды и карбиды для синтеза циркония и керамики на их основе, но твердофазный синтез в инертной атмосфере - наша самая интересная практика. При этом порошки могут быть спрессованы в компакты, как до спекания, так и в его процессе. Во втором случае могут применяться различные варианты горячего прессования и искрового плазменного спекания (СПС). Для ковалентных карбонитридов тугоплавких ионов переходных металлов активационное спекание является важной проблемой, поскольку тугоплавкие соединения осуществляются по диффузионному механизму. По этой причине необходимо изучить закон и механизм консолидации карбонитридных керамических материалов, а также найти подходящие активирующие добавки и способы активации.

Другим перспективным способом активирования твердофазного спекания оксикарбонитридов переходных металлов является предварительная обработка СВЧ-излучением высокой плотности мощности отдельных компонентов синтезируемой керамики. Обработанные СВЧ-излучением материалы имеют повышенную концентрацию дефектов атомной и электронной подсистем, при релаксации которых повышается диффузионная активность в процессе спекания.

Материалы на основе тетраэдрических оксикарбонитридных фаз с регулярным распределением компонентов с различной степенью ионности химической связи характеризуются уникальным сочетанием прочностных, электро- и теплофизических свойств: низкой плотностью и высокой твердостью, высокой теплопроводностью и низкой электропроводностью, повышенной термической стабильностью жаропрочностью и др.

1. Литературный обзор

1.1. Свойства циркония

Цирконий—блестящий серебристо-серый металл. Существует в трёх кристаллических модификациях, α , β и ω :

α -Zr — гексагональная сингония, параметры ячейки $a=0,3231$ нм, $c=0,5146$ нм, $Z=2$, $d=6,5107$ г/см³ а плотноупакованной решёткой типа магния.

β -Zr — кубическая сингония (объёмно-центрированная решётка), параметры ячейки $a=0,361$ нм, $Z=2$ с решёткой типа α -Fe. Переход $\alpha \leftrightarrow \beta$ происходит при 863 °C, ΔH перехода $3,89$ кДж/моль. Добавки Al, Sn, Pb, Cd повышают, а Fe, Cr, Ni, Mo, Cu, Ti, Mn, Co, V и Nb понижают температуру перехода.

ω -Zr - Эта метастабильная гексагональная фаза образуется под высоким давлением, каждая элементарная ячейка состоит из трех атомов, но это не гексагональная фаза с плотной упаковкой.

Цирконий может оставаться стабильным в водяном паре ниже 300 градусов. Когда температура поднимается выше 700 градусов, цирконий начинает подвергаться экзотермической реакции. Цирконий с этим свойством может использоваться в качестве замедлителя или водяного теплоносителя для ядерных реакторов.

Цирконий не вступает в реакцию со щелочными растворами, а также с 50% -ной соляной кислотой и серной кислотой. При температуре выше 100 градусов цирконий также будет взаимодействовать с азотной кислотой и царской водкой. В то же время соль, полученная в результате реакции между цирконием и цирконием, отличается, когда концентрация кислоты различна. [1].

1.2 Оксид циркония, керамика на его основе

ZrO₂ представляет собой оксид, который используется в различных отраслях промышленности из-за его высокой химической, механической и термической стабильности. Существует три формы диоксида циркония: моноклинная, тетрагональная и кубическая. Области применения включают плотную керамику, батареи, конденсаторы, коррозионностойкий покрытия, топливные элементы, твердые электролиты и катализаторы. [2].

Свойства диоксида циркония (ZrO₂):

Физические свойства диоксида циркония (ZrO₂):

Коэффициент расширения очень высокий ($\alpha = 11 \cdot 10^{-6} / \text{K}$, как у некоторых сталей);

Хорошая теплоизоляция / низкая теплопроводность (от 2,5 до 3 Вт / (м * К));

Очень хорошая стойкость к сварочному расширению, высокая ударная вязкость (от 6,5 до 8 МПа * м^{1/2});

Зондирование ионов кислорода с помощью внешнего устройства (используются в качестве элементов для измерения парциального давления кислорода в лямбда-зондах).

Еще одно интересное сочетание свойств - это сочетание очень низкой теплопроводности и высокой прочности. Среди прочего, некоторые виды циркониевой керамики могут проводить ионы кислорода. Изделия из этого материала намного дороже деталей из корундовой керамики. Кроме того, циркониевая керамика также используется в производстве инструментов для формовки проволоки, в качестве вспомогательного материала в процессе сварки, в качестве материала для зубных коронок и мостовидных протезов, в качестве изоляционного кольца во время термообработки и в качестве лямбда-зонда для измерения содержания. [3].

В отличие от других керамических материалов, диоксид циркония обладает сильной способностью предотвращать распространение трещин. Кроме того, циркониевая керамика имеет высокий коэффициент теплового расширения, поэтому ее можно использовать в качестве материала для соеди.

При пропитке цирконием 5-20 мас.% Волокно из диоксида циркония содержит оксиды скандия, лантана, иттрия или церия (оксиды металлов третьей группы периодической таблицы). Затем органический полимер, полученный из этой смеси, нагревают, и атмосфера кислорода может удалить органическое вещество из смеси и вступить в реакцию с соединением металла с образованием оксидов. После нагревания при постоянной температуре 800 ° С в течение одного часа четыре пятых волокна превратятся в тетрагональную кристаллическую структуру диоксида циркония. Сейчас люди разработали множество областей применения диоксида циркония, включая производство огнеупорных продуктов, катализаторов, огнеупорного стекла, различной керамики, искусственных драгоценных камней, огнеупорных эмалей, керамических пигментов, твердых электролитов и теплоизоляционных покрытий.[4].

Волокно из диоксида циркония можно получить следующими способами:

–Реликтовый процесс: Волокно из органического полимера пропитывают солью циркония и сушат после полной пропитки, чтобы можно было удалить органическое вещество и получить волокно из оксида циркония.

– Органическое полимерное волокно спрядено из раствора органических полимеров мелких частиц диоксида циркония.

Сырьем для сухого прядения является полицирконий или ацетат циркония. Диоксид циркония в обожженной керамике на основе циркония является поликристаллическим, что является одной из его основных характеристик.

Диоксид циркония имеет моноклинные, тетрагональные и кубические кристаллы. Существуют три кристаллические структуры.

Максимальный диапазон температур, в котором может существовать фаза диоксида циркония.:

Моноклинный диоксид циркония 1000-1150° С

Тетрагональный цирконий 1000-2285° С

Кубический цирконий >2285° С

Моноклинный диоксид циркония можно превратить в тетрагональный диоксид циркония путем нагрева до 1150 градусов. При той же массе объем кристалла становится меньше (около 9%), и в процессе охлаждения происходит обратное превращение. При уменьшении объема произведенные керамические детали будут разрушены при таком изменении объема. Таким образом, мы пришли к выводу, что для термообработки материалов на основе диоксида циркония мы должны поддерживать температуру выше тысячи градусов, а кристаллическая структура должна оставаться стабильной. [5]

При производстве диоксида циркония на поверхности продукта всегда будут трещины. Это сопровождается увеличением и уменьшением объема диоксида циркония при нагревании и охлаждении. Такой вид повреждения обратимого характера продукта имеет всегда было препятствием для производства этого продукта. Благодаря исследованиям ученые разработали метод, называемый стабилизацией оксида циркония, который может предотвратить преобразование диоксида циркония из тетрагональной кристаллической системы в условиях высокой температуры в моноклинную кристаллическую систему. Изучая кристаллохимию, мы можем сделать вывод, что стабильность диоксида циркония заключается в его очень стабильных химических связях, которые не разрушаются при нагревании до температуры плавления.[6].

Стабильность ZrO_2 зависит от таких факторов, как тип и количество стабилизатора, температура стабильного обжига и количество примесей, содержащихся в диоксиде циркония. Технология производства должна быть направлена на достижение максимальной стабильности материала и предотвращение возможной нестабильности, то есть разложения твердых растворов. Обычно считается, что диоксид циркония, стабилизированный CaO и Y_2O_3 , менее подвержен нестабильности, чем когда он стабилизирован MgO [7].

Области применения материалов для кирки включают аэрокосмическую технику, лечение и высокопрочное машиностроение, которые также обладают свойствами химической стойкости и стойкости к истиранию. Недостатком материала резца является то, что температура спекания слишком высока (1700-1750), что приведет к росту кристаллов и, в конечном итоге, к снижению прочности материала. Чтобы решить эту проблему, можно использовать метод горячего прессования или магнитный импульс для подавления роста зерен, что позволяет получить более плотные мелкие зерна без изменения исходной фазы. Однако как метод горячего прессования, так и использование магнитных импульсов требует использования очень дорогого специального оборудования, а процесс очень сложен. Размер частиц мелкозернистой керамики или нанокерамики составляет всего несколько микрон. В процессе производства мы должны соблюдать два условия: использование нанопорошка и перекристаллизация материала (ингибирование роста кристаллов) в процессе спекания. [8].

1.3 Карбиды и нитриды циркония

Карбид циркония – тугоплавкий серый металлокерамический материал. Кристаллизуется в кубической сингонии, имеет гранецентрированную решетку типа $NaCl$, с периодом, $a = 0,4693$ нм.,

используется в основном для изготовления режущих инструментов, в ракетной технике и т. д. Изделия из карбида циркония обычно изготавливают методами порошковой металлургии.

Карбид циркония может использоваться в качестве тугоплавкого покрытия в ядерных реакторах в качестве покрытия диоксида урана и диоксида тория в ядерном топливе. Карбид циркония применяется в твердых сплавах, мишенях, сварочных материалах, металлокерамике, электронике, металлургии, машиностроении, текстильной промышленности, авиации и т.д.

Таблица 1.1 Основные физико-механические свойства карбида циркония:

Удельное электрическое сопротивление	50 мкОм·см
Коэффициент линейного теплового расширения	$7,01 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K (25-1000 } ^\circ\text{C)}$
Микротвердость	28,44 ГПа
Модуль упругости	412 ГПа

Химические свойства карбида циркония

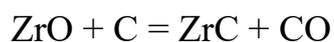
При пропускании газообразного хлора в условиях высоких температур образуется нитрид циркония.

