

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 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование композитов на основе оксидов титана и алюминия, полученных в процессе совместных реакций СВС и алюмотермии

УДК 621.763:669.719:544.452.12.057

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Николаев Иван Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Коростелева Е.Н.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кацук И.В.	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Технологии космического материаловедения	Мартюшев Н.В.	к.т.н., доцент		

**Результаты обучения по
по направлению 15.04.01 Машиностроение
магистерская программа
«Технологии космического материаловедения»**

<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественнонаучные, математические и инженерные <i>знания</i> при разработке наукоемких технологий изготовления и обработки новых материалов и изделий из них для аэрокосмической техники
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой материалов и изделий РКТТ, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов в аэрокосмической техники
P4	Разрабатывать технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для изделий РКТ, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке, с подготовкой и анализом технической документации
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования, расчеты на прочность</i> в области современных технологий обработки материалов, производства узлов, деталей и конструкций в РКТ
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> и обслуживать современное высокотехнологичное производство, обеспечивать его <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие знания по проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранном языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации.
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> .
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности.

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 (специальность) 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ9К	Николаев Иван Олегович

Тема работы:

Исследование композитов на основе оксидов титана и алюминия, полученных в процессе совместных реакций СВС и алюмотермии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.04.2021, № 112-21/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования являются спеченные композиционные порошки на основе Ti, Fe, Al, C, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ и TiO ₂ полученные в результате реакций СВС и алюмотермии
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Изучение литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки в области получения и применения композиционных порошков; актуальность работы и постановка задачи; методы получения и исследования объекта исследования; анализ результатов выполненной работы; заключение.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Шайкина О.И.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Основная часть, Литературный обзор, Материалы и методы исследований, Результаты исследования, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, Социальная ответственность – русский язык.

На иностранном языке выполнены следующие разделы диссертации:

Литературный обзор

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Коростелева Е.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Николаев Иван Олегович		

РЕФЕРАТ

Работа включает в себя 103 страниц, таблицы 27, рисунков 23, 5 глав, 1 приложение, 16 литературных источников.

Ключевые слова: композиционный порошок, титан, алюминий, алюмотермия, спекание, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Цель работы: исследование возможных реакций в процессе спекания порошковых смесей $Ti+Al+Fe_2O_3$, $Ti+Fe+Al_2O_3$, $Ti+Al+C+Fe_2O_3$ и $Ti+Fe+Al_2O_3+TiC$ с малым содержанием оксидов при вариации температуры спекания. Исследование роли механоактивации порошковых смесей $Ti-Al-Fe_2O_3$ и $Ti-Al-TiO_2$ с малым содержанием оксидов для синтеза композиционных порошков со связкой на основе титана в режиме горения и теплового взрыва. Исследование структуры и фазового состава продуктов синтеза. Сравнение фазового состава и свойств композитов вида «матрица (Ti,Al,Fe) – включения $(TiC+Al_2O_3)$ », полученных из исходных смесей разного состава разными методами (синтез, спекание).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Обзор литературы.....	9
1.1 Основы порошковой металлургии	9
1.2 Технологические процессы получения порошковых материалов	10
1.3 Виды синтеза порошковых материалов	13
1.4 Алюмотермия	18
1.5 Особенности порошковых материалов на основе сочетания компонентов Ti, Fe, Al, C, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ и TiO ₂	19
Материалы и методы исследований	22
2.1 Материалы	22
2.2 Механоактивация реакционных порошков.....	25
2.3 Методики исследования.....	30
3 Результаты исследования.....	32
3.1 Влияние технологии смешивания на спекаемость и формируемую структуру синтезированных металлокерамических композитов	32
Заключение	44
Список использованной литературы.....	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	47
Социальная ответственность	75
Приложение А	

Введение

В современном мире введение высокоэффективных технологических процессов играет важнейшую роль в производстве. Это обозначает с минимальными материальными и временными затратами получить высококачественное изделие. При этом не изменяется требование (малый удельный вес, сочетающийся с высокой прочностью и твердостью, износо- и коррозио-стойкостью, точность и надежность изготовления) для изготовленной продукции.

Металломатричные композиты привлекают большое внимание в различных областях, что связано с их высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Улучшение работоспособности конструкций для автомобиле-, авиа-, и судостроении может дать использование конструкционных материалов, которые обладают уникальными свойствами. Такими конструкционными материалами являются композиционные материалы (КМ), которые состоят от двух или более разнородных по химическому составу материалы. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) является перспективным для получения КМ. Это дает возможность изготовления изделий с нужными и необходимыми свойствами. В настоящее время известны несколько сот реакций синтеза материалов методом СВС. В различии от классических твердотельных способов синтеза, характеризующихся длительной термической обработкой при высоких температурах, синтез горением может быть завершен за короткое время и требует гораздо меньшего энергопотребления, поскольку он использует тепловую энергию, выделяемую в реакциях горения.

Получаемые композиционные материалы с помощью СВС превосходят характеристикам любой из своих компонентов по отдельности. Композиты обладают не свойственным индивидуальным компонентам характеристикам.

Их применение повышает нужные нам свойства, уменьшая расходуемые материалы.

Чтобы увеличить срок службы изделий нужно повысить износостойкость деталей, жаропрочность, а также увеличив твердость и прочность. В качестве твердого, тугоплавкого и упрочняющего композита актуальны КМ на основе титана. Титан и сплавы на его основе находят широкое применение в космическом материаловедении, в машиностроении и судостроении, в строительстве и медицине.

Кроме того, порошковая металлургия помогает снижению загрязнения окружающей среды вредными веществами и газами. То есть, обеспечивает большую экологическую чистоту. С применением технологий порошковой металлургии решается большой круг задач по созданию новых материалов, способных многократно повысить механические свойства (прочность, износостойкость), обеспечить условия устойчивой деятельности при повышенных температурах [2].

Благодаря сокращения отходов на механическую обработку (5...7%) и снижения трудоёмкости производства (уменьшение операций с 30 – 40 до 4 – 6;), а также высвобождения значительного количества станков и увеличения 10 производительности труда в 2 – 2,5 раза достигается экономический эффект при внедрения технологий порошковой металлургии [3].

1 Обзор литературы

1.1 Основы порошковой металлургии

Порошковая металлургия занимается изготовлением металлических порошков и различных деталей из них. Она находит все более широкое применение. Сущностью порошковой металлургии заключается в изготовлении смесей из металлических и неметаллических материалов.

Классическая порошковая технология базируется на использовании простых, в основном однофазных или монокомпонентных порошков, полученных традиционными металлургическим, механическим или физико-химическим способами. Как правило, для производства порошкового изделия используют смесь порошков различного типа. В связи с этим в основе дизайна конечного изделия лежит анализ оптимального (допустимого) соотношения используемых компонентов и общих термомеханических условий обработки выбранного порошкового материала [1-3].

За более чем семидесятилетнюю историю промышленной порошковой технологии сформировался комплекс основополагающих теорий и научных подходов, описывающих базовые физико-химические процессы, реализуемые в ходе производства порошковых материалов. С использованием этих феноменологических описаний была разработана основная линейка композиционных материалов, используемых в различных отраслях промышленности. В частности, в обрабатывающей индустрии, транспорте, авиастроении и др. широкое применение нашли порошковые композиционные материалы на основе титана.

История метода, связанного с применением порошков металлов, сплавов и тугоплавких соединений, началась в глубокой древности. Уже тогда, как свидетельствуют находки археологов, порошка золота, меди и бронзы применяли как краску и использовали для декоративных целей в керамике и живописи. [4]

Главной отличительной чертой в технологии порошковой металлургии являются ниже перечисленные свойства:

- Подготовленную смесь прессовать в специально изготовленной пресс-формах;

- Синтез спрессованных деталей;

В порошковой металлургии из-за своего отличия есть несколько преимуществ:

- возможность изготовления смесей из материалов, содержащих и металлические, и неметаллические порошки.

- возможность получения материалов с контролируемой пористостью, которое невозможно получить плавлением и литьем.

Как и во всех отраслях, в порошковой металлургии есть и свои недостатки:

- к основному недостатку нужно отнести высокую стоимость порошков металлов в отличьях от сплавов.

- отсутствует методы получения порошков из бронзы, латуни и др. Детали которые получают из металлического порошка более подвержены к коррозии. Причем окисление происходит по всему изделию, а не с верхних слоев как обычно. Металлокерамические изделия имеют такие же относительно низкие пластические свойства (удлинение, ударная вязкость).

1.2 Технологические процессы получения композиционных материалов

После того как были получены порошки разных элементов, начинается технологический процесс приготовления порошковой смеси, содержащей несколько разных с нужными нам характеристиками порошковых компонентов. Порошки взвешивают в нужных пропорциях и затем осуществляют перемешивание порошков во вращающихся барабанах, в мельницах различного типа, смесителях или иных механических устройствах.

Исходя от исходных порошков, которые будут входить в композиционный материал, их необходимо смешивать таким способом, который позволит достичь их равномерное смешивание при наименьшей затрате времени и наименьшей потере порошков. Для полного прохождения реакции синтеза необходимо тщательное перемешивание порошковых компонентов, чтобы обеспечить однородность порошковой смеси по составу. Наряду с сухим смешиванием в шаровых мельницах применяют мокрое и вакуумное смешивание. Во всех случаях неизбежно происходит загрязнение смеси посторонними примесями, например, продуктами износа камеры и шаров, диспергирующей жидкостью или продуктами ее взаимодействия с порошком, кислородом воздуха.

При смешивании композиционных порошков руководствуются следующими правилами:

1. Однородная смесь из нескольких порошков получается только при близких размерах частиц.

2. Смешивание различных порошков достигается тем быстрее, и полученная порошковая смесь получается тем однороднее, чем меньше размеры частиц в исходном состоянии.

3. Если смешиваемые порошки необходимо получить в отличающихся друг от друга количествах, т.е. если одни порошки должны содержаться в меньших количествах, а другие в больших. В этом случае сначала порошок, входящий в меньшем количестве, смешивают с приблизительно равным количеством порошка, входящем в большем количестве, постепенно добавляя при перемешивании остальное количество порошка.

После размешивание получаем смесь порошка с однородным распределением частицами разного материала прессуют.

Гидравлическое прессование - технологический процесс, который дает нам возможность плавно уплотнить наш порошок относительно медленными скоростями. Медленная скорость важна, когда прессуется мелкие порошки под большим давлением, так как во время прессования особенно возможен

риск появления расслоения в наших композиционных материалах. Еще важной особенностью является так и возможность выдержка прессуемой композиционной заготовки необходимого давления, чтобы обеспечить контакт между частицами порошка, а также разновидность режимов гидравлического пресса. Во время процесса идет деформация или разрушение порошка. В пресс-форме теряя пористость, стремительно увеличивается контакт между частицами, после которого мы получим нужную форму и достаточную прочность. Идет деформация или разрушение порошка. Под давлением порошок приобретает другие свойства и меняется структура – площадь контакта приобретает большее значения между частицами, повышается прочность, уменьшается пористость.

В нашем случае мы прессовали порошки титан (ТПП8), алюминий (ПА-4) и сажа углерода (П-803), оксида железа (ЧДА), оксида алюминия (АО-120), оксида титана (А-01) и промышленного карбида титана (СВС ТУ 6-09-492-75). заготовку цилиндрической формы высотой 10-15 мм и диаметром 10 мм для последующего синтеза. Прессование проводилось на гидравлическом прессе МС-500 (рис. 1).



Рисунок 1 – Гидравлический пресс МС-500.

1.3 Виды синтеза порошковых материалов

1.3.1 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС)

СВС – экзотермический химический процесс горения, протекающий в автоволновом режиме в смесях порошков и приводящий к образованию спеков порошков. СВС представляет собой режим протекания экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в узком слое и передается от слоя к слою путём теплопередачи.