Есть несколько способов получить карбид циркония:

Используйте углерод для прямой реакции с цирконием до насыщения (необходимо соблюдать условия вакуума, и реагенты должны быть в форме порошка)

Углерод и оксид циркония подвергаются реакции восстановления, и в этой реакции образуется промежуточный продукт (низший оксид циркония). Этот метод очень прост в эксплуатации, а экспериментальное оборудование легко получить, поэтому его часто используют для

получения технического чистого карбида циркония. Недостатком является то, что температура реакции процесса очень высока (2000 ° C).



- Осаждением из газовой фазы.

Характерные свойства карбида циркония: тугоплавкость, хорошо проводит тепло, очень твердый, устойчив к износу, хорошо переносит агрессивную среду, медленно испаряется. Благодаря этому карбид циркония используется при производстве термокатодов электронных устройств, термоэлектронных преобразователей, веществ для полировки, а также в огнеупорных сплавах и керамических изделиях [10].

Резец для азотирования после спекания при высокой температуре не является прочным, и его легко сломать. Порт, образующийся после разрушения, имеет лимонно-желтый цвет, а порошок для азотирования желто-коричневый. В условиях низких температур порошковый инструмент для азотирования не действует на минеральные кислоты (соляная кислота, азотная кислота, плавиковая кислота). При повышении температуры растворимость азотирующей кирки в кислоте значительно возрастает.

1.4 Технология карбидной и нитридной керамики

Получить нитрид циркония можно тремя способами:

Прямая реакция между порошком циркония и азотом при 1200 градусах

Восстановление диоксида циркония углем в азоте



Восстановление диоксида циркония магнием в атмосфере азота



За исключением первого метода, оставшиеся два метода будут чаншенгза.

Известен способ получения карбида циркония, который включает перемешивание смеси порошка циркония и ацетиленовой сажи в течение 2-3 часов с последующим ее синтезом при давлении ниже атмосферного. ($1,2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.).

Однако указанный способ имеет недостатки. Это применение при синтезе карбида циркония дорогого порошкообразного циркония, длительность перемешивания шихты (2-3 часа), проведение синтеза при давлении ниже атмосферного, что усложняет процесс.

Кроме того, известен способ получения ZrC заключающийся в протирации через сито шихты стехиометрического состава из двуокиси циркония и углеродного материала (технический углерод) с последующим нагревом в печи сопротивления с графитовой футеровкой при температуре 2200°C с выдержкой при этой температуре 60 минут.

Однако указанный способ имеет недостаток. Это проведение процесса карбидообразования при сравнительно высокой температуре (2200°C) и с выдержкой при этой температуре в течение сравнительно длительного времени (60 минут), что приводит к значительным энергозатратам.

Еще один способ получения карбида циркония, заключается в протирации через сито шихты стехиометрического состава из двуокиси циркония и углеродного материала, нагрев шихты производят при температуре $1800...1900^{\circ}\text{C}$ с выдержкой при этой температуре в течение 20...25 минут, при этом удельная поверхность углеродного материала составляет $138...160$ м²/г, а в качестве углеродного материала используют нановолокнистый углерод [11].

2. Экспериментальная часть

2.1 Исходные материалы

Для получения порошковой смеси оксида и нитрида циркония в соотношении 50% ZrO_2 – 50% ZrN использовали промышленный нанокристаллический оксидный порошок ZrO_2 -3 мол. % Y_2O_3 марки УДПО ВТУ 4-25-90, полученный в условиях плазмохимического синтеза ПХС и порошок ZrN марки чист. ТУ 6-09-4050-75. Наиболее простой способ оксидных нанопорошков заключается в подаче водных растворов нитратов металлов (Al, Zr, Y,) в сопло плазмотрона, генерирующего плазму воздуха. В каплях раствора возникали чрезвычайно высокие температурные градиенты. Происходил очень быстрый процесс синтеза и кристаллизации требуемого оксида или смеси оксидов на поверхности капли с одновременным испарением воды через кристаллизирующую сферическую корку. Поэтому оксидные порошки, полученные ПХС, имеют характерную форму полых сфер, состоящих из нанокристаллитов и аморфизированной межкристаллитной фазы. Размер сфер зависит от давления подачи раствора через форсунку в плазму и от температуры и варьируется в пределах 100...1000 нм, размер кристаллитов, образующих сферу, составляет 50...100 нм. Следует отметить высокую гомогенность плазмохимических порошков твердых растворов ZrO_2 .

2.2 Оборудование и методики исследования

Определение насыпной плотности порошка

Насыпная плотность порошка является важным свойством порошковых материалов, а насыпная плотность порошка зависит от удельной плотности данного металла и фактического заполнения порошком определенного объема.

Для определения насыпной плотности уплотненного осадка нужно воспользоваться установкой, показанной на рисунке 2.1.

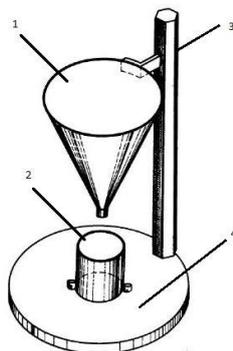


Рисунок 2.1 - Установка для определения насыпной плотности

Исследуемый порошок засыпают в сквозную воронку 1, установленной на штативе 3, закрывая при этом нижнее отверстие. После того как засыпали порошок открываем отверстие и порошок пересыпается в металлический стакан 2 (объемом 25 см³), закрепленный на платформе 4. Порошка должно быть немного больше, чем помещается в стакан (насыпать нужно «с горкой»). Затем лишний порошок убирается с помощью тонкой алюминиевой или стеклянной пластины. Этот порошок взвешивают на электронных весах, и используют получившееся значение для расчета. Насыпную плотность уплотненного осадка (ρ_{ny}) в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_{ny} = m/V,$$

где m – масса осадка, г; V – объем сосуда, см³

Анализ гранулометрического состава

Во-первых, мы можем напрямую измерить радиус частицы. Этот метод очень сложный, обычно люди называют его «секансом» (метод ускоренной микроскопии). Будут подсчитаны все частицы, проходящие

через линейку окуляра, и нам нужно записать линейный размер области частицы.

После завершения набора данных нам нужно повернуть окуляр-микрометр, чтобы снова записать ту же операцию. Всего нам нужно измерить более двухсот частиц.

Единица конечных данных - микроны, где в качестве итога представляется процентный состав порошка по фракциям.

Значение деления микрометра обычно составляет 0,01 мм, и нам нужно преобразовать измеренные данные.

Мы также можем измерить градуировку окулярного микрометра следующими способами: Сначала поместите микрометр на предметный столик микроскопа и рассматривают его шкалу микроскопа. Перемещая столик микроскопа, совмещают первые штрихи обеих шкал, а затем находят вторую пару совпавших штрихов. Цена деления окуляр-микрометра определится по формуле:

$$a_1 = (a_2 \cdot n_2) / n_1,$$

где a_2 – цена деления шкалы объект-микрометра (0,01мм), n_2 – число делений шкалы объект-микрометра, n_1 – число делений шкалы окуляра в пределах совпавших штрихов.

Для увеличения 3.2x цена деления шкалы окуляр-микрометра равна 0,03 мм, а для увеличения 25x – 0,004 мм.

Методика проведения эксперимента

1. Навеску порошка массой перемешать, небольшое количество перенести на предметное стекло и поместить на стол микроскопа.

2. Навести микроскоп на резкость. Подобрать увеличение таким образом, чтобы наибольшие частицы занимали до 3 – 5 делений шкалы окуляр-микрометра.

3. Измерить размеры и подсчитать количество частиц, лежащих на шкале окуляра в следующем порядке: <1 дел., 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 делений

4. Поворачивая шкалу, повторить измерения в 3 – 4 ее положениях, затем повторить пп.1 – 4 на 3 – 4 полях зрения.

5. Определить цену деления шкалы окуляра, пересчитать размеры частиц в мкм, внести в таблицу.

6. Вычислить средний размер частиц каждой фракции по формуле:

$$d_{cp} = (d_{min} + d_{max})/2, \text{ мкм},$$

где d_{min} и d_{max} - предельные размеры частиц данной фракции, затем средний объем одной частицы фракции:

$$V_{ч} = d_{cp}^3, \text{ мкм}^3,$$

средний объем всех частиц каждой фракции:

$$V_{ф} = nV_{ч}, \text{ мкм}^3,$$

и общий объем всех частиц всех фракций:

$$V_{общ} = \sum V_{ф}, \text{ мкм}^3.$$

7. Определить гранулометрический состав порошка по формуле:

$$X = (V_{ф}/V_{общ})/100\%.$$

Определение гранулометрического состава порошков методом ситового анализа

Для проведения ситового анализа сита устанавливают друг над другом. Наверху помещается сито с самыми крупными ячейками, а в низу – с самыми мелкими. Для анализа берется навеска 30 г, которая насыпается на верхнее сито и просеивается с помощью вибропривод ВП-С/220 в течение 10 минут, при частоте 20 Гц.

После просева каждая фракция взвешивалась. Процентное содержание каждой фракции определялась по формуле:

$$X = \left(m_n / \sum m_n \right) \cdot 100\%,$$

где m_n – масса определенной фракции.

Определение гранулометрического состава порошков методом ситового анализа было проведено на виброприводе с использованием набора сит с размером ячеек 40, 50, 56, 63, 90, 112, 140 мкм.



Рисунок 2.2 –Вибропривод ВП–С/220 с системой управления частотой и таймером

Смешивание порошков

Смешивание проводилось на планетарной мельнице Активатор 2SL (Рисунок 2.3) для получения порошковых смесей заданных составов.