Достоинство технологии СВС заложено в самом принципе — использование выделяющегося тепла химических реакций вместо нагрева вещества от внешнего источника, поэтому СВС процессы успешно конкурируют с традиционными энергоёмкими технологиями. Порошковую смесь (шихту) помещают в реактор и в газовой среде производят локальное

иницирование процесса (зажигание). Затем происходит самопроизвольное распространение волны горения, охватывающую всю смесь, завершение реакции и остывание синтезированного продукта.

На рисунке 2 показана схема процесса синтеза. А на рисунке 3 показан СВС процесс.

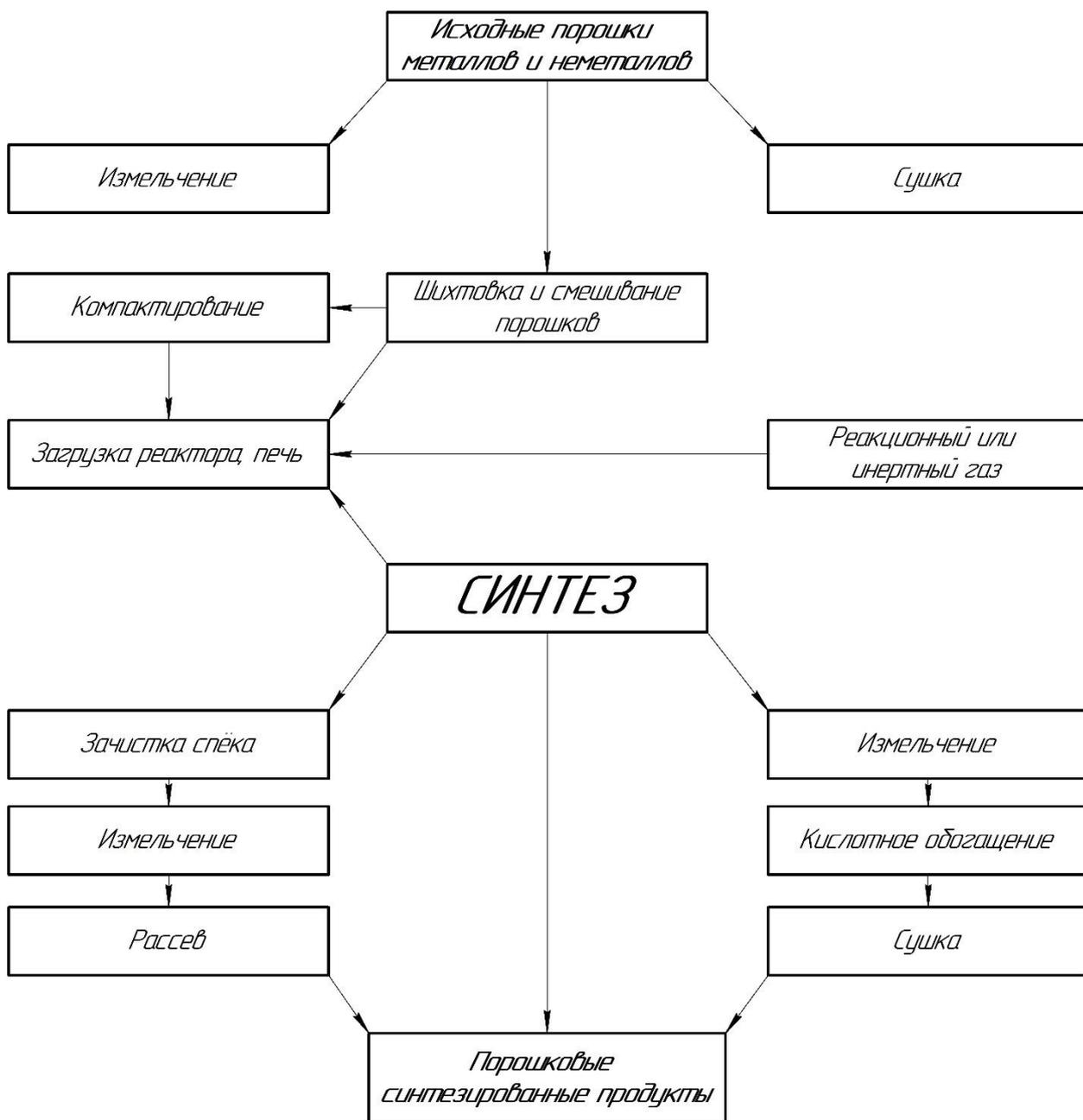


Рисунок 2 - Схема СВС технологии производства порошков

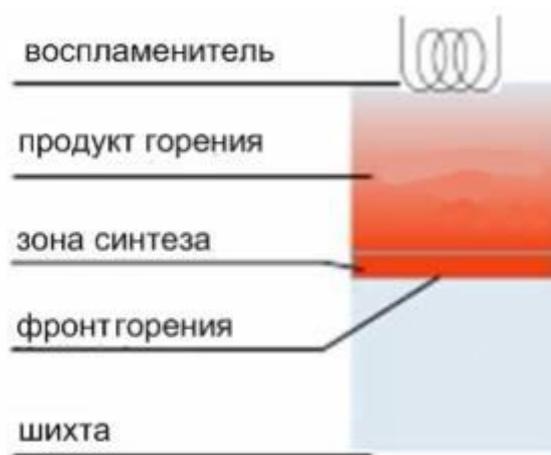


Рисунок 3 - Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

1.3.2 Тепловой взрыв

Экзотермическая реакция в зависимости от условий может протекать по-разному. При относительно малых температурах она проходит с малой скоростью и с небольшим разогревом. В этом режиме возможно тепловое равновесие между реагирующей системой и окружающей средой. Такой режим называется стационарным, так как теплоприток от реакции компенсируется теплоотдачей в окружающую среду. Однако при изменении условий возможен переход к другому режиму — нестационарному, когда теплоприток от реакции превышает теплоотвод в окружающую среду. Скорость реакции в этом случае возрастает по экспоненциальному закону, температура системы также возрастает, и при определенных условиях происходит тепловое воспламенение (тепловой взрыв). Резкий переход от одного режима к другому может происходить при малом изменении внешних условий. Условия, при которых происходит переход к режиму воспламенения при незначительном изменении внешних воздействий, называются критическими.

1.3.3 Реакционное спекание

Суть процесса спекания заключается в том, что в формованном порошковом теле имеется свободная энергия с повышенным уровнем в виде энергии на границе раздела фаз порошка и среды, энергии на границах зерен, избыточной энергии кристаллической решетки. и др. зоны контактов между частицами и соединения частиц порошка, контактирующих друг с другом. Для того, чтобы этот процесс происходил, требуется определенная энергия активации, которая обеспечивается соответствующим нагревом порошковой заготовки.

Под спеканием понимается термически активированный, самопроизвольный или внешний переход системы контактирующих твердых тел или пористой среды в термодинамически более сбалансированное состояние из-за уменьшения свободной поверхности.

Процесс спекания условно подразделяется на три стадии. На начальной стадии происходит припекание частиц порошка друг к другу, сопровождающееся увеличением межчастичного контактного перешейка между ними. На этой стадии сохраняется структурная индивидуальность отдельных частиц порошка. На второй стадии спекания порошковое тело может быть представлено в виде совокупности двух взаимно проникающих фаз — фазы вещества и фазы пустоты. На этой стадии формирование замкнутых пор еще не закончено, а контакты между частицами исчезают, границы между элементами структуры уже не связаны с начальным расположением границ между частицами. На конечной стадии спекания пористое тело содержит в основном изолированные поры и его уплотнение является следствием уменьшения числа и объема пор.

Возможны две основные разновидности процесса спекания: *твердофазное*, происходящее без расплавления входящих в состав сплава компонентов, и *жидкофазное*, при котором легкоплавкие компоненты смеси

порошков расплавляются. В случае взаимодействия компонентов с образованием химических соединений спекание будет *реакционным*.

Активированное спекание. Активированным называется спекание при дополнительном воздействии физических и химических факторов, вызывающих ускорение процесса спекания и интенсификацию изменений свойств материала. Конечной целью активированного спекания является сокращение времени достижения заданной пористости и прочности материала, снижение температуры спекания. Так, в ряде случаев температура спекания снижается на 200–700 °С, что в итоге позволяет уменьшить энергетические затраты на этот процесс.

При активировании необходимо учитывать явления, влияющие на протекание процесса спекания, т. е. образование и рост зон контактов между частицами порошка. Интенсифицировать процессы массопереноса на поверхности частиц и пор можно, влияя на протекание поверхностной диффузии и процесса переноса вещества через газовую/поровую фазу, повышая соответственно эффективный коэффициент поверхностной диффузии и давление внутрипоровых паров. Коэффициент поверхностной диффузии больше, чем объемный, и не так сильно зависит от температуры. Поэтому можно ожидать большего влияния поверхностной диффузии, пока поверхность пор еще велика, а температура невысока, т. е. на начальной стадии.

Физическими факторами, активирующими процесс спекания, являются измельчение исходного порошка (обычно путем механической активации), предварительное прессование заготовки вместо свободного заполнения, изменение скорости нагрева или циклическое изменение температуры и т.п. *К химическим факторам* относятся *окислительно-восстановительные* реакции (включая металлотермию), процессы диссоциации химических соединений (в том числе деградация оксидов, карбидов титана), химическая транспортировка спекаемого вещества и др.

Практика спекания. Для технологии изготовления изделий наиболее существенное значение имеет анализ процесса спекания, выявляющий возможности управления этим процессом. Основными технологическими параметрами процесса являются температурный режим, продолжительность и способ нагрева заготовки, среда спекания, параметры предварительной обработки порошка давлением и др.

Температура спекания, как правило, составляет 0,6–0,9 от абсолютной температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента, входящего в шихту. Время спекания изменяется в довольно широких пределах (от нескольких минут до нескольких часов) и зависит от состава и пористости материала, размеров спекаемых изделий, конструкции печи и т. д.

На процесс спекания оказывает влияние и давление прессования исходных заготовок. С увеличением плотности прессовок усадка их уменьшается, т. е. относительное увеличение плотности при спекании больше для брикетов, спрессованных при меньшем давлении.

Заготовки спекаются из порошка в среде защитно-восстановительного газа или в вакууме. Использование защитных и восстановительных сред необходимо для защиты спеченных материалов от окисления при термообработке и восстановления оксидных пленок на поверхности частиц.

1.4 Алюмотермия

К пирометаллургическим способам относится металлотермия. Металлотермия (от металлы и греч . therme - жар, тепло), металлургические процессы, основанные на восстановлении металлов из их соединений (оксидов, галогенидов и др.) более активными металлами, и протекающие с выделением теплоты (напр., алюминотермия, магниетермия). Впервые металлотермические реакции изучил и подробно описал Н. Н. Бекетов (1865г.). В настоящее время применяется восстановление алюминием – алюминотермия и восстановление кремнием - силикотермия. Эти процессы используются главным образом при получении безуглеродистых

ферросплавов хрома, ванадия, титана, вольфрама и др [2]. Различают выпечные, электропечные и вакуумные металлургические процессы.

Алюминотермия, алюминотермический процесс - получение металлов и сплавов восстановлением окислов металлов алюминием. Шихта (из порошкообразных материалов) засыпается в плавильную шахту или тигель и поджигается с помощью запальной смеси. Если при рекуперации выделяется много тепла, выпечная алюминотермия проводится без добавления тепла извне, развивается высокая температура (1900-2400 °С). Процесс протекает с высокой скоростью, образующийся металл и шлак хорошо разделяются. Если вырабатывается недостаточно тепла, в шихту вводят подогревающую добавку или проводят плавку в дуговых печах.

Сочетание алюминия с кислородом сопровождается огромным выделением тепла, намного больше, чем со многими другими металлами. В связи с этим, когда смесь оксида соответствующего металла и порошка алюминия нагревается, происходит бурная реакция, которая приводит к высвобождению свободного металла из поглощенного оксида. Метод восстановления при помощи Al (алюминотермия) часто применяют для получения ряда элементов (Cr, Mn, V, W и др.) в свободном состоянии.

Алюмотермией иногда пользуются для сварки отдельных стальных частей, в частности стыков трамвайных рельсов. Применяемая смесь ("термит") состоит обычно из тонких порошков Al (75%) и Fe₃O₄ (25%), которая поджигается при помощи запала из смеси Al и BaO₂ (зажигательная смесь готовится из порошка Al и Na₂O₂ или BaO₂ в соотношении 1:1).

1.5 Особенности порошковых материалов на основе сочетания компонентов Ti, Fe, Al, C, Al₂O₃, Fe₂O₃ и TiO₂

В настоящее время, с увеличением мирового парка автомобилей фильтры нейтрализаторы стали неотъемлемой частью. Керамические фильтры более

дешевы, и поэтому более распространены, однако керамический нейтрализатор довольно хрупок и боится механических воздействий. Пористый металлокерамический материал, полученный с использованием самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) лишен этих недостатков и включает в себя их достоинства, именно из-за этого необходимо создание новых пористых материалов с заданными свойствами. «Rhodia Electronics and Catalysis SAS» (Франция) в качестве компонента фильтра нейтрализатора используются композиты из оксидов церия, титана, циркония и редкоземельных металлов, а в качестве катализатора платина. Производство данных фильтров-высокозатратно. Актуальным остается получение таких продуктов более дешевым способом.

Композиты с металлической матрицей, армированные частицами, представляют собой группу материалов, которые могут использоваться в областях, связанных с износостойкостью и устойчивостью к коррозии, благодаря их низкой стоимости, простоте изготовления, высокой жесткости, модулю упругости и изотропным свойствам. Несмотря на более высокую плотность композитов на основе железа, их более низкая стоимость производства и более изотропные свойства делают эти материалы привлекательными для многих приложений. Типы армирования, их совместимость с матрицей и их объемная доля оказывают значительное влияние на свойства этих композитов [3]. Среди всех керамических армирующих частиц карбид титана (TiC) благодаря своим выдающимся свойствам, включая высокую температуру плавления (3250°C), высокую твердость (2890–3200 HV), низкую плотность (4,93 г / см³), высокий модуль упругости (269 ГПа), превосходная коррозионная стойкость и хорошая термодинамическая стабильность с расплавом Fe является подходящим кандидатом для изготовления композитов на основе Fe. Данные композиты могут применяться в качестве радиационно-стойких материалов.

Так же такие параметры необходимы ряда областей техники, в которых такие материалы необходимы для обеспечения долговременной эксплуатации

измерительных устройств и конструкций.

Сочетание данных Ti, Fe, Al, C, Al₂O₃, Fe₂O₃ и TiO₂ компонентов предположительно можно использовать от деталей космического оборудования до автомобилестроения. На данный момент точечного применения какого-либо композиционного порошкового материала не избрана, и находится в стадии разработки.

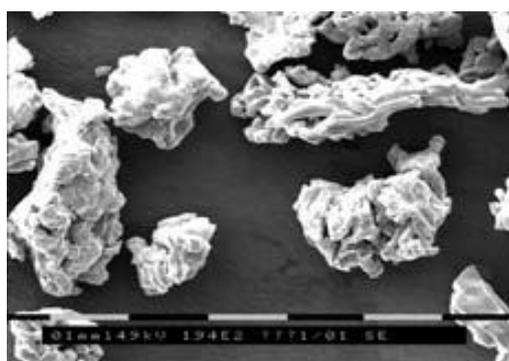
В работе были поставлены такие задачи как отработка технологии получения композиционных порошковых материалов методом порошковой металлургии, исследование характеристик синтезированных образцов (морфология и микроструктура и фазовый состав, внутри частичная пористость и т.п.)

2 Материалы и методы исследований

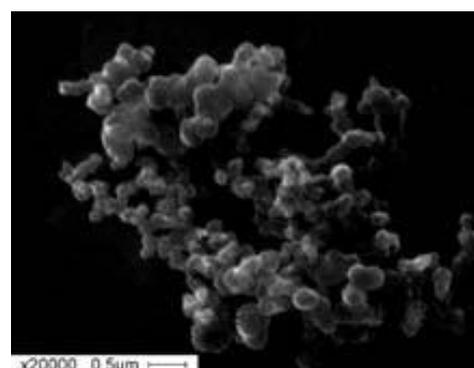
2.1 Материалы

В этой части рассмотрены исследуемые материалы, а также описаны применяемые аппараты, методики и материалы для достижения поставленных целей исследования.

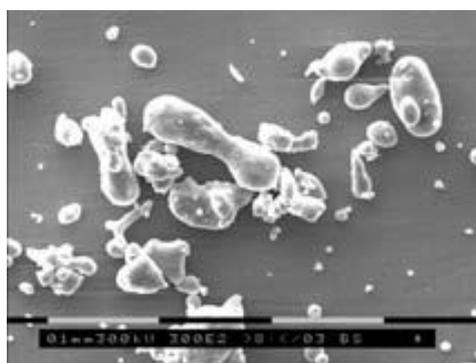
В диссертации исследуется синтез трех- и четырехкомпонентных металлокерамических композитов из различного сочетания порошков титана марки ТПП-8 (крупнозернистый, фракции <160 мкм и <125 мкм) алюминия (ПА-4, <100 мкм.), сажи углерода (П-803, <300 нм.) и оксида железа (ЧДА, <120 мкм), оксида алюминия (АО-120, <120 мкм), оксида титана (А-01, <25 мкм) и промышленного карбида титана (СВС ТУ 6-09-492-75, <10 мкм). Морфология исходных порошков представлена на рисунке 4.



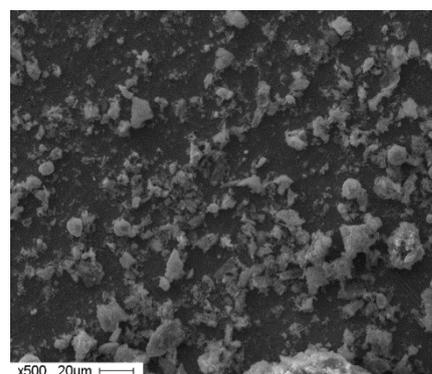
а



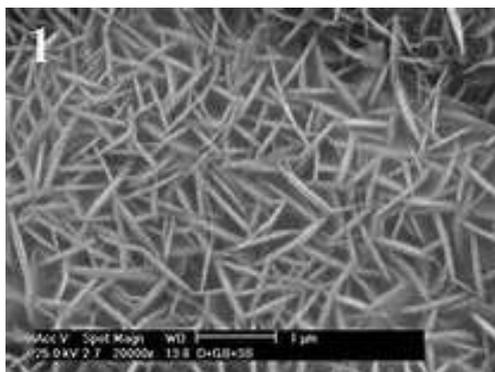
б



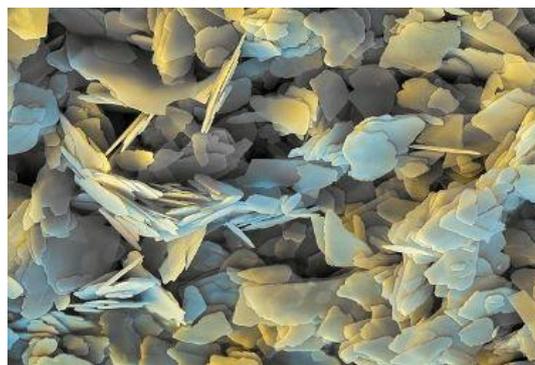
в



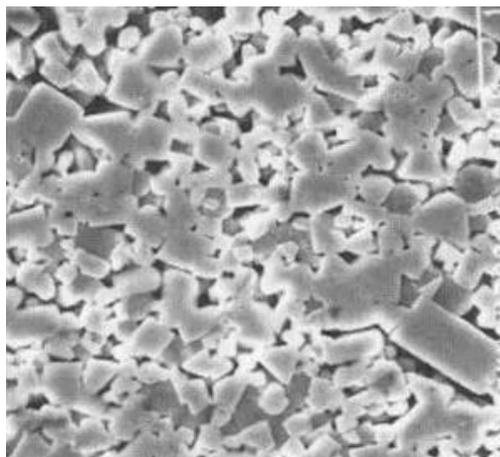
г



д



е



ж

Рисунок 4 - Морфология исходных порошков: а - титан ТПП-8; б – сажа углерода П-803; в - алюминий ПА-4; г – оксид железа ЧДА; д- оксид алюминия АО-120; е – оксид титана А-01; ж – карбид титана СВС ТУ 6-09-492-75

Для решения поставленной задачи были выполнены исследовательские работы, представленные в таблице 1

Таблица 1 – Этапы выполнения экспериментальных исследований.

1	Расчет и составление смесей металлических и неметаллических порошков
2	Смешивание—>активация
3	Прессование
4	Синтез порошковых смесей
5	Измерение параметров после синтеза (габаритные размеры)

Продолжение таблицы 1

6	Шлифовка торца для РСА, приготовление шлифов для металлографии
7	Полировка, травление
8	Исследование структуры и параметров

Составление порошковых смесей происходило в различных пропорциях используемых в качестве компонентов порошков Ti+Al+Fe₂O₃, Ti+Fe+Al₂O₃, Ti+Al+C+Fe₂O₃, Ti+Fe+Al₂O₃+TiC и Ti+Al+TiO₂. Составленные смеси в процентном содержании представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы смесей

Целевой фазовый состав после спекания	Состав смесей для спекания, вес.%	Название смеси
(Ti-Fe)+ 10 вес. % TiC	61,2 Ti; 28,8 Fe; 10 TiC	II MA
	61,2Ti, 28,8Fe, 10TiC	II
(Ti-Fe)+10 вес % Al ₂ O ₃	61,2Ti, 28,8Fe, 10 Al ₂ O ₃	I
	79Ti, 15,7Fe ₂ O ₃ , 5,3 Al	III
	79Ti, 21(Fe ₂ O ₃ +Al)	III MA
Ti+Al ₂ O ₃	83 Ti, 17 (MA TiO ₂ +Al)	IV MA
	83Ti, 5,3Al, 11,7TiO ₂	IV
(Ti-Fe)+ Al ₂ O ₃ +TiC	61,2Ti, 28,8Fe, 5Al ₂ O ₃ , 5TiC	I-4(A)
(Ti-Fe)+ TiC+Al ₂ O ₃	Ti(78,2), Al (5,3), Fe ₂ O ₃ (15,7), C(0,8)	III-4(B)
	Ti(78,2), Al (5,3), Fe ₂ O ₃ (15,7), C(0,8)	III-4(C) MA

Для взвешивания порошков использовались аналитические электронные весы модели GH-202 (рис. 5).



Рисунок 5 – Аналитические электронные весы GN-202, для взвешивания порошков.

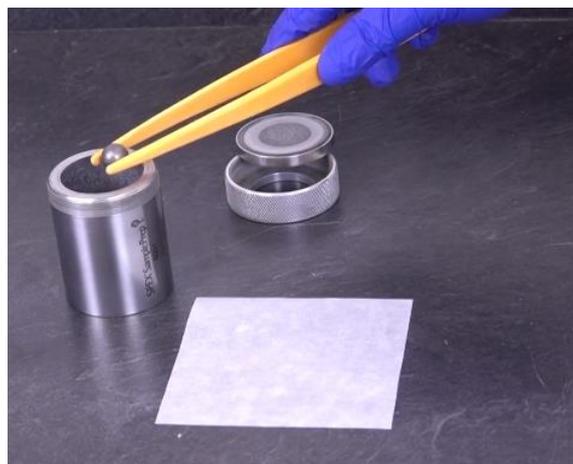
2.2 Механоактивация реакционных порошков

Смешивание порошков очень важный этап. Смешивание напрямую воздействует на итоговый результат. Металлические и неметаллические порошки надо перемешивать в конкретных пропорциях, которая определяется в ходе экспериментов. Операция смешивание порошка делали с помощью шаровой мельницы 8000MMixer/Mill (рисунок 2.3а). Нужно рассчитать скорость смешивание, так как если превысить так называемую «критическую» скорость, центробежная скорость вызовет прилипание смешивающихся примесей к стенкам контейнера. Формула критической скорости:

$$V = \frac{42,4}{\sqrt{d}}, \text{ об/мин,}$$



а



б

Рисунок 6 – а - шаровая мельницы 8000M Mixer/Mill, б – контейнер в котором происходило смешивание

Как правило мельница вертится со скоростью, составляющей 70-75% критической скорости. Эта скорость гарантирует более действенное опрокидывание смешивающих тел. В данной работе значение критической скорости составило 200 об/мин., в соответствии с этим лучшая скорость вращения мельницы составила 140 об/мин. Процесс сухого смешивания происходил в контейнере, изображение которого приведено на рисунке 2.3б. Корпус смешивающего контейнера в данной работе имел состав карбонитрида титана ($TiCN_4$) длина и диаметр которого равны, 5 см и 4,5 см, соответственно, два навинчиваемых колпачка из карбонитрида титана, шарик аналогичного состава, диаметр которого 1 см, а также две уплотнительных прокладки.