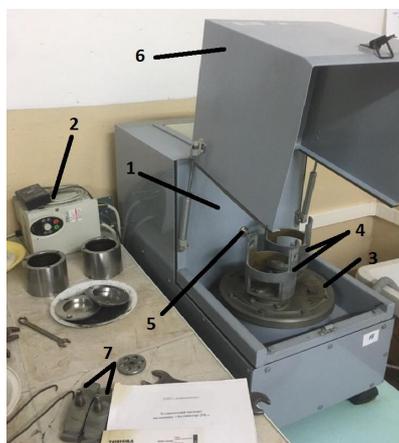


Рисунок 2.3 – Планетарная мельница активатор 2SL: 1 – камера 2 – комплект контроля скорости вращения 3 – вал электродвигателя 4 – барабаны 5 – кран для подачи воды 6 – крышка, 7 – крепежи

В барабаны 4 устанавливаются размольные сосуды (рисунок 2.3) в которые засыпается порошок и мелющие тела (например, шарики из ZrO_2) в соотношении 1:4. Эти размольные сосуды крепятся с помощью крепежей 7. После закрепления сосудов камера закрывается крышкой 6. Из крана 5 дается небольшая подача воды для охлаждения вала электродвигателя и самих барабанов. После этого установка готова к работе. С помощью комплекта контроля скорости вращения 2 назначается частота вращения вала. С помощью секундомера фиксируется время смешивания.

Режим работы планетарной мельницы: частота вращения размольных сосудов– 20 Гц, время смешивания – 10 минут, соотношение массы порошка и мелющих тел– 1:4.

Формование порошка

Под формованием заготовок из порошковых материалов следует понимать процесс получения заготовок требуемых форм и размеров, а также достаточной прочности для последующего изготовления из них изделий. Формование предполагает уплотнение порошка

Прессование включает в себя следующие операции: дозирование порошка и заполнение формы, прессование и прессование. Порошковые брикеты можно загружать в формы строго по весу, а затем прессовать под давлением, в зависимости от состава порошка и назначения продукта. Изделие формируют в металлической форме под высоким давлением (30-1000 МПа). Для изготовления прессовки выбирается замкнутая жесткая форма, и смешанный порошок заливается в форму, объем смешанного порошка определяется ходом нижнего пуансона. Обычно давление прикладывают в вертикальном направлении, и смешанный порошок

уплотняется в полости формы между верхним и нижним пуансонами. После формования нижний пуансон выталкивает блок пресса из полости формы. Для получения фасонных прессовок необходимо использовать специальное прессовое оборудование (с механическим, гидравлическим или пневматическим приводом). Прочность брикетов не должна быть слишком низкой, иначе их нельзя будет нормально транспортировать в печь для спекания.



Рисунок 2.4 –Разрывная машина Р -20

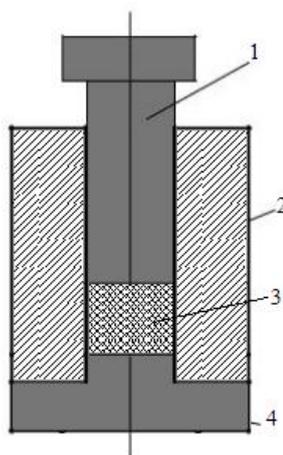


Рисунок 2.5 – Схема пресс-формы для одностороннего холодного прессования порошков: 1 – пуансон верхний; 2 – матрица; 3 – порошок; 4 – пуансон нижний (неподвижный)

Порошковые смеси прессовали при давлениях 100, 200, 300, 400 МПа.

Спекание

Спекание осуществляется в электропечи (СНВЭ-1.3.1/16) . Эта электропечь имеет две характеристики: реакция протекает в вакууме, и при реакции выделяется небольшое количество газа. При этом состоянии электропечь может выполнять процессы отжига и термообработки спеканием. при высокой температуре 1500°C , при которых не происходит взаимодействия среды остаточных газов с нагревателями, теплоизоляцией и других элементов конструкции. Эта электропечь может нормально работать при избыточном давлении $0,02\text{ МПа}$ (среда с нейтральным газом высокой чистоты).

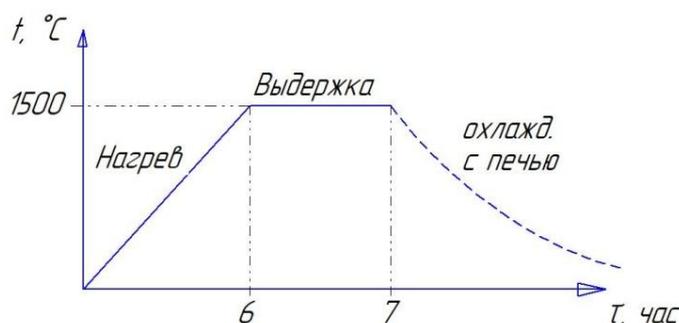


Рисунок 2.6 - Режим спекания

Рабочая зона электропечи по бокам и с обоих торцов окружена 6-ю W-образными нагревателями из вольфрамового прутка диаметром 6мм, образующими однофазную систему из двух параллельно включенных групп. Отогнутые концы боковых нагревателей проходят через отверстия в экранах и вставляются в отверстия молибденовых переходных втулок, ввернутых в медные пластины токоподводов. Под действием собственного веса, нагреватель удерживается на месте и между ним и токоподводом образуется электрический точечный контакт. Операции загрузки-выгрузки садки могут производиться с обоих торцов камеры нагревательной.

Для измерения остаточного давления в электропечи применяется вакуумметр ВИТ-3П, который имеет выходной канал для записи давления.

Датчиками вакуумметра являются манометрические преобразователи: термопарный ПМТ-2 и ионизационный ПМИ-2. Для измерения избыточного давления нейтрального газа на электропечи установлен электроконтактный мановакуумметр ЭКМВ-1У.

Система водоохлаждения электропечи состоит из коллектора, сливной воронки, рубашек водоохлаждения, элементов конструкции электропечи и диффузионного паромасляного насоса. Соединения в системе осуществляются через резино-тканевые шланги, закрепленные на штуцерах элементов системы водоохлаждения бондажами.

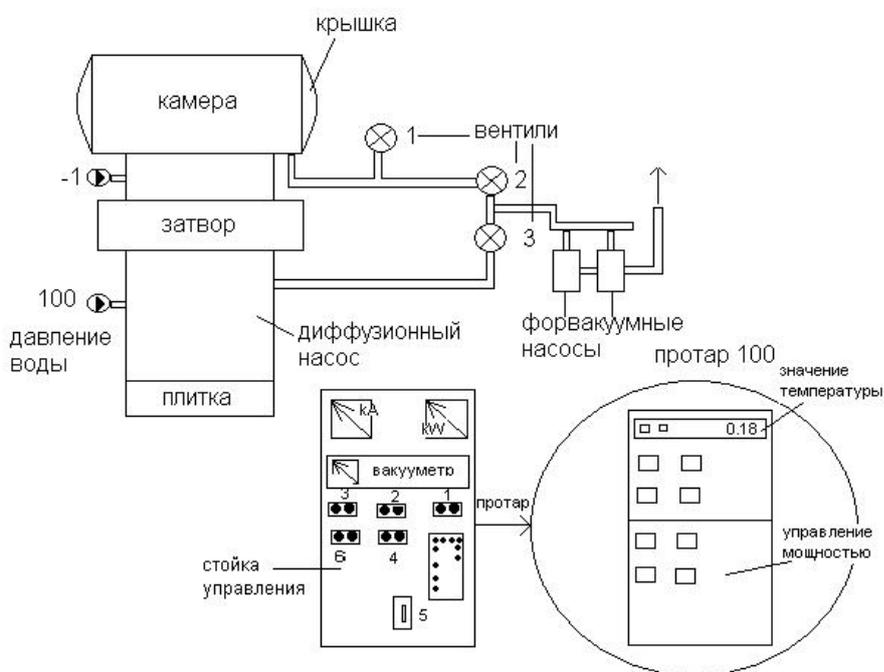


Рисунок 2.7 - Блок-схема вакуумной электропечи

Спеченные образцы взвешивали и измеряли размеры, рассчитывали плотность.

Плотность спеченных образцов определяли по следующей формуле:

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i},$$

где m_i – масса спеченного образца, г, V_i – объем спеченного образца, см³.

Обработанные в планетарной мельнице порошковые смеси консолидировали методом горячего прессования (ГП) в графитовой пресс-форме в атмосфере аргона в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН. Режимы ГП указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Режимы горячего прессования

Состав порошка	Время изотермической выдержки, мин	Давление прессования, МПа	Температура спекания, °С
50% ZrO ₂ – 50% ZrN	20	40	1700
33% ZrO ₂ - 33% ZrN- 34% ZrC	20	40	2000

Горячепрессованные образцы представляли собой цилиндры диаметром $15,0 \pm 0,1$ мм и высотой $5,0 \pm 0,2$ мм.

3. Результаты экспериментов и их обсуждение

Для определения гранулометрического состава порошков был использован ускоренный микроскопический метод «секущих».

Были вычислены такие параметры как: средний размер частиц каждой фракции, средний объем одной частицы фракции, средний объем всех частиц каждой фракции, общий объем всех частиц всех фракций, определен гранулометрический состав порошка по формуле:

$$X = (V_{\phi} / V_{\text{общ}}) / 100\%.$$

В таблицах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 приведены данные гранулометрического анализа порошков, после чего по данным таблиц были построены гистограммы.