Использовали активатор 2s (рисунок 7). Огромным плюсом этого активатора является измельчение во всех работа режимах: ударный, сдвиговый, ударно-сдвиговый и вихревой.



Рисунок 7 - Активатор 2s

- центробежное ускорение до 80 G
- независимый привод центрального диска и барабанов
- время непрерывной работы до нескольких часов
- компьютерное управление (USB)
- водяное охлаждение барабанов
- встроенный контроль температуры барабанов (по охлажденной воде)

Механоактивация изменяет условия контактного плавления, кристаллизации, образуются новые поверхности. На создание неравновесных состояний материалов и их поверхностей направлены самые разнообразные современные способы активации исходных смесей в технологиях синтеза новых материалов.

Схема, иллюстрирующая агломерирование порошков при интенсивном режиме механоактивации (рис. 8).

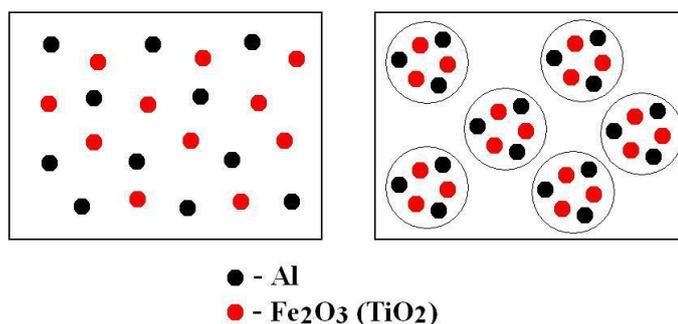


Рисунок 8 – Иллюстрация процесса механоактивация

Некоторые смеси помимо просто перемешивания были так же механоактивированы и синтезированы.

Прессование: формование образцов происходило на МС-500. Порошковые компакты (прессовки) были приготовлены в виде цилиндрических образцов диаметром 10 мм и высотой 10-15 мм.

Прессование осуществляли с использованием пресс-формы с подвижными верхним и нижним пуансоном (рис. 9). Пористость исходных (сырых) компактов составляла от 35 до 38 % в зависимости от типа состава.

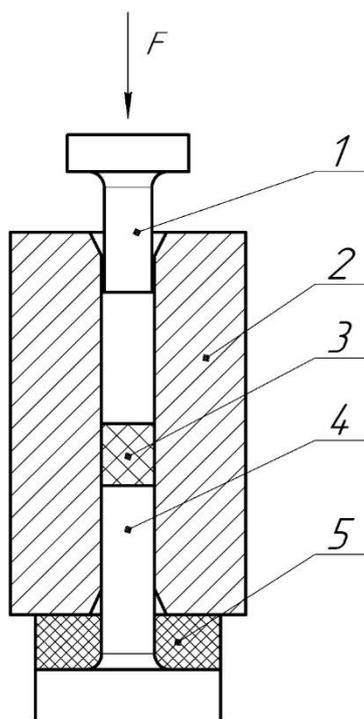


Рисунок 9 – Двухсторонняя цилиндрическая пресс-форма с «плавающим» пуансоном: 1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – порошковая смесь; 4 – нижний пуансон; 5 – резиновый демпфер.

После формование образцов, образцы спекли на электропечи СНВЭ-1.3.1/16 (рис. 2.6) в не ниже 10^{-2} Па.



Рисунок 10 - Электропечь СНВЭ-1.3.1/16

Поскольку скорость нагрева в реагирующих системах с образованием соединений имеет большое значение, то для прессовок из элементарных порошков с участием алюминия интенсивность нагрева варьировалась на разных этапах спекания: от комнатной температуры до $450-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ приращение температуры было со скоростью $5-10\text{ }^{\circ}/\text{мин}$; далее с $450-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ нагрев замедляли до $2-4\text{ }^{\circ}/\text{мин}$ до достижения заданной температуры спекания. Такой двухэтапный нагрев обусловлен тем, что при сохранении высокой скорости нагрева ($5-10\text{ }^{\circ}/\text{мин}$) при достижении температуры образования жидкой фазы ($650-670\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит ее бурное выделение, и она не успевает равномерно растекаться по всему объему, формируя высокий градиент концентраций алюминия. В результате могут сформироваться препятствующие дальнейшему взаимодействию промежуточные фазы в виде «жестких» каркасов.

Замедление скорости нагрева дает возможность сбалансировать приток наружной тепловой энергии и потенциальный вклад экзоэффекта.

Шлифование. Впоследствии всех вышеперечисленных операций делалось шлифование образцов. Шлифование проходило на шлифовальном-полировальном станке Saphir 520 (рис 11).



Рисунок 11 - Saphir 520

Шлифование проходила в 6 этапов:

Первый этап: шкурка 20Н, $t=10$ мин, $F=40\text{N}$, $V=500$ об/мин;

Второй этап: шкурка P600, $t=10$ мин, $F=40\text{N}$, $V=500$ об/мин;

Третий этап: шкурка M40, $t=15$ мин, $F=30\text{N}$, $V=350$ об/мин;

Четвертый этап: сукно, алмазная паста фракцией 28/20, $t=10$ мин, $F=20\text{N}$, $V=250$ об/мин;

Пятый этап: сукно, алмазная паста фракцией 7/5, $t=15$ мин, $F=30\text{N}$, $V=200$ об/мин.

Шестой этап: сукно, суспензия 1/0, $t=10$ мин, $F=30\text{N}$, $V=200$ об/мин.

После полировки образцы травили реактивом Келлера ($94\% \text{H}_2\text{O} + 3\% \text{HF} + 3\% \text{HNO}_3$), время травления 10 сек., затем образцы промывались проточной водой и протирались спиртом.

2.3 Методики исследования

Исследование композиционных материалов производилось следующими способами:

Рентгеноструктурный анализ проводили на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН (ДРОН-7) (рис. 12). Идентификация фаз была проведена с использованием картотеки рентгеновских данных ASTM.



Рис. 12 – Рентгеновский дифрактометр ДРОН-7

Структурные исследование продукта проводили на оборудовании AXIOVERT-200MAT (рисунок 12). С помощью данного микроскопа проводили металлографические наблюдения.



Рисунок 13 – AXIOVERT-200MAT Микроскоп инвертированный

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации были получены и исследованы композиционные материалы на основе Ti, Fe, Al, C, Al₂O₃, Fe₂O₃ и TiO₂. Выбрали вместо СВС процесса реакционное спекание, так как для завершения СВС было недостаточно энергетического вклада из-за большого количества Ti.

Было показано различие в формировании структуры между идентичными по составу, но с различной технологией смешивания композитов.

В процессе выполнения исследования было показано, что для определенного сочетания металлических и оксидных компонентов можно добиться хорошей спекаемости с высоким процентом уплотнения. При этом формируется структура металломатричного композита на основе связки «титан/титан-железо» с оксидными включениями.

Список использованной литературы

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для. В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. М.: Металлургия, –1987. – 792 с.
2. R.M. German, Powder Metallurgy & Particulate Materials Processing, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ. – 2005. – 522 p.
3. Карпинос Д.М. Композиционные материалы. Справочник. Киев: Наукова думка. – 1985. – 588 с.
4. Батаев В.А., Батаев А.А. Композиционные материалы. Строение. Получение. Применение: учеб. пособие. М.: ЛогоС. Университетская книга. –2006. – 400 с.
5. Guanghua Liu, Jiangtao Li, Kexin Chen Combustion synthesis of refractory and hard materials: A review // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2013. – V.39. – P. 90-102. 4. Moore J.J., Feng H.J. Combustion synthesis of advanced materials: Part I. Reaction parameters // Progress in material science. –1995. – V.39. – P. 243-273.
6. Moore J.J., Feng H.J. Combustion synthesis of advanced materials: Part II. Classification, application and modeling // Progress in material science. – 1995. – V.39. – P. 275-316.
7. Gu D., Wang H., Zhang G. Selective Laser Melting Additive Manufacturing of Ti-Based Nanocomposites: The Role of Nanopowder // Metallurgical and Materials Transactions A. – 2014. – V. 45. – P. 464-476
8. Рогачев А.С., Мукасян А.С. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетику. М.: Физматлит. – 2012. – 400 с.
9. Travitzky N., Fu Z., Knyazeva A., Janssen R., Nekludov D., Yin X., Greil P. Reactive Synthesis of Ceramic-Metal Composites // Advanced Engineering Materials. – 2018. – V. 20. №. 8. – P. 1800324.
10. Cincotti A., Licheri R., Locci A.M., Orru R. and Cao G. A review on combustion synthesis of novel materials: recent experimental and modeling results

// Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2003. – V. 78. № 2-3. – P. 122-127.

11. Liua G., Chena K., Li J. Combustion synthesis: An effective tool for preparing inorganic materials // Scripta Materialia. – 2018. – V. 157. – P. 167-173.

12. Liu G., Chen K., Li J. Combustion synthesis: An effective tool for preparing inorganic materials // Scripta Materialia. – 2018. – V. 157. – P. 167-173.

13. Frikha K., Limousy L., Bouaziz J., Bennici S., Chaari K., Jeguirim M. Elaboration of alumina-based materials by solution combustion synthesis: A review // Comptes Rendus Chimie. – 2019. – V. 22. – P. 206-219.

14. Е.А. Левашов, А.С. Рогачев, В.И. Юхвид, И.П. Боровинская. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. — М.: Бином, — 1999, — 176 с.

15. Попов А.А., Илларионов А.Г., Россина Н.Г., Гриб С.В., Металловедение и термообработка сплавов титана. Структура и свойства: учебное пособие. — Екатеринбург. : УрФУ, — 2013. — 268 с.

16. Чечулин Б. Б. Титановые сплавы в машиностроении. — Л.: —Машиностроение, — 1977. — 248 с.

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

Студенту:

Группа 4АМ9К	ФИО Николаев Иван Олегович
------------------------	--------------------------------------

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедения
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала

Оценка конкурентоспособности ИР
Матрица SWOT
Диаграмма Ганта
Бюджет НИ
Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.21
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		08.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Николаев Иван Олегович		08.02.21

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Титан-алюминиевые композиты широко применяются при создании материалов с высокой прочностью, жаро- и коррозионной стойкостями, температурой плавления и т.д. На данный момент их разновидность их получения очень много. Целью настоящего раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта на тему: «Исследование композитов на основе оксидов титана и алюминия, полученных в процессе совместных реакций СВС и алюмотермии». Для достижения цели данного раздела необходимо оценить перспективность и успешность научно-исследовательского проекта, полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

Целью магистерской диссертации является: исследование возможных реакций в процессе спекания порошковых смесей $Ti+Al+Fe_2O_3$, $Ti+Fe+Al_2O_3$, $Ti+Al+C+Fe_2O_3$ и $Ti+Fe+Al_2O_3+TiC$ с малым содержанием оксидов при вариации температуры спекания.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Научный проект заинтересован в тех потребителях, которые заинтересованы в его разработке. Следовательно, необходимо четко представлять, кто является конечным потребителем проекта или, кто может

стать им в будущем и по какой причине они эту разработку приобретают, т. е. в итоге определить свой целевой рынок.

Рассмотрим целевой рынок и проведем сегментирование по применению порошковых материалов и изделий из них, в различных отраслях промышленности. Принимаются во внимание два критерия: отрасль промышленности и объем потребления. На основании этих критериев составляется карта сегментирования рынка в виде таблицы 4.1.

Из анализа сегментов рынка видно, что композиционные изделия с крупным объемом потребления относятся к космической промышленности и авиастроению, средний объем относится к машиностроению, а мелкий объем потребления к приборостроительной отрасли.

Таблица 4.1– Карта сегментирования рынка

		Отрасль промышленности		
		Машиностроение	Космическое промышленность и авиастроение	Приборостроение
Размер компаний	Мелкий			+
	Средний	+		+
	Крупный	+	+	

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для изготовления деталей и инструментов в машиностроении применяют различные материалы: инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, твердые сплавы, минералокерамические материалы и алмазы. Методы изготовления изделий также развиваются. Наибольшее распространение при получении режущего инструмента, предназначенного для работы в отсутствии охлаждающих жидкостей и высоких скоростей вращения и подачи, получили технологии порошковой металлургии. Однако на данный момент всё большее распространение получают методы синтеза композиционных

порошков, к которым относится реакционное спекание, оно и применялось в нашем исследовании.

Технология приготовления:

- Смешивание порошков
- Прессование
- Реакционное спекание
- Исследование

Использование титана в качестве материала связки позволяет получать материалы с высокой удельной прочностью и износостойкостью.

К композиционным порошкам системы «Ti+Al+Fe₂O₃, Ti+Fe+Al₂O₃, Ti+Al+C+Fe₂O₃ и Ti+Fe+Al₂O₃+TiC» в настоящее время проявляется интерес, в связи с возможными преимуществами разработки материала с более улучшенными свойствами. Композиты из оксидов железа представляют интерес из-за их превосходных механических свойств и химической стабильности по отношению к металлам. Композитные материалы из оксида железа обладают магнитными свойствами. Настоящее изобретение предлагает фотокатализатор, включающий композитный материал, содержащий соединение железа, которое в больших количествах существует в земной коре и, таким образом, стабильно поставляется и имеет высокую безопасность для окружающей среды. Фотокатализатор настоящего изобретения является недорогим, имеет высокую эффективность, легко восстанавливается и используется повторно, имеет чрезвычайно низкое загрязнение окружающей среды и способен значительно снизить себестоимость.

В настоящее время для получения композиционных порошков применяют вакуумное спекание прессованных смесей порошков оксида железа, титана, алюминия с последующим дроблением спеков. Однако с точки зрения производственных и экономических показателей это дорогой и низко производительный способ. В этих отношениях

предпочтительней выглядит метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

На данный момент конкурентов в данной разработке нету, так как это технически новое направление, и оно только начало свое развитие.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.2- Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	B_{κ}	K_{ϕ}	K_{κ}
1	2	4	5	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,15	4	3	0,6	0,45
2.Простота технологии нанесения покрытия	0,15	4	3	0,6	0,45
3.Энергоэкономичность	0,05	2	3	0,1	0,15
4. Надежность	0,07	3	4	0,21	0,28
5. Уровень шума	0,05	2	3	0,1	0,15
6.Экологичность материала	0,10	3	3	0,3	0,3
7. Область применения покрытия	0,15	4	4	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,13	4	4	0,52	0,39
2. Цена	0,1	4	4	0,4	0,3

Продолжение таблицы 4.2

3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
Итого	1	34	35	3,63	3,5

Из проведенного в таблице 4.2 анализа видно, что метод СВС позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах по сравнению с методом вакуумного спекания порошковых смесей, имея значительное преимущество по следующим параметрам:

- простота нанесения покрытий;
- энергозатраты на производство партии продукта

4.1.3 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 4.3

SWOT-анализ – это выявление сильных (S – strength) и слабых (W – weakness) сторон исследуемого объекта, что описывает внутреннюю среду, а также возможностей (O – opportunities) и угроз (T – troubles) внешней среды.

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность модифицирования состава исходного материала;</p> <p>С2. Высокая</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки;</p> <p>Сл2. Новые материалы с непредсказуемой структурой</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 4.3

	<p>работоспособность изделия; С3. Улучшенные свойства композиционных материалов; С4. Снижение себестоимости изделия</p>	<p>Сл3. Отсутствие потребителей Сл4. Вероятность получения брака;</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е использование научного оборудования); В2. Возможность внедрения технологии в производство; В3. Возможность участие в грантах, для повышения производительности изделия; В4.Появление дополнительного спроса на новый продукт;</p>	<p>С1В2 внедрения технологии в производство за счет варьирования состава; С4В2 – вероятность расширения количества поставщиков (снижение себестоимости изделия); С2 В3 участие в грантах приводят к улучшению высокой работоспособности изделия;</p>	<p>В1Сл4 –новейшее оборудование, позволит на ранних стадиях исследование, выявить и предотвратить появление брака</p>
<p>Угрозы: У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований. У2.Отсутствие оборудования для массового производства; У3.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства приводит к несвоевременно выполнению заказов изделия ;</p>	<p>С1У1-возможность варьированием состава, позволит создавать новые и более качественные конкурентоспособные изделия.</p>	<p>Сл2У2- при применении технологии для серийного может получиться новый материал с ненужными свойствами.</p>

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается

либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах 4.4-4.7.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	-
	B2	-	-	-	+	+
	B3	+	+	+	-	-

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	-
	B2	-	-	+
	B3	-	+	-

Таблица 4.6 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	+	+
	У3	-	+	+	-	-

Таблица 4.7 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность модифицирования состава исходного материала;</p> <p>С2. Высокая работоспособность изделия;</p> <p>С3. Улучшенные свойства композитных материалов;</p> <p>С4. Снижение себестоимости изделия</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки;</p> <p>Сл2. Новые материалы с непредсказуемой структурой;</p> <p>Сл3. Отсутствие потребителей</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е. использование научного оборудования);</p> <p>В2. Возможность внедрения технологии в производство;</p> <p>В3. Возможность участие в грантах, для повышения производительности</p>	<p>В1С1</p> <p>В2С4С5</p> <p>В3С1С2С3</p>	<p>В1Сл1</p> <p>В2Сл3</p> <p>В3Сл2</p>

Продолжение таблицы 4.8

изделия; В4.Появление дополнительного спроса на новый продукт;		
Угрозы: У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований. У2. Отсутствие оборудования для массового производства; У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства приводит к несвоевременно выполнению заказов изделия ;	У1С1 У2С2С4С5 У3С2С3	У1Сл2 У2Сл1Сл3 У3Сл2

Проанализировав матрицу SWOT можно сказать, что у исследовательского проекта есть как сильные, так и слабые стороны. Улучшение свойств поверхностей изделий или получение совершенно новых композиционных изделий, обеспечит актуальность этой темы на протяжении многих лет, а возможность модифицирования исходного состава порошков продлит этот срок еще большим количеством времени. Угрозы У1 и У2 представляются серьезными и являются объектами для внимания при выводе разработки на рынок.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Хронологически упорядоченные вышеуказанные данные сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	НР
	2	Календарное планирование выполнения НИР	И, НР
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	И, НР
	4	Выбор методов исследования	И, НР
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	И, НР, ИНЖ
	6	Подготовка материалов	И, НР
	7	Проведение эксперимента	И, НР, ИНЖ
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	И, НР
	9	Оценка правильности полученных результатов	И
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	И, НР

НР(научный руководитель) – Коростелева Елена Николаевна

И(исследователь) – Николаев Иван Олегович

ИНЖ(инженер-технолог) – Кривопапов Владимир Петрович

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 бюджета.

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ – 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (3.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

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:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.5)$$

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 4.10.

Таблица 4.10 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнитель	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.					
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$			$T_{КД}$		
					НР	И	ИНЖ	НР	И	ИНЖ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Постановка целей и задач.	НР	1	3	1,8	2,16	–	–	2,6	–	–
Разработка календарного плана.	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,34	–	4,05	4,1	–
Подбор и изучение литературы по тематике.	НР, И	7	11	8,6	2,1	10,32	–	2,53	12,44	–
Подготовка литературного обзора	НР, И	6	10	7,6	1,37	9,12	–	1,65	10,99	–
Подготовка материалов	НР, И	10	12	10,8	12,96	2,6	–	15,62	3,13	–
Выполнение исследовательской работы.	И, ИНЖ	21	28	23,8	2,86	28,56	22,85	3,45	34,41	27,53
Анализ результатов	НР, И	15	19	16,6	17,93	19,92	–	21,61	24	–
Оформление результатов исследования	И	23	26	24,2	–	29,04	–	–	34,99	–
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	–	5,37	8,97	–
Итого:				102,4	47,2	107,34	22,85	56,88	123,03	27,53

Примечание: НР – научный руководитель, И – исполнитель, ИНЖ – инженер-технолог

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.11)

Таблица 4.11 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Этап	НР	И	ИНЖ	Февраль 2021			Март 2021			Апрель 2021			Май 2021		
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	2,6	–	–	■											
2	4,05	4,1	–	■	■										
3	2,53	12,44	–		■	■									
4	1,65	10,99	–			■	■								
5	15,62	3,13	–				■	■							
6	3,45	34,41	22,85					■	■						
7	21,61	24	–							■	■				
8	–	34,99	–									■	■		
9	5,37	8,97	–											■	

Научный руководитель – ■ Исследователь – ■ Инженер технолог – ■

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

4.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

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

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

К данной статье расходов относится стоимость материалов и оборудование. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3–5% от цены). Расходы, связанные с приобретением сырья, материалов и комплектующих изделий, а так же транспортно-заготовительные расходы для проведения исследования представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Марка	Кол-во	Цена за ед., руб	Сумма, руб.
Порошок титана, ТПП-8	ТПП-8	1 кг	4800	4800
Порошок алюминиевый, ПА-4	ПА-4	1 кг	545	545
Сажа, П-803	П-803	1 кг	50	50
Оксид титана	А-01	1 кг	550	550
Порошок оксида железа	ЧДА	1 кг	6000	6000
Порошок кабида титана	СВС ТУ 6-09-492-75	1кг	4100	4100
Корундовый порошок	АО-120	1 кг	670	670
Титановая пластинка		5 шт	300	1500
Наждачная бумага	Р60, Р120, Р240	10 шт	25	250
Алмазная паста	6, 9, 15 микрон	5 шт	300	1500
Электроэнергия				1435,15
Всего за материалы				21400,15

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:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

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

Таблица 4.13 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Гидравлический пресс МС-500	1	15	1	6,6	790000	4345
2	Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	1	7	1	14	750000	8750
3	Смеситель пьяная бочка	1	5	4	20	230000	15333
4	Вытяжной шкаф	1	5	4	20	26230	1748,66
5	Полировальный станок «Saphir 520»	1	9	1,5	11	95000	1306,25
6	Микроскоп «Axiovert 200 mat»	1	16	0,7	6	34795	121,78
7	Компьютер	1	5	4	20	35000	2333,33
Итого:							33938

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:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.
(таблица 4.14).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{62400 \cdot 10,3}{261} = 2\ 644,8 \text{ руб}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя исследователя)

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{23887,5 \cdot 11,2}{243} = 1\ 100,9 \text{ руб} \quad (4.10)$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера технолога)

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{54307,5 \cdot 11,2}{243} = 2\ 503,1 \text{ руб}, \quad (4.11)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}} = 32\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 62400 \text{ руб.}, \quad (4.12)$$

– для исследователя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}} = 12250 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 23887,5 \text{ руб.} \quad (4.13)$$

– для инженера-технолога:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}} = 27850 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 54307,5 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – 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 4.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер-технолог/исследователь
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	52/5	18/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	261	243

Таблица 4.15 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$	$Z_{\text{дн}}$	$T_{\text{раб}}$	$Z_{\text{осн}}$
Руководитель	32 000	1,2	1,1	1,3	62400	2 644,8	47,2	124834,6
Исследователя	12 250	1,2	1,1	1,3	23 887,5	1 100,9	107,34	118170,6
Инженера-технолога	27 850	1,2	1,1	1,3	54 307,5	2 503,1	22,85	57195,84
Итого:								300201

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 124834,6 = 18725,18 \text{ руб} \quad (4.15)$$

– для исследователя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 118170,6 = 17725,59 \text{ руб}, \quad (4.16)$$

– для инженера-технолога:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 57195,84 = 8579,35 \text{ руб}, \quad (4.17)$$

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

Таблица 4.16 - Расчет дополнительной заработной платы

	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	124834,6	18725,18
Исследователь	118170,6	17725,59
Инженер-технолог	57195,84	8579,35
Итого		45030,15

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.18)$$

где, $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (300201 + 45030,15) = 103569,3 \text{ руб}$$

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

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

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, равный 0,16.

$$C_{\text{накл.}} = 0,16 \cdot 504138,625 = 80662,18$$

4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
33 938	21 400,15	300201	45030,15	103569,345	504138,645	80662,18	584800,83

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИР для исследования порошковых материалов по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.17 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Текущий Проект	Исп.1
1	Материальные затраты НИР	21 400,15	32 645,6
2	Амортизация	33 938	56670,3
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	300201	340687
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	45030,15	51103
5	Отчисления во внебюджетные фонды	103569,345	117537
6	Накладные расходы	80662,18	105368
Бюджет затрат НИР		584 800,83	704010,9

Где:

Исп.1 – Аналог

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.