Таблица 3.1– Данные гранулометрического анализа порошка ZrN

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	6	10	6	5	4
	2	4	8	10	3	3
	3	4	9	7	4	3
2	4	3	6	8	2	3
	5	9	7	4	3	1
	6	7	9	9	2	3
3	7	12	11	10	9	2
	8	15	10	8	3	5
	9	8	6	6	3	2
4	10	7	11	10	6	5
	11	8	10	9	5	6
	12	7	5	5	3	1
Количество частиц каждой фракции n		90	102	92	48	38
d_{min} , МКМ		0	4	8	12	16
d_{max} , МКМ		4	8	12	16	20
$d_{\text{ср}}$, МКМ		2	6	10	14	18

$V_{\text{ч}}, \text{мкм}$	8	216	1000	2744	5832
$V_{\text{ф}}, \text{мкм}^3$	720	22032	92000	131712	221616
$V_{\text{общ}}, \text{мкм}^3$	468080				
X, %	0,15	4,71	19,65	28,14	47,35

Распределение частиц порошка ZrN по размеру

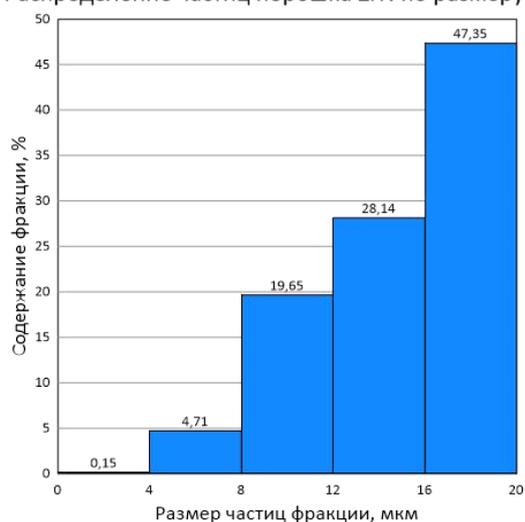


Таблица 3.2 – Данные гранулометрического анализа порошка ZrO_2

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	2		2	4	4
	2	1	3	3	8	4
	3		4	3	5	5
2	4			3	4	
	5		3	4	2	1
	6			3	4	2
3	7		1	5	2	3
	8			5	3	6
	9		2	4	1	3
4	10		1	4	4	3
	11		2	3	2	
	12		4	5	2	3
Количество частиц каждой фракции n		3	20	44	41	34

d_{\min} , МКМ	0	30	60	90	120
d_{\max} , МКМ	30	60	90	120	150
$d_{\text{ср}}$, МКМ	15	45	75	105	135
$V_{\text{ч}}$, МКМ	3375	91125	421875	1157625	2460375
$V_{\text{ф}}$, МКМ ³	10125	1822500	18562500	47462625	83652750
$V_{\text{общ}}$, МКМ ³	151510500				
X, %	0,01	1,20	12,25	31,33	55,21

Распределение частиц порошка ZrO_2 по размеру

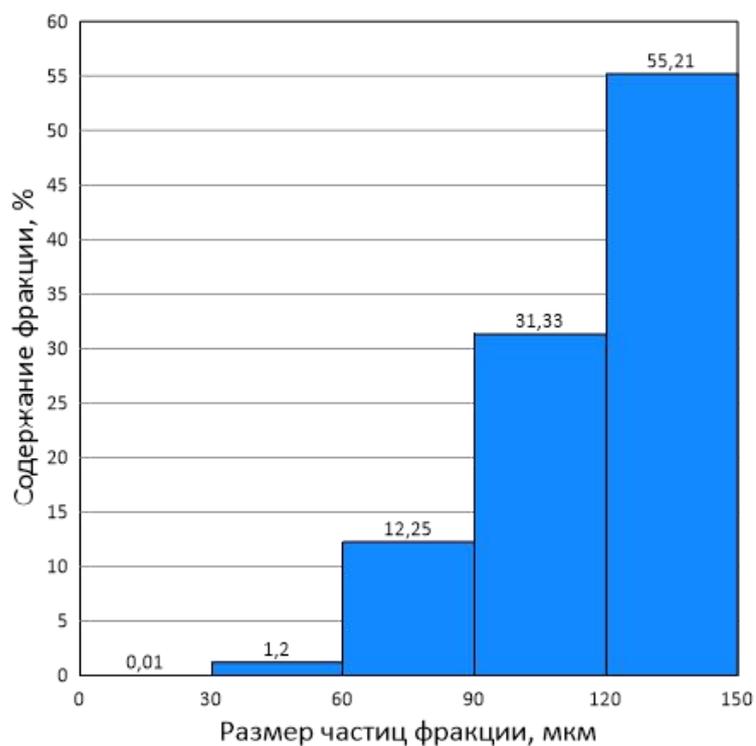
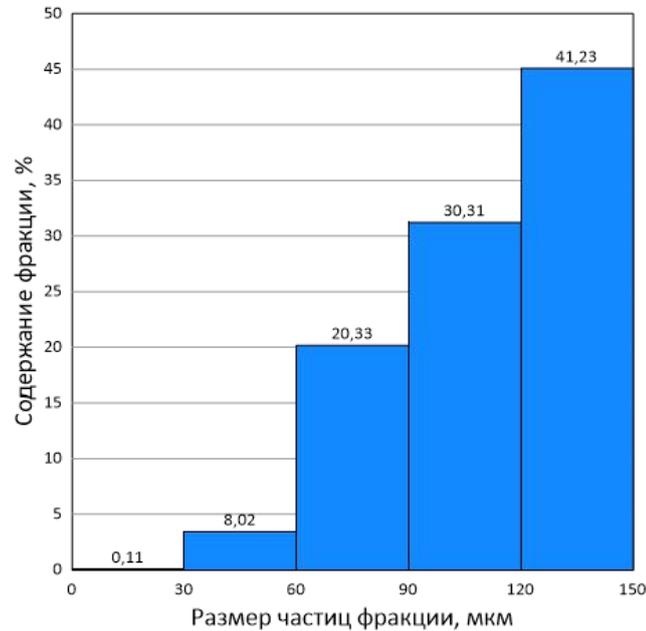


Таблица 3.3– Данные гранулометрического анализа порошка ZrC

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	1	5	4	2	7
	2	2	2	5	5	1
	3		3	6	2	2
2	4	4	4	10	7	3
	5	5	4	7	3	2

	6	1	8	11	6	3
3	7	7	8	14	11	3
	8	5	5	6	2	4
	9	2	7	4	2	1
4	10	6	10	10	6	5
	11	6	5	7	4	1
	12	6	13	10	3	4
Количество частиц каждой фракции n		45	74	94	53	36
d_{\min} , мкм		0	30	60	90	120
d_{\max} , мкм		30	60	90	120	150
$d_{\text{ср}}$, мкм		15	45	75	105	135
$V_{\text{ч}}$, мкм		3375	91125	421875	1157625	2460375
$V_{\text{ф}}$, мкм ³		151875	6743250	39656250	61354125	88573500
$V_{\text{общ}}$, мкм ³		196479000				
X, %		0,11	8,02	20,33	30,31	41,23

Распределение частиц порошка ZrC по размеру



Определение гранулометрического состава порошков ситовым анализом

После просева на виброприводе, каждая фракция порошка была взвешена.

Процентное содержание каждой фракции определили по формуле:

$$X = \left(\frac{m_n}{\sum m_n} \right) \cdot 100\%$$

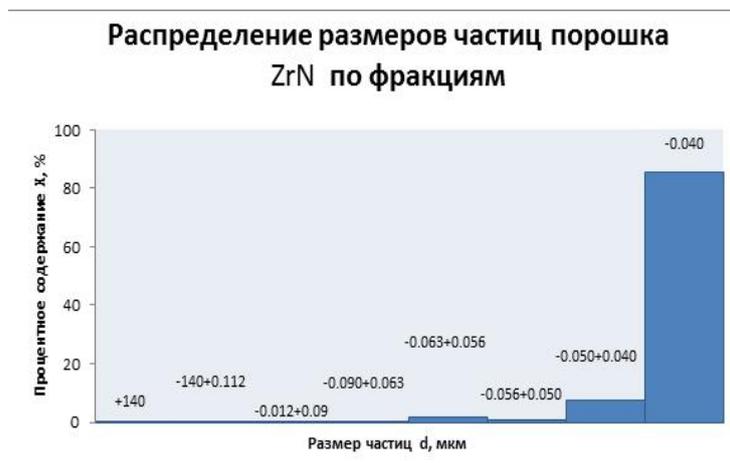
Вес каждой фракции, отнесенный к весу всей пробы и выраженный в процентах, представляет содержание в порошке данной фракции. По результатам измерения составили таблицу, характеризующую гранулометрический состав порошков.

Таблица 3.4– Гранулометрический состав порошков

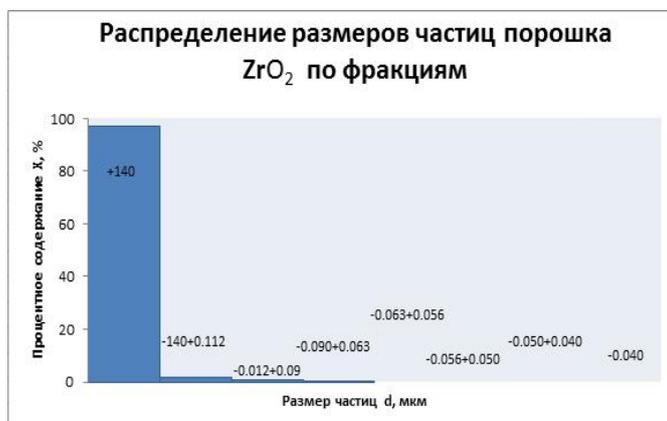
Фракция частиц	Содержание фракции, %		
	ZrN	ZrO ₂	ZrC
+140	0,5	97,03	6,67
-140+0,112	0,267	1,5	18,4
-0,112+ 0,090	0,167	0,8	3,1
-0,090+0,063	0,431	0,167	4,3
-0,063+0,056	1,73	0	2,9
-0,056+0,050	0,833	0	0,27
-0,050+0,040	7,5	0	0,13
-0,040	85,5	0	0

Используя табличные данные, построили гистограммы гранулометрического состава порошков. На рисунке 3.1 представлено распределение размеров частиц.

А)



Б)



В)



Рисунок 3.1– Распределение размеров частиц: а – нитрида циркония, б – диоксида циркония, в – карбида циркония

После проведения ситового анализа, проанализировав результаты гистограмм, можно сказать, что в порошке ZrN преобладают частицы размером меньше 40 мкм, следовательно, эти порошки являются мелкодисперсными. А в порошках ZrO₂ и ZrC преобладают крупные агломерированные частицы, размером более 140 мкм.