4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования

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 НИР рассмотрены:

- 1) Экстрагированием оксида кремния из рисовой шелухи;
- 2) Смешивание кремнийсодержащего материала с фторидом аммония.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.19)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 584\,800,83$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 704010,9$ руб,

$$I_{\text{ф}}^{\text{тек.пр}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{584800,83}{704010,9} = 0,83$$

$$I_{\text{ф}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{704010,9}{704010,9} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки, разрабатываемый вариант считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Разрабатываемая технология подразумевает уменьшение количества отходов и количества комплектующих.

3.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Безопасность при использовании установки	0,25	4	4
2. Стабильность работы	0,25	5	4
3. Удобство в эксплуатации	0,3	5	3
4. Энергосбережение	0,1	4	5
5. Материалоёмкость	0,1	5	3
ИТОГО	1	4,65	3,7

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 = 3,7$$

4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (4.20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,83} = 5,6, \quad I_{исп.2} = \frac{3,7}{1} = 3,7$$

Интегральный показатель эффективности определяет расчетную сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_i}{I_1} \quad (4.21)$$

$$\mathcal{E}_{ср.1} = \frac{5,6}{5,6} = 1 \quad \mathcal{E}_{ср.2} = \frac{3,7}{5,6} = 0,6$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,83	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	7,9	5,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,7

Вывод 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, исследователя и инженера-технолога был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 123 день; общее количество рабочих дней, в течение которых работал исследователь, составляет 123 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 57 дней, общее количество дней, в течении которых работал инженер-технолог, составляет 28 дней.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 584 800,83 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,83, что является показателем того, что ИР является относительно выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,7;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,9, по сравнению с 5,8, 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
4АМ9К	Николаев Иван Олегович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема ВКР:

<i>Исследование композитов на основе оксидов титана и алюминия, полученных в процессе совместных реакций СВС и алюмотермии</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объектом исследования являются синтезированные композиционные порошки системы Ti_3AlC_2 полученных в результате СВС и алюмотермии.</i></p> <p><i>Исследованы характеристики синтезированных порошков Ti-Al-C (морфология, микроструктура и фазовый состав, внутри частичная пористость и т.п.). Исследование проводилось на базе лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ИФПМ СО РАН. Область применения: порошковая металлургия.</i></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. 	<ul style="list-style-type: none"> – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; – Положение об организации работы по охране труда в ИФПМ СО РАН [Текст]. – Томск: ИФПМ СО РАН, 2018. – 18с; – Требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78; – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ должны обеспечиваться в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; – средства пожаротушения предусматриваются согласно требованиям противопожарной безопасности по СнП 2.01.02. -85; – Использование электрических приборов осуществляются в соответствии с ГОСТ Р 52084-2003.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Превышение уровня шума 2. Вредные вещества 3. Отклонение показателей микроклимата 4. Отсутствие или недостаток естественного света. 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны 5. Опасность поражения электрическим током
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Воздействие на атмосферу в связи с токсичностью порошков, взрывоопасностью и пожароопасностью некоторых материалов и газов; – Влияние на гидросферу посредством слива кислот, щелочей, солей отходов вредных веществ в общую систему канализации..

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, короткое замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимым является осуществление меры по технике безопасности на рабочем месте.</i>
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Николаев Иван Олегович		

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

С развитием научно-технического прогресса немаловажную роль играет возможность безопасного исполнения людьми своих трудовых обязанностей. В связи с этим была создана и развивается наука о безопасности труда и жизнедеятельности человека.

В данном разделе рассмотрены экологичность и безопасность научно-исследовательской работы, которая была проведена в институте физики прочности и материаловедения, в лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов.

На рабочем месте предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов, работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах.

В данной ВКР были изучены свойства композиционных материалов, на основе Ti, Fe, Al, C, Al₂O₃, Fe₂O₃ и TiO₂.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.2.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

При поступлении на работу с каждым с сотрудником проводится инструктаж по технике безопасности, что незамедлительно фиксируется в соответствующем журнале.

Каждый сотрудник знакомится с правилами оказания первой помощи при поражениях электрическим током, в помещении лаборатории находится аптечка со всеми необходимыми медикаментами. На стене вывешивается инструкция по технике безопасности, план эвакуации при пожаре.

Меры по технике безопасности на рабочем месте:

1. К работе с электроустановками допускаются лица, имеющие третью либо четвертую группу допуска, устанавливаемые квалификационной комиссией.

2. При работе на получении порошка необходимо надеть маску, чтобы пыль не попала на дыхательные пути

3. Лица, не имеющие непосредственного отношения к обслуживанию электроустановок, станков и пресс установок к работе с ними не допускаются.

4. Все питающие части должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно не превышать 40 Ом.

5. Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

6. Во избежание поражения электрическим током, при пользовании электроприборами нельзя касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей.

7. При приближении грозы необходимо оперативно закончить работу на компьютере и отключить его от сети во избежание повреждения.

Нормальная продолжительность рабочего времени для работников предприятия не должна превышать 40 часов в неделю. Продолжительность работы накануне праздничных нерабочих дней сокращается на один час. Ночным считается время с 22 часов вечера до 6 часов утра. При работе в ночное время установленная продолжительность работы сокращается на один час.

5.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Рабочее место располагается на 3 этаже 317 аудитории, помещение представляет собой комнату размером 5м на 5м, высотой 3м, 2 окон выходящих на запад, в помещении находится 2 единиц технологического оборудования, 2 людей.

Эргономическая оценка рабочих мест, в производственных условиях, проводится комплексно согласно методическим рекомендациям Минздрава: «Основные принципы и методы эргономической оценки рабочих мест для выполнения работ сидя и стоя. Методические рекомендации". Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.007-76.

5.3 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

На рабочем месте находится шлифовальный станок и механоактиватор. Чтобы допустить к ним на работу, проводится инструктаж. А также работа с травителькеллер, травитель к 3 классу относится. Работа с этим веществом описаны в пункте вредные вещества.

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовлен ие	Эксплуата ция	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	Порошковая металлургия и машиностроение	1) СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарноэпидемиологические правила и нормативы«Гигиенические требования к персональнымэлектронно вычислительным машинам иорганизации работы» 2)ГОСТ Р 52084-2003. Приборыэлектрические бытовые. Общие техническиеусловия
2.Привышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3.Недостаток или отсутствие естественного света	+	+		СНиП 23 – 05 –95. Нормы проектирования.Естественное и искусственное освещение.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+		СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

5.3.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.3.1.1 Анализ показателей микроклимата

Микроклимат – это сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочих помещениях. Микроклимат влияет на процессы теплообмена и характер работ. Длительное воздействие неблагоприятных условий на человека ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Оптимальными для микроклимата жилых и общественных помещений в тёплое время года считаются: температура воздуха 22-25° С, относительная влажность 40-60 %, скорость движения воздуха не более 0,25 м/с; в холодное время года эти показатели составляют соответственно 20-22° С, 30-45 % и 0,1-0,15 м/с.

В таблица 5.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.548-96).

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптим. величин не более	Выше оптим. величин не более
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

5.3.1.2 Анализ показателей шума и вибрации

Шум — это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. Уровень шума в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, не должен превышать 50-60 дБа.

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются в одном из помещений шлифовально-полировальный станок «Saphir 520», а также механоактиватор «Активатор 2s». При самых высоких оборотах Saphir 520 (600 об/мин) и Активатор 2s (900 об/мин) шум не превышает нормы.

5.3.1.3 Анализ освещенности рабочей зоны

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Свет — это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих нас предметов. Освещение

влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Исследователями накоплено значительное количество данных по биологическому действию видимого света на организм.

Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует через нервную оптико-вегетативную систему на эндокринную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Расчет искусственного освещения. Основными источниками света являются люминесцентные лампы. В помещении лаборатории используются люминесцентная лампа ШОД. ШОД - для нормальных помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускается при умеренной влажности и запыленности.

Основные требования и значения нормируемой освещенностей рабочих поверхностей изложены в строительных нормах и правилах СП 52.13330.2011, выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном, характеристики фона. Для того чтобы установить в каждом конкретном случае все перечисленные предметы, необходимо знание особенностей зрительной задачи на данном рабочем месте.

При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СП 52.13330.2011 регламентируется максимальная искусственная освещенность рабочих мест.

Получение из СП 52.13330.2011 величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается освещенность.

Значение коэффициента запаса, выбираемого для помещения с малым выделением пыли, при люминесцентных лампах $KЗ = 1,5$.

Естественное освещение. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами СНиП на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений. Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Нормированные значения КЕО (коэффициента естественной освещенности) для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле:

$$e_N = e_H m_N \quad (5.1)$$

где N - номер группы обеспеченности естественным светом; e_H - значение КЕО; m_N - коэффициент светового климата. Соответственно, при $e_H = 1$; $m_N = 0,75$;

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

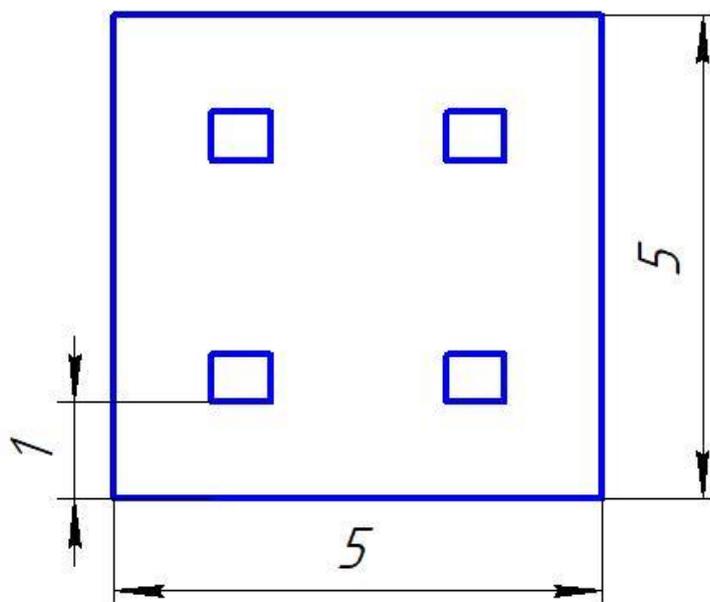


Рисунок 5.1 Схема освещения

5.3.1.4. Анализ электробезопасности

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

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

Электротравма опасна прежде всего воздействием тока на сердечно-сосудистую систему. Напряжение от 36 вольт и выше вполне способно вызвать остановку сердца или дыхания, однако убивает не напряжение, а сила тока. Рабочее помещение по опасности относится к 1 группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. Категория персонала – I (не электротехнический персонал), т.е это люди, прошедшие только первичный инструктаж.

Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены.

Категория помещения: Помещение повышенной опасности поражения электрическим током. Отсутствуют признаки и факторы характерные для особо опасных и повышенной опасности поражения током.

5.3.1.5 Вредные вещества

Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе работы, так и в отдалённые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

При выполнении работы для исследования образцов, в лаборатории используется раствор келлера. Травитель келлер является едким веществом, по степени воздействия на организм человека относится к веществам 3-го класса опасности. Раствор келлера вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, пары поражают слизистые оболочки.

В качестве защиты от вредного вещества рабочим выдаются средства индивидуальной защиты: стерильные диагностические латексные перчатки, маску для лица (медицинская одноразовая трехслойная).

Первая помощь - при попадании раствора келлера в глаза их промывают проточной водой в течение 10—30 мин.; при попадании на кожу пораженную поверхность обмывают водой, прибавляя к ней питьевую соду, мыло. При

проглатывании раствора келлера показано промывание желудка обильным количеством воды, инъекции морфина, атропина

5.3.2 Основные мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Также необходимым является рассмотрение требования безопасности, предъявляемые ко всем видам работ, установкам и устройствам, формирующим опасные факторы, в том числе и электротехническим установкам в соответствии с нормативно-технической документацией.

Предусматриваются мероприятия и средства защиты работающих от поражения электрическим током установок, разрабатываемых и используемых при выполнении исследовательской работы.

При работе с келлер в качестве защиты от вредного вещества рабочим выдаются средства индивидуальной защиты: стерильные диагностические латексные перчатки, маска для лица (медицинская одноразовая трехслойная).

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, во время получения порошков из металла. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.

5.4 Экологическая безопасность

Любое предприятие, осуществляющее деятельность, неизбежно наносит тот или иной вред окружающей среде. В настоящем проекте основными факторами воздействия на среду являются:

- токсичность или другое физиологическое действие порошков ряда металлов и неметаллов применяемых в производстве;
- пожароопасность некоторых материалов;

–пыль на рабочем месте.

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, во время получения порошков из металла. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.

Также из-за наличия отходов материалов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) предусмотрены места хранения, и в конце рабочего дня они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д).

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимо осуществлять меры по технике безопасности на рабочем месте.

Офисное помещение расположено в городе Томск с континентально-циклоническим климатом и природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы и метели. В результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей. Низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения. В случае переморозки труб

должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В следующем пункте написан наиболее типичный ЧС.

5.6 Анализ пожарной безопасности

Пожар - одно из самых страшных бедствий. Он не щадит никого и ничего. Возгорание, как правило, происходит очень быстро, и потушить его не всегда удается. Поэтому действия при пожаре прописаны в инструкции, которую каждый гражданин должен знать. На предприятиях специально проводятся мероприятия по защите населения от этой катастрофы.

Рабочее помещение по опасности относится к В2 - пожароопасное, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. При случаях пожара имеется универсальный огнетушитель ОП-5. Первые буквы ОП — это аббревиатура, означает, что перед вами огнетушитель порошковый. Через дефис по современной маркировке приведена масса заряда, выраженная в килограммах.

Действия персонала при пожаре на предприятии:

- услышав крики: "Пожар", ни в коем случае не поддаваться панике, сохранять спокойствие;
- осмотреться вокруг. Заметив телефон или кнопку пожарной безопасности, действовать незамедлительно;
- сообщить службам о возгорании;
- попробовать самостоятельно потушить возгорание, используя огнетушитель, землю;
- если ликвидировать пожар не получается, покинуть помещение через эвакуационный выход;
- не поддаваться панике, стараться успокоить других;
- двигаться к выходу, дышать через рукав одежды или носовой платок;

- если в помещении сильная задымленность, перемещаться, опираясь на стены или поручни;

- оказавшись на свежем воздухе, немедленно вызвать "Скорую помощь".

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

- составление планов эвакуации;

- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;

- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

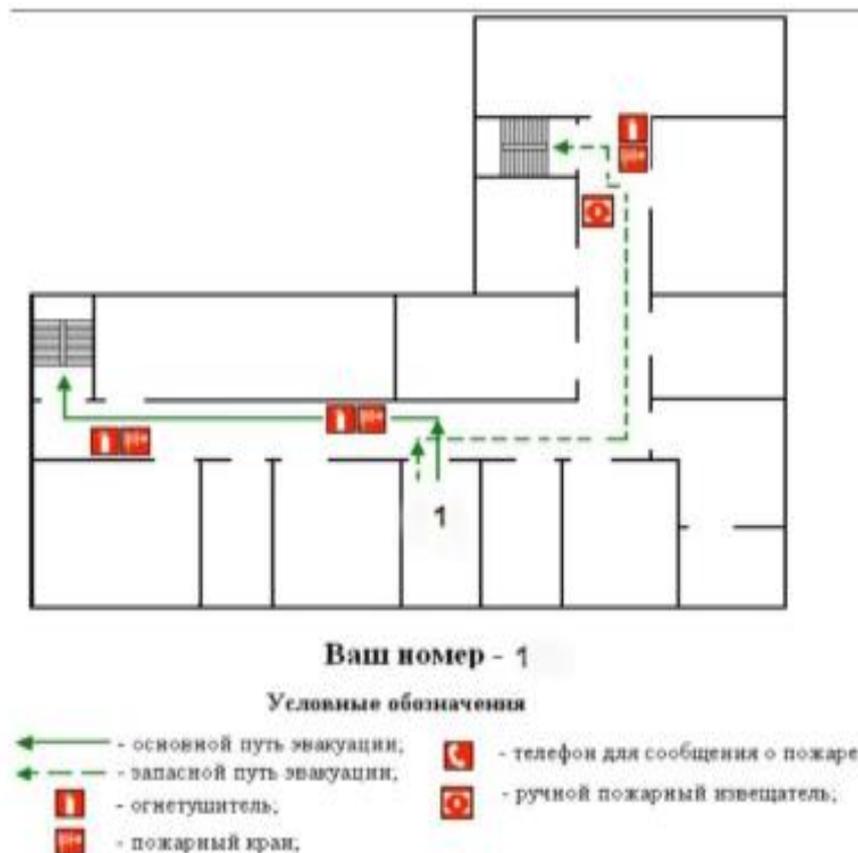


Рисунок 5.2 – План эвакуации

Заключение по разделу:

В данном разделе были рассмотрена социальная ответственность по исследовательскому проекту на тему: Исследование интегрированных порошковых композитов Ti-Al-C.

При выполнении исследовательской работы существует вероятность воздействия следующих производственных факторов: шума, недостаточной освещенности, электрического тока, вредных веществ, физических и эмоциональных перегрузок, умственного перенапряжения. В лаборатории в процессе работы с порошковыми материалами присутствуют пыль. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.

Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены. Рабочее помещение по опасности относится к 1 группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала.

В результате проделанной работы были получены и исследованы композиционные порошки «титан-углерод-алюминий». СВС спек из титана, углерода (сажи) и алюминия после дробления, форма после дробления получилась комковатой и преимущественно равноосной, которая благоприятно сказывается на сыпучесть. При увеличениях в составе алюминия, уменьшается карбидные включения. А также их размер в порошковой смеси уменьшается до 0,8 мкм.

Приложение А

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Николаев Иван Олегович		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Коростелева Е.Н.	К.Т.Н		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Шайкина О.И.	преподаватель		

1 Literature review

1.1 Fundamentals of Powder Metallurgy

Powder metallurgy is engaged in the manufacture of metal powders and various parts from them. It finds more and more widespread use. The essence of powder metallurgy is the production of mixtures of metallic and non-metallic materials.

The classical powder technology is based on the use of simple, mainly single-phase or mono-component powders obtained by traditional metallurgical, mechanical or physicochemical methods. As a rule, a mixture of powders of various types is used for the production of a powder product. In this regard, the design of the final product is based on the analysis of the optimal (permissible) ratio of the components used and the general thermomechanical processing conditions of the selected powder material [1-3].

Over the more than seventy-year history of industrial powder technology, a complex of fundamental theories and scientific approaches has been formed that describe the basic physicochemical processes implemented in the production of powder materials. Using these phenomenological descriptions, a basic line of composite materials has been developed for use in a variety of industries. In particular, in the manufacturing industry, transport, aircraft construction, etc., powder composite materials based on titanium are widely used.

The history of the method associated with the use of powders of metals, alloys and refractory compounds began in ancient times. Even then, as evidenced by the finds of archaeologists, the powder of gold, copper and bronze was used as paint and was used for decorative purposes in ceramics and painting.

The main distinguishing feature in powder metallurgy technology is the following properties:

- Press the prepared mixture in specially made molds;

- Synthesis of pressed parts;

Due to its difference, powder metallurgy has several advantages:

- the possibility of making mixtures of materials containing both metallic and non-metallic powders.
- the possibility of obtaining materials with controlled porosity, which cannot be obtained by melting and casting.

As in all industries, powder metallurgy has its drawbacks:

- the main disadvantage is the high cost of metal powders, in contrast to alloys.
- there are no methods of obtaining powders from bronze, brass, etc. Parts that are obtained from metal powder are more susceptible to corrosion. Moreover, oxidation occurs throughout the product and not from the upper layers as usual. Metallic ceramic products have the same relatively low plastic properties (elongation, impact strength).

Technological processes for obtaining composite materials

After the powders of different elements have been obtained, the technological process of preparing a powder mixture begins, containing several powder components with different characteristics we need. The powders are weighed in the required proportions and then the powders are mixed in rotating drums, in various types of mills, mixers or other mechanical devices.

Based on the initial powders that will be included in the composite material, they must be mixed in such a way that will achieve their uniform mixing with the least amount of time and the least loss of powders. For the complete passage of the synthesis reaction, thorough mixing of the powder components is necessary to ensure the homogeneity of the powder mixture in composition. In addition to dry mixing, ball mills use wet and vacuum mixing. In all cases, the mixture is inevitably contaminated with foreign impurities, for example, wear products of the

chamber and balls, dispersing liquid or products of its interaction with the powder, and atmospheric oxygen.

When mixing composite powders, the following rules are followed:

1. A homogeneous mixture of several powders is obtained only with close particle sizes.
2. Mixing of different powders is achieved the faster, and the resulting powder mixture is obtained the more homogeneous, the smaller the particle size in the initial state.
3. If the powders to be mixed are to be obtained in different quantities, i.e. if some powders should be contained in smaller quantities, and others in large quantities. In this case, first, a smaller amount of powder is mixed with an approximately equal amount of a larger amount of powder, gradually adding the rest of the powder with stirring.

After stirring, we obtain a mixture of powder with a uniform distribution of particles of different materials are pressed.

Hydraulic pressing is a technological process that enables us to smoothly compact our powder at relatively slow speeds. Slow speed is important when compressed fine powders under high pressure, as during compaction there is a particular risk of delamination in our composites. Another important feature is the ability to hold the compressed composite billet of the required pressure to ensure contact between the powder particles, as well as a variety of modes of the hydraulic press. During the process, deformation or destruction of the powder occurs. In the mold, losing porosity, the contact between the particles rapidly increases, after which we get the desired shape and sufficient strength. There is deformation or destruction of the powder. Under pressure, the powder acquires other properties and the structure changes - the contact area becomes more important between the particles, the strength increases, and the porosity decreases.

A diagram of a double-sided cylindrical mold is shown in the figure (Figure 9). In our case, we pressed powders of titanium (TPP8), aluminum (PA-4) and carbon black (P-803), iron oxide (analytical grade), aluminum oxide (AO-120), titanium oxide (A-01) and industrial carbide titanium (CBC TU 6-09-492-75). billet of cylindrical shape 10-15 mm high and 10 mm in diameter for subsequent synthesis. Pressing was carried out on an MS-500 hydraulic press (Fig. 1).



Figure 1. MS-500 Hydraulic press.

3 Types of synthesis of powder materials

1.3.1 Self-propagating high-temperature synthesis (SHS)

SHS is an exothermic chemical combustion process that occurs in an autowave mode in powder mixtures and leads to the formation of powder cakes. SHS is a mode of exothermic reaction in which heat release is localized in a narrow layer and is transferred from layer to layer by means of heat transfer.