Для смешивания и дальнейшего спекания, было приготовлено 2 смеси порошков

- 1) ZrO₂- ZrN
- 2) 33% ZrO₂ – 33% ZrC – 34% ZrN

В таблицах 3.5-3.8 и рисунках 3.2 и 3.3.приведены значения плотности прессовок и спеченных образцов, полученных из приготовленных порошковых смесей.

Таблица 3.5– Плотности прессовок состава 33% ZrO₂ - 33% ZrC -34% ZrN до спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,0469	0,7195	1,957	0,619029	3,16	100
2	1,0495	0,6655	1,967	0,575417	3,42	200
3	1,049	0,6515	2	0,562775	3,55	300
4	1,0475	0,6126	1,963	0,527661	3,72	400

Таблица 3.6– Плотности прессовок состава 33% ZrO₂- 33% ZrC -34% ZrN после спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,016	0,703	1,72	0,569656	3,02	100
2	1,02	0,653	1,72	0,533314	3,23	200
3	1,028	0,644	1,793	0,534247	3,36	300
4	1,032	0,625	1,733	0,522527	3,41	400

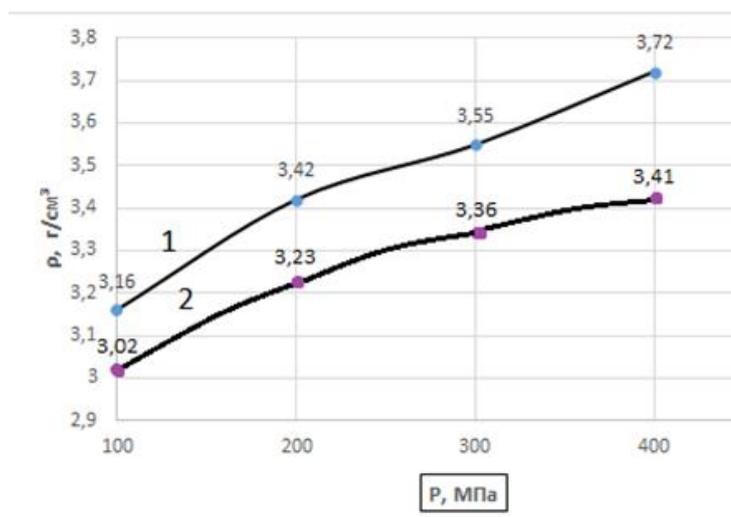


Рисунок 3.2– Плотность прессовок состава 33% ZrO₂ - 33% ZrC -34% ZrN до и после спекания

Таблица 3.7– Плотности прессовок состава ZrN-ZrO₂ до спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,045	0,889	2,5	0,762086	3,5	100
2	1,046	0,625	1,92	0,536800	3,62	200
3	1,047	0,595	1,927	0,512011	3,7	300
4	1,048	0,601	2,013	0,518163	3,94	400

Таблица 3.8– Плотности прессовок состава ZrN+ZrO₂ после спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,001	0,851	2,28	0,668585	3,41	100
2	1,013	0,604	1,71	0,486547	3,49	200
3	1,023	0,586	1,84	0,481413	3,82	300
4	1,018	0,579	1,79	0,450686	3,97	400

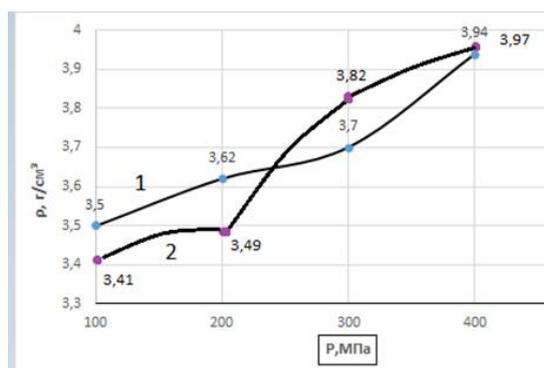


Рисунок 3.3– Плотность прессовок состава 50% ZrO₂ -50%ZrN до и после спекания

Для расчёта плотности были измерены диаметр, высота и масса спеченных образцов. Видно, что плотность после спекания уменьшилась, либо осталась неизменной практически у всех исследованных порошков. Этому есть два объяснения. Во первых, для таких тугоплавких соединений, которыми являются оксиды, карбиды и нитриды циркония, температура спекания 1500°С не обеспечивает диффузионный массоперенос и, следовательно, усадку. Во-вторых, разуплотнение, возможно произошло из-за фазовых переходов и химического взаимодействия компонентов.

Таблица 3.9– Модуль Юнга и нанотвердость керамики состава 50% ZrO₂ - 50%ZrN

Тест	Нагрузка F_max	Глубина отпечатка h_max	Модуль Юнга E_IT	Unc. E_IT	Нанотвердость H_IT
	мН	нм	Н/мм ²	Н/мм ²	Н/мм ²
1	500,5	1280,6	388280	4960,7	17727
2	500,6	1206,6	397950	5456	21115
3	500,5	1136,2	446710	6032,5	24301
4	500,6	1151,4	400827	5857,8	24529
5	500,6	1063,1	501414	6757,6	28747
Среднее значение	500,6	1197,5	418902	5698,6	21975

В таблицах 3.9, 3.10 и рисунках 3.4 и 3.5 приведены результаты наноиндентирования горячепрессованной оксикарбонитриной керамики.

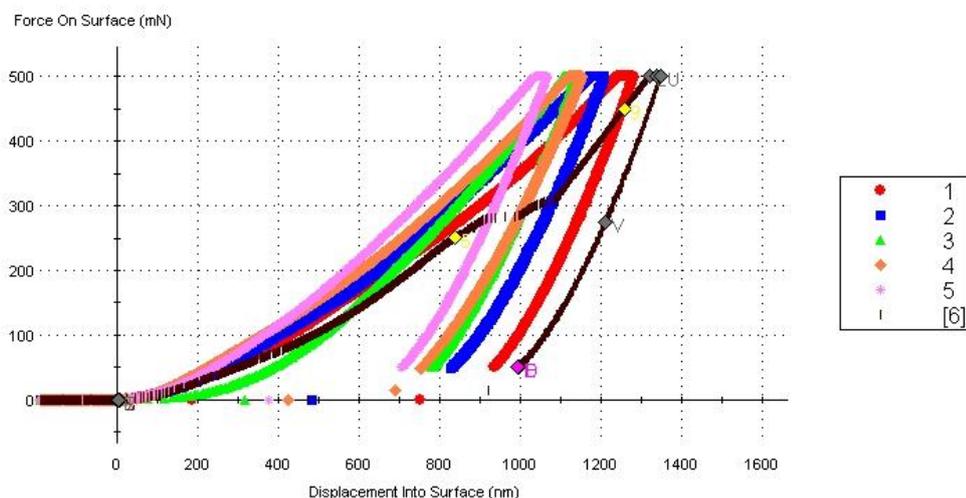


Рисунок 3.4 -Зависимость глубины внедрения от приложенной нагрузки для образца 50% ZrO₂ -50%ZrN

Таблица 3.10– Модуль Юнга и нанотвердость состава 33% ZrO₂ - 33% ZrC -34% ZrN

Тест	Нагрузка F_max	Глубина отпечатка h_max	Модуль Юнга E_IT	Нанотвердость H_IT
	мН	нм	Н/мм ²	Н/мм ²
1	500,3	1555,4	307966	11025
2	500,5	1601,3	287998	10390
3	500,5	1651,3	294661	9527
4	500,6	1492,3	327181	12133
Среднее значение	500,5	1575,1	304452	10769

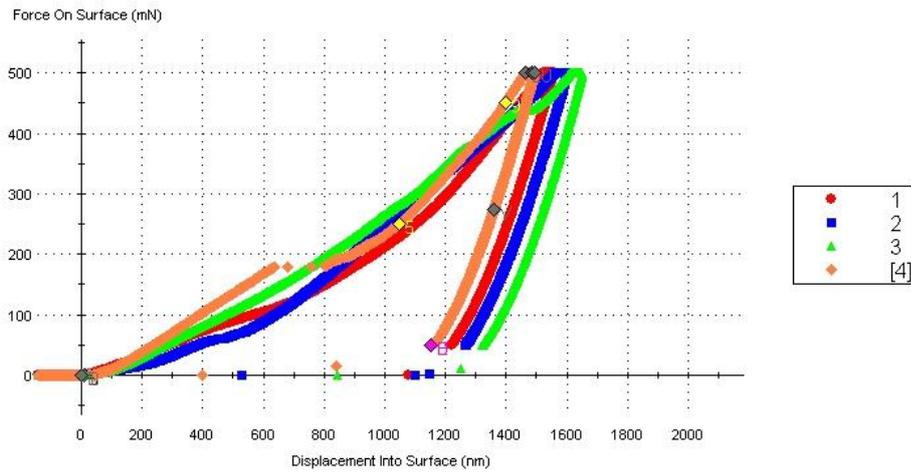


Рисунок 3.5 -Зависимость глубины внедрения от приложенной нагрузки для образца 33% ZrO_2 - 33% ZrC -34% ZrN

Видно, что применяя технологию горячего прессования, возможно получить керамику на основе оксикарбонитридов циркония, обладающую высоким комплексом физико- механических характеристик: Модуль Юнга E_{IT} свыше 500 Гпа, нанотвердость H_{IT} свыше 28 Гпа.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
14Б71	Цзя Сяочэн

Инженерная школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	22.03.01. «Материаловедение и технологии материалов»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИР): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Проект выполняется в соответствии с ГОС 14.522-83 «Нормирование расхода материалов»; - Минимальный размер оплаты труда в 2021 году составляет 11280 руб.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам –30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Потенциальные потребители результатов исследования: научные центры, лаборатории. SWOT анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Бюджет затрат на проведение НИР
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021г
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН,ШБИП	Былкива Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		01.02.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б71	Цзя Сяочэн		01.02.2021 г.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1.Общая информация

Целью данного раздела является экономическое обоснование научно-исследовательской работы по исследованию свойств порошков титана и циркония.

Достижение цели обеспечивается решением ряда следующих задач:

- составление календарного плана и графика работ;

- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов для исполнения проекта;
- формирование бюджета затрат проекта
- определение ресурсов, финансов и исследования бюджетной эффективности.

Разработка НИР производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

4.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Используя метод сегментирования, разделим потребителей нашей разработки. Основные критерии, по которым сегментируем потребителей на рынке продукции, произведенной из вольфрамата циркония – промышленная сфера.

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть предприятия автомобильной промышленности, пищевой, аэрокосмической, военной промышленности, предприятия, производящие медицинское оборудование, предприятия машиностроительной отрасли и научные институты.

4.3. Анализ конкурентных технических решений

Потенциальными конкурентами по производству порошковых материалов и деталей из них на российском рынке могут выступить:

1. Завод технической керамики, г.Москва – занимается производством режущего инструмента и износостойких изделий из керамики марок на основе диоксида циркония.
2. ОАО «НЭВЗ-Союз», г. Новосибирск - предприятие владеет технологией производства технической керамики на основе циркония.

Учитывая технологические и экономические особенности конкурирующих разработок представим в таблице 4.1 основные критерии для их оценки, где Кк1- керамика на основе диоксида циркония, производимая в г. Москве, а Кк2 - керамика на основе диоксида циркония, производимая в г. Новосибирске.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных тех. решений

Критерии оценки	Вес	Баллы	Конкурентоспособность
-----------------	-----	-------	-----------------------

	критерия	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. Твердость	0,098	5	5	5	0,490	0,490	0,490
2. Высокая прочность	0,093	3	4	4	0,279	0,372	0,372
3. Стойкость к высоким температурам	0,083	4	4	3	0,332	0,332	0,249
4. Технологичность	0,060	5	5	5	0,300	0,300	0,300
5. Плотность	0,099	5	5	5	0,495	0,495	0,495
6. Износостойкость	0,067	4	3	5	0,268	0,201	0,335
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Реализация продукта	0,089	3	5	4	0,268	0,445	0,356
2. Цена продукта	0,055	4	4	4	0,220	0,220	0,220
3. Охват рынка	0,088	3	5	3	0,264	0,440	0,264
4. Срок эксплуатации продукта	0,098	4	4	3	0,392	0,392	0,294
5. Сроки изготовления продукта	0,083	4	3	4	0,332	0,249	0,332
6. Наличие сертификатов	0,087	4	4	4	0,348	0,348	0,348
Итого:	1	48	50	47	3,988	4,569	3,263

Общая оценка эффективности показала, что предложенная нами разработка конкурентоспособна.

4.4. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз. Представим SWOT-матрицу (таблица 4.2.)

Таблица 4.2 – SWOT-матрица НИР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
-----------------	------------------------------

<p>С1. Повышение эффективности производственных процессов;</p> <p>С2. Уменьшение пористости, увеличение твердости</p> <p>С3. Наличие необходимых установок для проведения испытаний;</p> <p>С4. Меньшие затраты на выпуск изделия из керамики</p>	<p>В1. Появление дополнительного спроса на конечный продукт;</p> <p>В2. Возможность использования на мировом уровне;</p> <p>В3. Использование во многих отраслях;</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Малое количество предприятий по распространению и производству технической керамики.</p> <p>Сл2. Отсутствие квалифицированных работников для применения концепции в различных отраслях.</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на некоторые виды керамики</p> <p>У2. Повышение стоимости оборудования</p>

Следующим этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта условиям внешней среды. Данный анализ соответствий (или несоответствий) необходим для оценки необходимости каких-либо стратегических изменений. В табл. 4.3 представлены корреляции сильных сторон проекта и возможностей его реализации.

Таблица 4.3 – Сильные стороны проекта и возможности

Возможности проекта		С 1	С 2	С 3	С 4
	В 1	+	+	+	+
	В 2	+	+	+	+
	В 3	+	+	+	+
	В 4	+	+	+	+

Из таблицы 4.3 следует, что сильные стороны проекта соответствуют возможностям реализации по параметрам: В1С1С2С3С4; В2С1С2С3С4; В3С1С2С3С4.

Таблица 4.4 – Слабые стороны проекта и возможности

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	+	+
	В2	+	-
	В3	0	-
	В4	-	0

Из таблицы 4.4 следует, что слабые стороны проекта коррелируют с возможностями реализации по параметрам: В1Сл1; В2Сл2

Таблица 4.5 – сильные стороны проекта и угрозы

Угрозы		С 1	С 2	С 3	С 4
	У 1	+	+	0	+
	У 2	0	+	-	-

Из таблицы 4.5 следует, что сильные стороны проекта соответствуют угрозам реализации по параметрам: У1С1; У1С2; У1С4; У2С2.

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что наибольшую угрозу проекту предоставляет увеличение цены на оборудование.

Таблица 4.6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Повышение эффективности производственных процессов;</p> <p>С2. Уменьшение пористости , увеличение твердости</p> <p>С3. Наличие необходимых установок для проведения испытаний;</p> <p>С4. Меньшие затраты на выпуск изделия из керамики</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. Малое количество керамических предприятий по распространению и производству работы технической керамики.</p> <p>Сл2. Отсутствие фактическое квалифицированных работников для отдельной применения материал концепции в различных отраслях.</p>
<p>Возможности проекта</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на конечный продукт;</p> <p>В2. Возможность повышения использования на мировом уровне;</p>	<p>Комбинируя разные порошки, можно создать материалы нового поколения, которых не было ранее.</p> <p>Улучшив свойства керамики нового поколения, можно вывести продукт на более высокий уровень продаж .</p>	<p>Допустив увеличение спроса на конечный продукт ,есть вероятность что будет нехватка времени и производственных сил для ее реализации</p>

<p>В3. Использование во многих практических отраслях;</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый циркониевый продукт</p>		
<p>Угрозы проекта</p> <p>У1. Отсутствие спроса на некоторые виды керамики</p> <p>У2. Повышение стоимости оборудования</p>	<p>Наличие нового оборудования неизбежно повысит его стоимость, что отразится на стоимости конечного продукта. Увеличив твердость и уменьшив пористость не популярных видов керамики, мы увеличим спрос на данный продукт, но цена неизбежно возрастет</p>	<p>Главной угрозой проекта является возможное увеличение цены на оборудование</p>

4.5. Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1. Структура работ в рамках научного исследования

Этапы выполнения данной исследовательской работы и ответственные за ее выполнение приведены в таблице 4.7.

Работу выполняли два человека научный руководитель и студент-выпускник.

Таблица 4.7– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Проведение научно-исследовательской работы			

Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение литературы по соответствующей теме	Научный руководитель, студент
	3	Составление плана исследования	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение методик по работе с оборудованием, необходимого для проведения исследования	Научный руководитель, Студент,
	5	Изготовление и подготовка образцов для исследования	Студент
	6	Исследование образцов: твердость, пористость, плотность, структура	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов научно-исследовательской работы	Студент, научный руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Составление отчета	9	Оформление отчета по НИР	Студент

4.5.2. Разработка графика проведения научного исследования

Представим график работ в рамках НИП с разбивкой по месяцам за период времени дипломирования (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.
1	2	0	3	0	2	0	2	0	3	0

2	5	5	10	10	7	7	0	7	0	11
3	3	3	5	5	4	4	2	2	3	3
4	3	3	15	15	9	9	5	5	7	7
5	0	15	0	25	0	19	0	19	0	28
6	0	18	0	30	0	22	0	22	0	32
7	3	3	9	9	0	5	0	5	0	7
8	4	4	9	9	6	6	3	3	4	4
9	0	8	0	16	0	11	0	11	0	16

На основании данных, представленных в таблице 4.8 построим график Ганта (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Календарный план-график проведения НИИ

№ работ	Вид работы	Исполнители	T _{кi}	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	■				
2	Подбор и изучение литературы по соответствующей теме	Руководитель Студент	11	■	■			
3	Составление плана исследования	Руководитель, студент	3		■			
4	Изучение методик по работе с оборудованием, необходимого для проведения исследования	Руководитель, студент	7		■			
5	Изготовление и подготовка	Студент	28		■			

Порошок ZrO ₂	кг	0,1	500	57,7
Порошок ZrN,	кг	0,1	2000	230
Абразивы	шт	15	35	603
Спирт этиловый ректификованный ГОСТ 5962- 2013	л	0,3	1200	414
Вата медицинская	кг	0,3	400	138
Пластификатор	кг	0,1	200	30
Алмазная паста	кг	0,03	350	12,075
Перчатки	шт	4	7	32,2
Царская водка	л	0,1	150	17,25
Итого:				1800

Представим результаты расчета потребности специальное оборудование НТИ (таблица 4.11). При проведении исследования производить покупку специального оборудования не потребовалось, так как все необходимое оборудование уже находилось, либо на базе отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ. Поскольку затраты на спецоборудование равны нулю, необходимо посчитать его амортизацию. Таблица 4.11 – Расчет величины амортизационных отчислений

Тип оборудования	Стоимость, руб.	Срок эксплуатации, лет	Срок использования в НТИ, кал. дн.	Амортизационные отчисления, руб.
Весы	19000	3	5	85,9
Смеситель С 2.0	130000	4	2	178,08
Разрывная машина Р-20	550000	15	6	602,73
Электропеч СНВЭ-1.3.1/16	2000000	8	20	17250,58
Планетарная мельница Активатор 2SL	600000	15	10	382,64
Вибропривод ВП-С/220	150000	10	7	383,561
Компьютер	40000	3	10	156,6

Микроскоп ЛабоМет-И	200000	5	3	258,8
Наноиндентор	6000000	10	2	25362,6
Итого:				45000

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

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей (таблица 4.12), с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей (таблица 4.13).