The advantage of SHS technology lies in the very principle - the use of the released heat of chemical reactions instead of heating a substance from an external source, therefore SHS processes successfully compete with traditional energy-intensive technologies. The powder mixture (charge) is placed in a reactor and a local initiation of the process (ignition) is carried out in a gaseous medium. Then there is a spontaneous propagation of the combustion wave, covering the entire mixture, the completion of the reaction and the cooling of the synthesized product.

Figure 2 shows a diagram of the synthesis process. Figure 3 shows the SHS process.

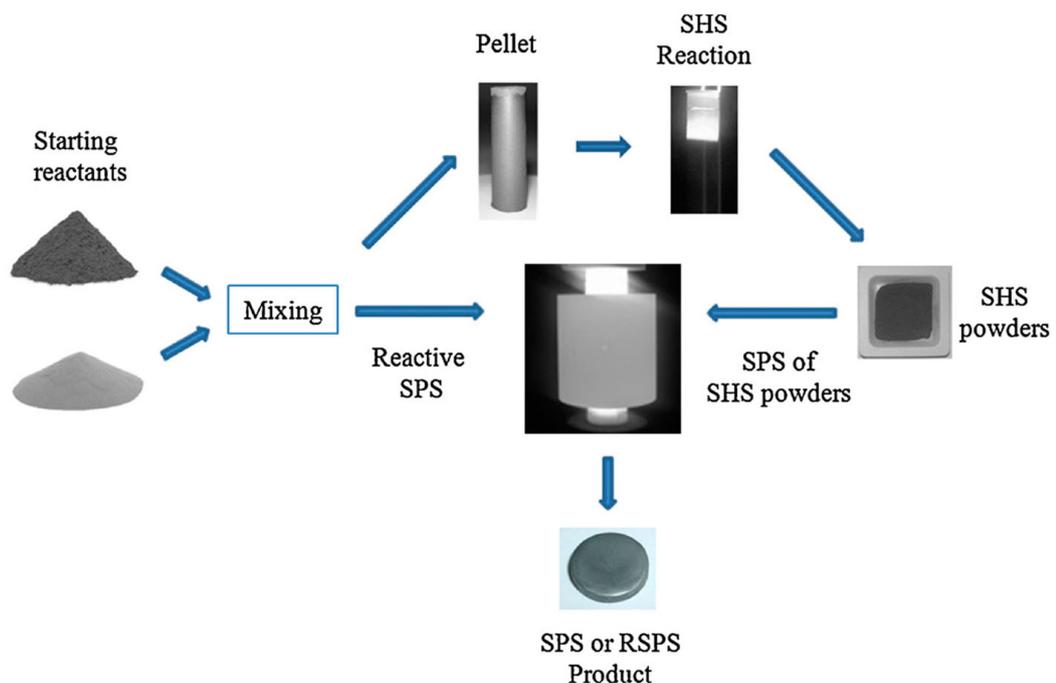


Figure 2 is a Diagram of the SHS technology of the production of powders

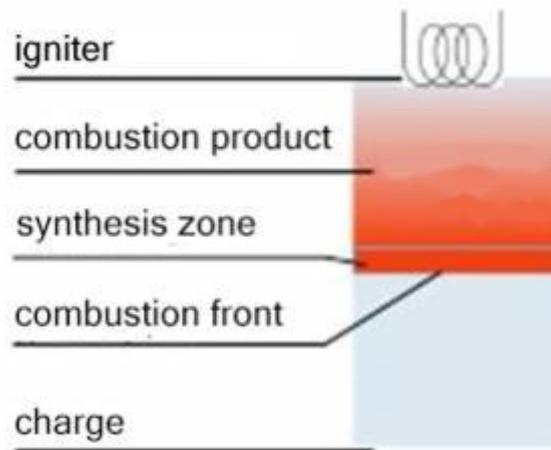


Figure 3 - Scheme of the SHS process

1.3.2 Thermal explosion

The exothermic reaction, depending on the conditions, can proceed in different ways. At relatively low temperatures, it runs at a low speed and with a little warming up. In this mode, thermal equilibrium is possible between the reacting system and the environment. This mode is called stationary, since the heat gain from the reaction is compensated by heat removal into the environment. However, when conditions change, a transition to another mode is possible - non-stationary, when the heat gain from the reaction exceeds the heat removal into the environment. The reaction rate in this case increases exponentially, the temperature of the system also increases, and under certain conditions, thermal ignition (thermal explosion) occurs. An abrupt transition from one regime to another can occur with a small change in external conditions. The conditions under which the transition to the ignition mode occurs with a slight change in external influences are called critical.

1.3.3 Reaction sintering

The essence of the sintering process is that in the formed powder body there is free energy of an increased level in the form of energy at the interface between the phases of the powder and the medium, energy at the grain boundaries, excess energy of the crystal lattice, etc. zones of interparticle contacts and connection of

contacting powder particles with each other. For this process to occur, a certain activation energy is required, which is provided by appropriate heating of the powder blank.

Sintering is understood as a thermally activated, spontaneous or external action-initiated transition of a system of contacting solids or a porous medium into a thermodynamically more equilibrium state due to a decrease in the free surface area.

The sintering process is conventionally divided into three stages. At the initial stage, powder particles are baked to each other, accompanied by an increase in the interparticle contact isthmus between them. At this stage, the structural individuality of the individual powder particles is preserved. At the second stage of sintering, the powder body can be represented as a combination of two mutually penetrating phases - the phase of the substance and the phase of the void. At this stage, the formation of closed pores is not yet complete, and the contacts between the particles disappear, the boundaries between the structural elements are no longer associated with the initial location of the boundaries between the particles. At the final stage of sintering, the porous body contains mainly isolated pores and its compaction is a consequence of a decrease in the number and volume of pores.

There are two main types of sintering process: solid-phase, which occurs without melting of the components included in the alloy, and liquid-phase, in which the low-melting components of the powder mixture melt. In the case of interaction of components with the formation of chemical compounds, sintering will be reactive.

Activated sintering. Sintering is called activated under the additional action of physical and chemical factors that accelerate the sintering process and intensify changes in material properties. The ultimate goal of activated sintering is to shorten the time required to achieve a given porosity and material strength, and to reduce the sintering temperature. Thus, in a number of cases, the sintering temperature is

reduced by 200–700 ° C, which ultimately makes it possible to reduce the energy consumption for this process.

When activating, it is necessary to take into account the phenomena that affect the course of the sintering process, i.e., the formation and growth of contact zones between powder particles. It is possible to intensify the processes of mass transfer on the surface of particles and pores by influencing the course of surface diffusion and the process of transfer of matter through the gas / pore phase, increasing, respectively, the effective coefficient of surface diffusion and the pressure of intraoral vapors. The surface diffusion coefficient is greater than the bulk diffusion coefficient and is not so strongly dependent on temperature. Therefore, a greater influence of surface diffusion can be expected while the pore surface is still large and the temperature is low, i.e., at the initial stage.

The physical factors activating the sintering process are grinding of the initial powders (most often due to mechanical activation), preliminary pressing of the work piece instead of free filling, changing the heating rate or cyclic temperature change, etc. Chemical factors include redox reactions (including metallothermia), dissociation processes of chemical compounds (including degradation of oxides, titanium carbides), chemical transportation of the sintered substance, etc.

Sintering practice. For the technology of manufacturing products, the analysis of the sintering process is of the greatest importance, revealing the possibilities of controlling this process. The main technological parameters of the process are the temperature regime, the duration and method of heating the work piece, the sintering medium, the parameters of the powder pretreatment by pressure, etc.

The sintering temperature, as a rule, is 0.6–0.9 of the absolute melting temperature of the most low-melting component included in the charge. The sintering time varies within a fairly wide range (from several minutes to several hours) and depends on the composition and porosity of the material, the size of the sintered products, the design of the furnace, etc.

The pressing pressure of the original blanks also influences the sintering process. With an increase in the density of compacts, their shrinkage decreases, i.e., the relative increase in density during sintering is greater for briquettes pressed at lower pressure.

Sintering of workpieces from powder is carried out in a protective-reducing gas environment or in a vacuum. The use of protective and reducing media is necessary to protect sintered materials from oxidation during heat treatment, as well as to restore oxide films on the surface of particles.

1.4 Aluminothermy

Metallurgical methods include metallothermy. Metallothermy (from metals and Greek therme - heat, heat), metallurgical processes based on the reduction of metals from their compounds (oxides, halides, etc.) with more active metals, and proceeding with the release of heat (for example, aluminothermy, magnesiumthermia). For the first time, metallothermic reactions were studied and described in detail by N.N. Beketov (1865). Currently, aluminum reduction - aluminothermy and silicon reduction - silicothermy are used. These processes are used mainly in the production of carbon-free ferroalloys of chromium, vanadium, titanium, tungsten, etc. [2]. Distinguish between out-of-furnace, electric furnace and vacuum metallothermal processes.

Aluminothermy, aluminothermic process - the production of metals and alloys by the reduction of metal oxides with aluminum. The charge (from powdery materials) is poured into a smelting shaft or crucible and ignited with an ignition mixture. If during the reduction a lot of heat is released, out-of-furnace aluminothermy is carried out, without the supply of heat from the outside, a high temperature develops (1900-2400 ° C). The process proceeds at a high speed, the formed metal and slag are well separated. If the heat is not released enough, a heating additive is introduced into the charge or melting is carried out in arc furnaces.

The combination of aluminum with oxygen is accompanied by an enormous release of heat, much more than that of many other metals. In view of this, when a mixture of an oxide of the corresponding metal with aluminum powder is heated, a violent reaction occurs, leading to the release of the free metal from the taken oxide. The Al reduction method (aluminothermy) is often used to obtain a number of elements (Cr, Mn, V, W, etc.) in a free state.

Alumothermia is sometimes used to weld individual steel parts, in particular, tramway rail joints. The mixture used (“thermite”) usually consists of fine powders of Al (75%) and Fe_3O_4 (25%), which is ignited with a fuse from a mixture of Al and BaO_2 (an incendiary mixture is prepared from powder of Al and Na_2O_2 or BaO_2 in a 1: 1 ratio).

1.5 Features of powder materials based on a combination of components Ti, Fe, Al, C, Al_2O_3 , Fe_2O_3 and TiO_2

Nowadays, with the increase in the world car fleet, neutralizer filters have become an integral part. Ceramic filters are cheaper, and therefore more common, but a ceramic neutralizer is rather fragile and is afraid of mechanical stress. The porous cermet material obtained using self-propagating high-temperature synthesis (SHS) is devoid of these disadvantages and includes their advantages. This happens because it is necessary to create new porous materials with desired properties. Rhodia Electronics and Catalysis SAS (France) uses composites of oxides of cerium, titanium, zirconium and rare earth metals as a component of the neutralizer filter, and platinum as a catalyst. The production of these filters is costly. Getting such products in a cheaper way remains relevant.

Particle-reinforced metal matrix composites are a group of materials that can be used in wear and corrosion resistance applications due to their low cost, ease of manufacture, high stiffness, modulus of elasticity, and isotropic properties. Despite

the higher density of iron-based composites, their lower manufacturing costs and more isotropic properties make these materials attractive for many applications. The types of reinforcement, their compatibility with the matrix and their volume fraction have a significant effect on the properties of these composites [3]. Among all ceramic reinforcing particles, titanium carbide (TiC) due to its outstanding properties, including high melting point (3250 ° C), high hardness (2890-3200 HV), low density (4.93 g / cm³), high modulus of elasticity (269 Hpa), excellent corrosion resistance and good thermodynamic stability with molten Fe is a suitable candidate for making Fe-based composites. These composites can be used as radiation-resistant materials.

Also, such parameters are required in a number of areas of technology, in which such materials are necessary to ensure long-term operation of measuring devices and structures.

The combination of these Ti, Fe, Al, C, Al₂O₃, Fe₂O₃, and TiO₂ components can presumably be used from space equipment parts to automotive. At the moment, the point application of any composite powder material has not been selected, and is under development.