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-выпускник
Календарное количество дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени, F_d	223	223

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p = \frac{Z_M * M}{F_d} = \frac{Z_{окл} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p * M}{F_d} * T_p$$

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{осн.рук.} = \frac{45000 * (1 + 0,3 + 0,3) * 1,3 * 11,2}{223} * 12 = 54000 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента-выпускника:

$$Z_{осн.ст.} = \frac{11280 * (1 + 0,3 + 0,3) * 1,3 * 11,2}{223} * 74 = 87200 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.13

Таблица 4.13 – Основная заработная плата сотрудников

Исполнители	З _{окл, руб.}	к _{пр}	к _д	к _р	З _{м, руб.}	Т _{р, р.дн.}	З _{осн, руб.}
Научный руководитель	45000	0,3	0,3	1,3	56413	12	54000
Студент-выпускник	11280	0,3	0,3	1,3	14664	74	87200
Итого:							141200

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

$k_{доп} = 0,12-0,15$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования).

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Дополнительная заработная плата сотрудников

Исполнители	З _{осн, руб}	З _{доп, руб}
Научный руководитель	54000	6480
Студент-выпускник	87200	10464

Представим расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления). Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

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

Отчисления в социальные внебюджетные фонды представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн, руб}	З _{доп, руб}
Научный руководитель	54000	6480
Студент-выпускник	87200	10464
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, $k_{внеб.}$	0,3	
Итого:	47443,2 руб.	

На основе представленных выше результатов расчета потребности в ресурсах составим бюджет проекта (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Результаты расчета бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	1800
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	45000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	141200
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16934
5. Отчисления во внебюджетные фонды	47443,2
6. Накладные расходы	37210
Итого затрат НИИ	289587,2

4.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной, экономической эффективности исследования

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{285000}{350000} = 0,81$$

где Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах.

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

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

где a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 4.17 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 (данный проект)	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Экономичность	0,15	4	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	5
Итого:	1	4.3	3.5	3.6

$$I_{p-исп1} = 0,1 * 5 + 0,15 * 4 * 3 + 0,2 * 4 + 0,25 * 4 = 4,1$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 * 2 + 0,15 * 4 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 = 3,5$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,15 * 3 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 5 = 3,65$$

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

$$I_{\text{исп.}n} = \frac{I_{p-\text{исп.}n}}{I_{\text{фин.}p}^{\text{исп.}i}}$$

Таким образом $I_{\text{исп.}1} = 5,06$, $I_{\text{исп.}2} = 4,32$, $I_{\text{исп.}3} = 3.65$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}1}}{I_{\text{исп.}2}}$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	0,85	0,91
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,5	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5,06	4,32	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,17	1,18

Итак, значения интегральных показателей эффективности позволяют выбрать более эффективный вариант решения поставленной в

бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наиболее эффективна бакалаврская разработка.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б71	Цзя Сяочэн

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

Тема ВКР:

Синтез керамических материалов нового поколения на основе оксикарбонитридных фаз циркония

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Исследование проводилось в лабораториях Томского политехнического университета, в 8 корпусе. В 4 различных лабораториях. Общая площадь помещений составляет 170 м².</p> <p>В лабораториях разрывная машина, весы, смеситель, установка для измерения плотности порошков, вибропривод, шлифовальный станок, печи. Область применения: научные лаборатории, машиностроительные заводы</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.1.005-88. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. " 3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 4. ГОСТ 12.4.051-87. 5. СНиП 2.01.02-85. 6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ 7. ГОСТ 12.2.032-78. 8. СанПиН 2.2.4.548-96. 9. СНиП 11-2-80. 10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
--	---

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы: шум, вибрация, плохое освещение, вредные вещества Опасные факторы: поражение электрическим током В целях индивидуальной защиты от вредных веществ рекомендуется использовать респираторы, либо применение специальных систем вытяжек ГОСТ 12.1.005-88 Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности При повышенном уровне шума, во избежание негативных воздействий шума рекомендуется использовать средства и методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80; применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>При выполнении дипломной работы ущерб незначительный. Возможны отходы от порошков в минимальных количествах.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Типовая ЧС при исследовании: возникновение пожара. Источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре).</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.21 г
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин Андрей Александрович	Д.т.н.		26.02.21 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б71	Цзя Сяочэн		26.02.21 г

5. Социальная ответственность

Введение

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Целью данного раздела является выполнение и анализ вредных и опасных факторов труда при работе над твердофазным синтезом оксикарбонитридных порошков в инертной атмосфере, оценка условий труда микроклимата рабочей среды, также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда [11].

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Работник лаборатории работает в двух положениях: сидя (преимущественно) и стоя. Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Категории работ - по ГОСТ 12.1.005-88. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а

также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Электробезопасность в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ обеспечивается: конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Требования к планам эвакуации в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.143-2002 включает в себя указание путей эвакуации, эвакуационных выходов и мест размещения спасательных средств, аварийных выходов [12].

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Энергоснабжение лаборатории осуществляется от трехфазной сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью, переменного тока частотой 50 Гц. Электрооборудование, используемое в лаборатории согласно ПУЭ относится к установкам напряжением до 1000 В. Условия, создающие особую опасность (особая сырость, химически активная или органическая среда, токопроводящая пыль и др.) в данном помещении отсутствуют. Поэтому по степени опасности поражения электрическим током помещение лаборатории относится к классу помещений без повышенной опасности, т.к. отсутствует возможность одновременного прикосновения человека к заземленным металлическим поверхностям и корпусу оборудования.

Рабочая зона - это часть пространства, в котором осуществляет основная трудовая деятельность, и проводится большая часть рабочего времени. При организации рабочего места, необходимо соблюдать

следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места; достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения; необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач; уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения [13].

5.2 Производственная безопасность

Данная работа выполнялась в лабораториях Национально-исследовательского Томского Политехнического Университета. Она относится к научно-исследовательским работам, выполняется с целью расширения, углубления, систематизации знаний по определенной научной проблеме. Работа посвящена синтезу оксикарбонитридных фаз. В процессе проведения исследований необходимо предусмотреть ряд мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности исследователя, т.к. возможно воздействие электрического тока, высоких температур, вредных веществ, повышенных умственной и нервно-психологической нагрузок и других факторов.

Таблица 5 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
Повышенный уровень шума	+	+		1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация 2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиен ические требования
Пыль и вредные вещества	+		+	

Плохая освещенность	+	+		<p>к микроклимату производственных помещений</p> <p>3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий</p> <p>4. ГОСТ 12.4.051-87. Система стандартов безопасности труда</p>
Пониженная подвижность воздуха	+	+		
Вибрация	+	+		
Поражение электрическим током	+	+		

По характеру физической нагрузки, данная исследовательская работа относится к разряду легких, но она связана с большой умственной нагрузкой. Длительная работа в помещении при повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении, а также при наличии других опасных и вредных производственных факторов, неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда [14].

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов

- Пониженная подвижность воздуха

Пониженная подвижность воздуха в помещении часто вызывала духоту – это связано с плохой циркуляцией воздуха, уменьшением количества кислорода и увеличением углекислого газа. На это могло повлиять отсутствие вентиляции и систем кондиционирования. Решить

проблему поможет проветривание, а также установка в рабочее помещение вентиляторов или систем кондиционирования, но стоит учитывать, что согласно СанПиН 2.2.4.548–96 повышенная скорость воздуха в помещении вызывает ощущение сквозняка, поэтому подвижность воздуха не должна превышать 0.1 м/с.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, считается категорией легких работ. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.1 [15].

Таблица 5.1 – Требования к микроклимату помещения

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая - Ia	22-24	40-60	0,1
	Легкая - Ib	21-23	40-60	0,1
Теплый	Легкая - Ia	23-25	40-60	0,1
	Легкая - Ib	22-24	40-60	0,2

В помещении, где проводились испытания, не все показатели сходятся с нормативными. Показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – Условия микроклимата в производственных лабораториях ТПУ

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая	20	25	≤ 0.1

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в помещении во время холодного периода года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, дабы не было охлаждения, но, так как в лабораториях установлены пластиковые окна, применение средств защиты не потребовалось. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей [17].

- Шум

В процессе проведения работы для измельчения и смешивания порошков ZrO_2 , ZrC , ZrN используется центробежная машина с планетарно движущимися барабанами. Материал дробится и измельчается в размольных барабанах при помощи мелющих шаров. На мелющие шары и материал действуют центробежные силы, обусловленные вращением барабанов вокруг собственной оси и вращающимся опорным диском.

Уровень шума может быть выше ~ 80 дБ (А). Колебания сильно зависят от скорости, измельчаемого материала и типа мелющих шаров. Если уровень шума достигает 70-90 децибел (дБ), при продолжительном воздействии на человека происходит снижение остроты зрения, слуха, повышается кровяное давление, понижается внимание. Сильный продолжительный шум может стать причиной изменений сердечно-сосудистой и нервной систем [18].

Основной документ, регламентирующий максимально допустимые уровни шума при которых можно работать без использования противошумных наушников (или берушей) представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. "Шум на рабочих местах, в помещениях"

Вид трудовой деятельности	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц).									Эквивалентные уровни шума, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

Научная работа, расчеты, конструирование.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Офисы, лаборатории.	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
Офисы с речевой связью, помещения мастеров и т.п.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Сосредоточенная работа в помещениях с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Все виды работ в цехах и на территориях предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Планетарная мельница является устройством с силовым электропитанием (380В, 3 фазы) и высокоскоростными движущимися механическими частями (барабанами). Место установки мельницы должно быть оборудовано: подводом электроэнергии 380 V, 3 фазы, 4 проводная проводка, подводимая мощность не менее 2.5 кВт, подводом охлаждающей воды (водопровод), сливом воды (канализация), столом для установки мельницы, вытяжным шкафом для загрузки и разгрузки барабанов, просева порошка [19].

- Вибрация

В данной работе вибрация возникает при использовании вибропривода и при воздействии внешних факторов.

Вибрация - является вредным производственным фактором. Вибрация - это механические колебания твёрдых тел, передаваемые

организму человека. Они могут быть причиной расстройства сердечно-сосудистой и нервной системы, а так же опорно-двигательной системы человека. Уровень вибрации в пределе - $\leq 65-75$ дБ (СН 2.2.4/2.1.8.566-96). Измерение вибрации производится прибором ВШВ-003, снабженным датчиком вибрации. Нормативным документом, рассматривающим уровни шума для различных категорий рабочих мест, служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-88 [20], [21].

5.2.2 Электробезопасность

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции.

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Могут быть следующие виды воздействий:

- термическое (ожог);
- электрическое;
- механическое (электрометаллизация);
- биологическое (паралич мышц, электрический удар).

Устанавливаются предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12.1.038 – 82. Мероприятия по защите от поражения электрическим током – защитное заземление. Данное помещение, где использовалось оборудование, относится к помещениям без повышенной опасности [22].

5.2.3 Экологическая безопасность

Научно-исследовательская лаборатория в процессе выполнения ВКР не оказывает влияние на природную окружающую среду. В процессе работы могут образовываться только небольшие отходы порошков ZrO_2 , ZrC , ZrN . Отходы после переработки могут найти применение в производстве вторичных сплавов, в металлургическом производстве. Способ утилизации заключается в том, что порошки, преимущественно ZrO_2 , ZrC , ZrN , прессуют с одновременным отжигом. Данный процесс относится к области утилизации отходов промышленности, а именно к переработке металлического порошка. Продукт переработки может найти применение в производстве вторичных циркониевых сплавов, в черной металлургии при легировании.

Во всех крупных городах есть фирмы, занимающиеся утилизацией светильников. В Томске таких фирм несколько. Это один из вариантов утилизации.

НИР не влияет на гидросферу, т.к. все исследования происходят в закрытых помещениях, а отходы не выбрасывают в воду [23].

На первом этапе НИР происходит предварительная подготовка материала. Таким материалом являются порошки. Данный материал поступает лаборатории, как правило, в насыпном или упакованном виде. При работе с данным веществом следует учитывать, что входящие в его состав фракции являются мелкодисперсными. Данное обстоятельство не позволяет работать с материалом на открытом воздухе, т.к. велика вероятность распространения частиц порошка на многие километры. Кроме того, исключив работу с порошками на открытом воздухе, нельзя полностью исключить его распространение на прилегающие территории и поступление в водные объекты (гидросфера), чему способствует транспортировка, обработка, утилизация материала после завершения

работы. Распространение частиц порошков оказывает негативное влияние в большей степени на почву(литосфера), изменяя ее кислотно-щелочной баланс, а также на растительный покров, закупоривая поры и нарушая тем самым растительный метаболизм.

Так как подготовка порошков происходит в закрытом помещении, какое-то количество порошка может загрязнить рабочую зону при пересыпании. При проведении данной работы окна бывают открыты, тем самым часть порошковых частиц выводится наружу вместе с воздухом, тем самым наносит вред атмосфере. Чтобы этого избежать надо проводить работу максимально внимательно и аккуратно, а в помещении должен стоять вытяжной шкаф [24].

5.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Непосредственно в лаборатории могут возникнуть взрыв оборудования и пожар.

Причиной взрыва может стать разгерметизация, искра, удар молнии.

При взрыве образуется очаг взрыва, ударная волна которого способна вызвать масштабные разрушения. Также при взрыве возникает световое излучение – совокупность инфракрасного, ультрафиолетового и видимого излучений [25].

Причиной пожара в лаборатории может быть:

- нарушение технологического режима;
- короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления;
- износ и коррозия оборудования и др.

Используемый технологический процесс согласно СНиП 11-2-80 относится к категории Д, т.к. использует негорючие вещества в холодном

состоянии. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02 – 85 предусмотрены средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации. Пожарные извещатели преобразуют неэлектрические физические величины в электрические, которые в виде сигнала определенной формы направляются по проводам на приемную станцию [26].

На случай возникновения чрезвычайной ситуации должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий: рассредоточение и эвакуация; укрытие людей в защитных сооружениях; обеспечение индивидуальными средствами защиты; организация медицинской помощи пострадавшим.

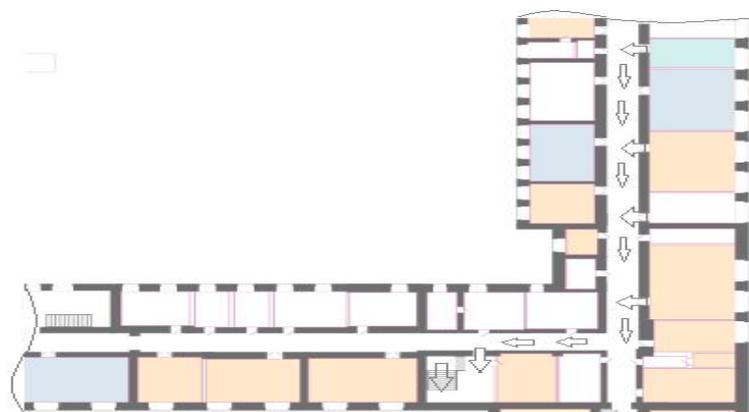


Рисунок 5.3 – План эвакуации при ЧС из лабораторий ОМ НИ ТПУ

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

транспорта [27].

Вывод по разделу:

В лаборатории рабочее место около каждой установки должно быть обеспечено возможностью свободного доступа для эксплуатации и ремонта. При этом установки не должны загромождать проход в случае ЧС. Рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достижим при работе у любой части установки.

В лабораторных аудиториях должны висеть огнетушители, а также силовой щит, позволяющий мгновенно обесточить его, т.к. имеется большое количество оборудования. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, требуется вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

Заключение

1. В ходе выполнения работы были исследованы физические и технологические свойства порошков оксида, карбида и нитрида циркония: гранулометрический состав, форма и размер частиц, прессуемость и формуемость.

2. Вакуумное спекание не дает высоких физико-механических свойств. Видно, что плотность после спекания уменьшилась, либо осталась неизменной практически у всех исследованных порошков. Этому есть два объяснения. Во первых, для таких тугоплавких соединений, которыми являются оксиды, карбиды и нитриды циркония, температура спекания 1500°C не обеспечивает диффузионный массоперенос и, следовательно, усадку. Во-вторых, разуплотнение, возможно произошло из-за фазовых переходов и химического взаимодействия компонентов.

3. Горячее прессование в инертной атмосфере является эффективным методом консолидирования керамики на основе оксикарбонитридных фаз циркония. Характеристики спечённых образцов:

$E_{IT} = 418902$ МПа, $H_{IT} = 21975$ МПа) для 50% ZrO₂ -50% ZrN,

$E_{IT} = 304452$ МПа, $H_{IT} = 10769$ МПа) для 33% ZrO₂ - 33% ZrC - 34% ZrN.

Значения плотности составили ρ (50% ZrO₂ -50% ZrN)=6,2 г/см³, ρ (33% ZrO₂ - 33% ZrC - 34% ZrN)=6,13 г/см³.

4. Представлены результаты проектирования и создания конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области, рассмотрены вопросы ресурсоэффективности, ресурсосбережения и социальной ответственности.

Список использованных источников

1. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии , композиционные материалы. В 2-х т. Том 2. Формование и спекание: Учебник для вузов. М.: МИСИС, 2002. - 320 с.
2. Никифоров В.С. Кортон М.Г., Казанцева К.А. , Свойства моноклинного оксида циркония. Журнал — ,2016 – 45с.
3. Иванов-Павлов, Д. А., Конаков, В. Г., Голубев, С. Н., Ануфриков, Ю. А. Исследование взаимосвязи фазового состава керамик $Y_2O_3-TiO_2-ZrO_2$ и их электрохимических свойств. вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 4: физика, химия, (1), —2010, —145с.
4. <https://www.ceramtec.ru/ceramic-materials/zirconium-oxide/>
5. Зимичев А.М. , Е.П. Соловьева волокно диоксида циркония для высокотемпературного применения .Изд. Авиационные материалы и технологии , —2014, —61с.
6. <http://www.yaregaruda.ru/ru/node/53>
7. Земскова Л.А. Модифицированные углеродные волокна: сорбционные и электрохимические свойства : Автор. дис. канд. техн. наук. –, 2011. – 50 с.
9. Смирнов В. В. Керамические конструкционные материалы с низкой температурой спекания на основе диоксида циркония, Перспективные материалы . —2018 г. —5. —65 с.
10. Науменко В.Я.. Получение карбидов переходных металлов IV-V групп в областях их гомогенности. Порошковая металлургия, 1970, №10, — 220 с.
11. Шумилова Р.Г., Т.Я. Косолапова. Получение карбида циркония в полупромышленном масштабе. Порошковая металлургия, 1968, №4, —86 с.
12. Самсонов Г. В. Физическое материаловедение карбидов. — Научная думка, 1974. — 454 с.
13. Кипарисов С.С., Левинский Ю. В., Петров А.П. , Машиностроительные материалы, Металлургия, 1987 г. — 216 с.

14. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 111 с.
15. Ефремова О.С. : Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты работающих от них. Альфа-Пресс, 2005 г.-296с
16. П. А. Долина. Техника безопасности в электроэнергетических установках: справочное пособие. «Энергоатомиздат». Москва 1987. – 400 с.
- 17.Е.А. Алябьшева, Е.В. Сарабаева и др. Промышленная экология: – ГОУ ВПО «Марийский государственный университет». Йошкар-Ола 2010. – 110 с.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
19. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
20. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"
21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
22. ГОСТ 12.4.051-87. Система стандартов безопасности труда
23. СНиП 2.01.02-85 .Противопожарные нормы
24. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы
25. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
26. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
27. СНиП 11-2-80 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений