

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 синтезированных порошковых композитов Ti-Al-C

УДК 621.762.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Набатов Амандык Тасболатович		

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	Рыжакина Т.Г.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Сечин А.И.	д.т.н		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественнонаучные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания и обработки <i>новых</i> материалов	Требования ФГОС (ПК-19, 20) <sup>1</sup> , Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-1, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения	Требования ФГОС (ПК-16, ОК-2,3.), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Разрабатывать технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС (ПК-5, 23, 26), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания <i>новых</i> материалов в <i>сложных</i> и <i>неопределенных</i> условиях	Требования ФГОС (ПК-21,24,ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 4, 14, 15, 25), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
	<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ПК-3, 8,9,10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

<sup>1</sup> В скобках указаны коды компетенций ФГОС по направлению 15.04.01 «Машиностроение», квалификация «магистр».

	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.	Требования ФГОС (ПК-6, 17, 18, ОК-10), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> .	Требования ФГОС (ПК-22, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 5), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>



<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович
Раздел выполненные на иностранном языке	Ажель Юлия Петровна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Обзор литературы	
Literature review	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	16.12.2019
---	------------

**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
4АМ81	Набатов Амандык Тасболатович		

## РЕФЕРАТ

Работа включает в себя 105 страниц, 25 таблицы, 23 рисунков, 5 глав, 1 приложение, 24 литературных источников.

Ключевые слова: титан, алюминий, углерод, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, композиционный материал.

Объектом исследования являются система порошков Ti-Al-C.

Цель работы: Синтезировать композиционный материал системы Ti-Al-C варьируя состав смеси и исследовать их.

В процессе выполнения диссертации были исследованы композиты системы Ti-Al-C с содержанием алюминия от 10 до 50 масс. %. Исследованы морфология СВС порошков, фазовый и элементный состав порошка.

В результате исследования были описаны объемные изменения, структурная особенность при изменениях в составе процентного веса алюминия.

Область применения порошковая металлургия.

Значимость работы – проект обладает высокой ресурсоэффективностью и считается ресурсосберегающим.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1 Обзор литературы .....	12
1.1 Основы порошковой металлургии .....	12
1.2 Технологические процессы получения порошковых материалов .....	13
1.3 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.....	17
1.3.1 Влияние инертного наполнителя на режимы горения и взрыва .....	22
1.4 Спекание.....	23
1.5 Свойства порошков системы «Ti-Al-C» и их применение .....	24
2 Материалы и методики эксперимента .....	26
2.1 Методика получения порошков.....	27
2.2 Методики исследования .....	32
3 Результаты исследования .....	34
3.1 Температура горения. ....	34
3.2 Морфология СВС порошков и дисперсность карбидной фазы. ....	35
3.3 Фазовый состав.....	38
3.4 Элементный состав карбидной фазы. ....	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	44
Введение.....	44
4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
4.2 SWOT-анализ.....	46
4.3 Цели и результат проекта.....	48
4.3.1 Контрольные события проекта .....	49

4.4 Потенциальные потребители результатов исследования .....	50
4.5 Расчет затрат .....	50
4.5.1 Расчет затрат на материалы .....	51
4.5.2 Расчет затрат на оборудование .....	52
4.5.3 Расчет амортизационных расходов .....	52
4.5.4 Расчет заработной платы .....	53
4.5.5 Социальные отчисления работникам .....	61
4.5.6 Расчет затрат на электроэнергию .....	61
4.5.7 Расчет общей себестоимости разработки .....	62
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
4.6.1 Оценка абсолютной эффективности исследования .....	63
4.6.2 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	69
5 Социальная ответственность .....	75
Введение .....	75
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	75
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	77
5.2 Производственная безопасность .....	77
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	79
5.2.1.1 Анализ показателей микроклимата .....	79
5.2.1.2 Анализ показателей шума и вибрации .....	80
5.2.1.4. Анализ электробезопасности .....	83
5.2.1.5 Вредные вещества .....	84



5.2.2 Основные мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	85
5.3 Экологическая безопасность.....	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
5.5 Анализ пожарной безопасности .....	87
Заключение .....	90
Список использованной литературы.....	91
Приложение А .....	94

## 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, износостойкостью, 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. Методы их получения весьма разнообразны.

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 из двух или более разнородных по химическому составу материалов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) является перспективным для получения КМ. Это дает возможность изготавливать изделия с заданными свойствами. В настоящее время известны несколько сот реакций синтеза материалов методом СВС. В отличие от традиционных твердотельных методов 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 и алюминия. Титан и сплавы на его основе находят широкое применение в космическом материаловедении, в машиностроении и судостроении, в строительстве и медицине.

Титан-алюминиевые композиты широко применяются при изготовлении изделий, для которых необходима высокая прочность, жаро-коррозионная стойкость, а также высокая температура плавления и т.д. Посвящённых исследованию данного композита есть уже не мало литературных данных. Несмотря на это, улучшение технологии получения этого композита не теряет свою актуальность.

Получение тройных сплавов титан – углерод – алюминий затруднено большим различием свойств сплавляемых компонентов. Основной целью данной диссертации является разработка высокотехнологичного процесса получения порошка Ti-C-Al, и исследование структуры и свойств (плотность, твердость, температуропроводность) полученных порошков.

## **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 выбранной порошковой смеси [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 композитов. 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 бронз применяли как краску и использовали для декоративных целей в керамике и живописи [4].

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

- получить и подготовить смесь порошков, с характеристиками, которые нам необходимы. Они могут быть чистыми металлами или сплавами нужным для нас характеристиками.

- Подготовленную смесь прессовать в специально изготовленной пресс-формах;

- Спекание 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 отличиях от сплавов.

- отсутствует методы получения порошков из бронзы, латуни и др. Детали которые получают из металлического порошка, получают окисление повышенной. 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 порошковых материалов**

В порошковой металлургии есть несколько первостепенных технологических операций. Основополагающая из них является получение

металлического порошка, так как от технологий получения металлических порошков у них бывают разные свойства. Исходя от свойств металлов, комбинируя порошки разных металлов, берут необходимый состав. Металлические порошки обычно характеризуются по нескольким ниже перечисленным свойствам.

- ✓ Химическим;
- ✓ Физическим;
- ✓ Технологическим;

Все имеющиеся способы производства металлических порошков можно условно разделить на две большие группы. К первой группе относятся метод, в котором при получении порошка химический состав не меняется, ее называют механическим методом. А ко второй – физико-химические методы. Между этими группами нет резкого отличия. Получение порошка несмотря на разновидность получения, является наиболее трудоемкой и экономический затратным технологическим процессом. Чтобы улучшить нужные нам свойства нередко применяют и механический и физико-химический метод вместе.

Порошки от требуемых характеристик получают несколькими способами:

1. Механическое измельчение;
2. Распыление расплавов сжатым воздухом;
3. Восстановление руды или окислы;
4. Электролитическое осаждение;
5. Взрыв проводника с током.

Механическое измельчение в порошковой металлургии широко распространено, так как этим способом можно превратить в порошок любой металл или сплав.

Восстановление руды или окислы хороши с экономической стороны. Взрывом проводников получают порошки из токопроводящих материалов, а

в некоторых порошках при механическом измельчении нужно учитывать вероятность их разделения.

В промышленности некоторые порошки получают также термической диссоциацией летучих соединений, осаждением, науглероживанием и другими специальными методами.

После того как мы получили порошки разных металлов, 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 размешивания 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 нашем композите Ti-Al-C по плоскостям оси. Еще важной особенностью является так и возможность выдержки 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. Прессование порошка похож процессу штамповки жидкого металла. Под давлением порошок приобретает другие свойства и меняется структура – площадь контакта приобретает большую значения между частицами, повышается прочность, уменьшается пористость.

Схема двухсторонней цилиндрической пресс-формы представлена на рисунке (рис 2.1). В нашем случае мы прессовали порошки титан (ТПП8), алюминий (ПА-4) и сажа углерода (П-803) заготовку цилиндрической формы высотой 10-15 мм и диаметром 10 мм для последующего синтеза методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Прессование проводилось на гидравлическом прессе МС-500 (рис. 1.1).





Рисунок 1.1 – Гидравлический пресс МС-500.

### **1.3 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез**

Сделанное открытие в 1967 году группой ученых (И. П. Боровинская, В. М. Шкиро и А. Г. Мержанов), метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) которым можно получить плотные изделия на данный момент является перспективным методом приобретения порошковых соединений. СВС-процессы были созданы на основе физического явления без газового горения. Кроме того, можно получить порошки тугоплавких соединений, продолжительность синтеза может составлять от 5 секунд до 16 часов (горячее изостатическое прессование), а также создавать композиции из тугоплавких частиц в металлической матрице. В СВ синтез процессе могут участвовать химически активные вещества при высоких температурах в качестве реагентов (окисление, карбидизации и т.д.) и инертные вещества (аргон, азот) в виде наполнителя или разбавителей. Практическое применение СВС процесса можно встретить во многих отраслях, таких как машиностроение, металлургия,

электротехника. Реагенты бывают в виде порошков, тонких пленок, жидкостей или газов, однако, наиболее распространены два типа систем: смеси порошков (спрессованные или насыпной плотности) и гибридные системы газ-порошок. Предварительно надо обеспечить в металлических порошках наибольшую площадь контакта частиц порошка, для того чтобы хорошо взаимодействовали реагенты. С этой целью реакционные смеси предварительно прессуют в закрытых пресс-формах. В зависимости от состава шихты, примесного газовыделения и введения газифицирующих добавок пористость каркасов из продуктов СВС изменяется в широких пределах: от 10% до 90%. СВС-процесс может проводиться в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе. Управляя параметрами синтеза можно обеспечить получение материала, превосходящего по свойствам материалы, полученные другими традиционными способами. Экологическая безопасность с высокой чистотой продуктов при СВС. Простота обслуживания и высокие скорости процессов СВС приводят к существенной экономии энергии и материалов. Помимо основных реагентов, составляющих после прохождения фронта горения полезный СВС-продукт, возможно также добавлять инертные вещества в качестве разбавителей (например, чтобы предотвратить тепловой взрыв) или дополнительных наполнителей, улучшающих свойства получаемых материалов. СВ синтез представляет собой режим протекания сильной экзотермической реакции химических элементов или соединений, протекающие в режиме горения (реакции горения шихты), в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи, процесс синтеза целевого продукта может идти за счет тепла химических реакций и не требовать внешней энергии для нагрева. Основной способ активирования реакции СВС - локальное активирование реакции на поверхности системы путем подвода кратковременного теплового импульса (электрическая спираль, электроискровой разряд, лазерный луч и др.) с формированием волны горения, и ее распространением по не нагретому исходному веществу.

Проведение СВС-процесса возможно тремя способами: безгазовое горение, фильтрационное горение и гибридное горение. Горение без газов производится в системах «твердое – твердое», подачи газа на самопроизвольную и вынужденную, по направлению фронта горения относительно фильтрующего потока на путную и фильтрационное – в системах типа «металл – газ», гибридное совмещает предыдущие два механизма. При фильтрационном горении фильтрация разделяется по способу встречную. Чтобы начать реакцию синтеза перво-наперво необходимо разогреть шихты в печи для слабоэкзотермических реакций или для смесей с большим содержанием инертных наполнителей. Выше упомянутая шихта в самораспространяющийся высокотемпературный синтез процессах может быть в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе под давлением. На рисунке 1.2 приведена схема СВС технологии производства порошков.

Метод СВС дает нам возможность увеличение производства при более низкой затрате чем метод вакуумного спекания. По нескольким параметрам имеет значительные преимущества:

- количество изготавливаемой детали в единицу времени;
- энергоемкость производства;
- траты на ремонт и оборудование.

Однако при использовании метода СВС возникает ряд проблем, связанных с такими производственными характеристиками как, возможность управления структурой композита и свойствами матрицы. При вакуумном спекании порошковых смесей можно достаточно гибко изменять скорость нагрева и температуру изотермической выдержки, что позволяет регулировать фазовый состав, дисперсность структуры и прочность спеченного.



Рисунок 1.2 - Схема СВС технологии производства порошков

В СВС-технологии в качестве параметров, определяющих фазовый состав и свойства СВС-продукта, используется состав, степень уплотнения и объем реакционной смеси, дисперсность порошковых реагентов, начальная температура, при которой инициируется реакция синтеза, т.е. сам процесс протекает исключительно в зависимости от параметров, заложенных перед началом реакции образования.

Было показано, что синтезом в режиме СВС [5-13] возможно получать самые разные соединения и композиты. Математическое моделирование в этой области позволяет не только объяснять наблюдаемые закономерности, но и предлагает новые способы определения формально-кинетических параметров.

Основной целью при синтезе металломатричных СВС композитов является формирование в СВС продукте структуры благоприятной для последующего эффективного использования СВС порошков для нанесения покрытий или спекания. Влиять на формирование структуры и фазового состава СВС продукта непосредственно в процессе синтеза практически невозможно.

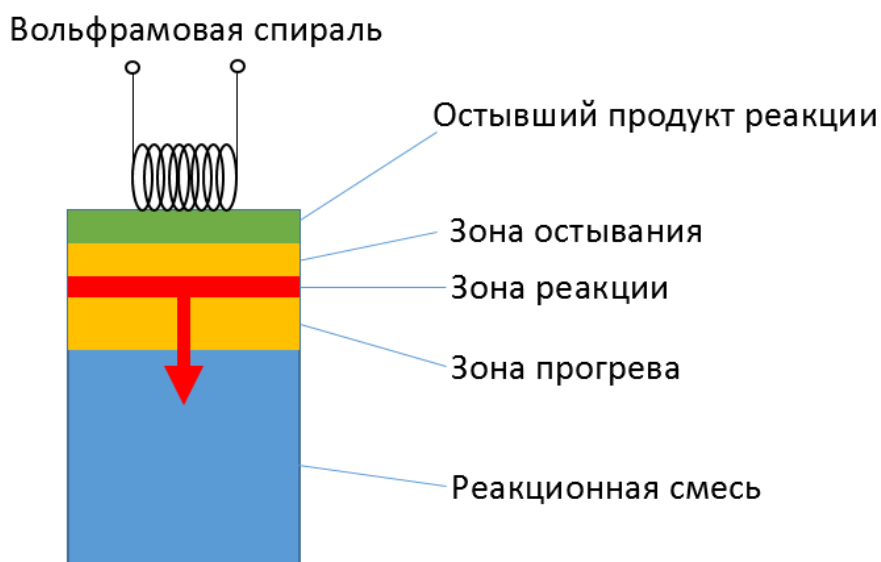


Рисунок 1.3 - Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Однако многочисленные исследования показали, что фазовый состав и формирующаяся структура зависят от термокинетических характеристик процесса: скорости движения волны и максимальной температуры на фронте реакции. Ниже рассмотрим основные факторы, влияющие на термокинетические характеристики процесса СВС, и как следствие – на формирующуюся структуру. Это рассмотрение основано, в основном, на результатах, полученных на заре опытно-промышленного освоения СВ синтеза тугоплавких соединений, а конкретно - карбида титана. В этих исследованиях основное внимание было уделено качеству целевого продукта в отношении его фазового состава и чистоты по примесям атмосферных газов и свободного углерода.

### **1.3.1 Влияние инертного наполнителя на режимы горения и взрыва**

Как сказано выше, металломатричные композиты «тугоплавкое соединение – металлическая связка» получаются в результате синтеза в порошковых смесях «металл – неметалл». В качестве неметаллического реагента в реакции обычно используют углерод, бор или кремний, а в качестве металлического реагента такие металлы, которые образуют с неметаллическим реагентом промежуточные соединения с большой отрицательной энтальпией. В этом случае реакция синтеза идет не только при стехиометрическом составе реакционной смеси, но также при избытке металлического компонента. Этот избыток является инертной в тепловом отношении добавкой к реакционной смеси, так как не участвует в реакции синтеза, и образует металлическую связку в СВС продукте.

Максимально возможное содержание металлического порошка в реакционной смеси, при котором еще возможно инициирование волнового режима горения, определяется величиной отрицательной энтальпии соответствующего тугоплавкого соединения, но зависит также от технологических параметров: дисперсность порошков, исходная пористость, применение механоактивации и др.

Наряду с двухкомпонентными реакционными смесями для синтеза продуктов со структурой металломатричного композита используются смеси более сложного элементного состава. В этом случае к двухкомпонентной смеси «металл – неметалл» добавляется порошок металла или сплава, который не участвует в экзотермической реакции основных реагентов. Эта добавка понижает температуру горения, которая, однако, должна превышать температуру плавления добавки. После прохождения фронта реакции и кристаллизации расплава формируется структура композита с включениями частиц тугоплавкого соединения в металлической матрице (связке). Элементный состав порошков формирующих матрицу, подбирается таким

образом, чтобы сплав, образующий матрицу, кроме высоких физико-механических свойств обладал хорошей совместимостью с твердой и тугоплавкой упрочняющей фазой. Необходимым условием формирования плотного композита с однородным распределением упрочняющей фазы по объему матрицы является близкий к нулю краевой угол смачивания тугоплавкой фазы расплавом матрицы. Инертная добавка, с одной стороны, уменьшает тепловыделение от химической реакции, а с другой запасает тепло, способствуя поддержанию горения или объемному синтезу.

Механоактивация позволяет расширить концентрационные пределы горения.

## **1.4 Спекание**

Еще одним из наиболее важных процессов в порошковой металлургии и определяет свойства получаемых материалов и изделий. Этот процесс совокупность множества физико-химических явлений, происходящих в одно время или последовательно при нагревании порошка. Цель спекания — это достижение определенных нужных свойств, который формируется во время нагрева.

Важно отметить зафиксированное в этом определении отсутствие расплавления основы при спекании, что является существенным признаком метода порошковой металлургии. Однако это не означает что в процессе нагрева вообще не должно происходить расплавление какой-либо составляющей в случае многокомпонентных материалов. В связи с этим возможны две основные разновидности процесса спекания: твердофазное, т.е. без образования жидкой фазы, и жидкофазное, при котором легкоплавкие компоненты смеси порошков расплавляются [4].

## 1.5 Свойства порошков системы «Ti-Al-C» и их применение

Как говорилось ранее получение тройных сплавов титан – углерод алюминий затруднено. Это обусловлено тем что металлические компоненты имеют сильно различающиеся температуры плавления: 660°C 1608°C для алюминия и титана, соответственно. Углерод при нагреве не плавится, а сублимирует при 4200°C. Из тройных соединений системы Ti-Al-C наибольший интерес представляют фазы  $Ti_3AlC_2$  и  $Ti_2AlC$ . Эти соединения относятся к так называемым МАХ-фазам, обладающим уникальным сочетанием свойств металлов и керамики (высокая электро- и теплопроводность, пластичность, стойкость к тепловому удару, способность к механической обработке, низкая плотность, малый коэффициент термического расширения, высокая окалиностойкость и прочность).

Керамические материалы и композиты в будущем будут играть важную роль в автомобиле- и авиа-, судостроении, а также во многих других производственных отраслях. Материалы на основе МАХ-фаз в последние годы находят все больше применение. Они являются материалами группы тройных карбидов или нитридов. Их особенность обусловлено их уникальными характеристиками. Формула МАХ - фазы — это тройные соединения, общая формула которых  $M_{n+1}AX_n$ , где n – числа 1, 2 или 3, М – переходный металл, А – элемент побочной подгруппы таблицы Менделеева (в основном IIIA и IVA), X – углерод либо азот [15].

Карбидоалюминид титана  $Ti_3AlC_2$  впервые синтезирован и идентифицирован в 1994 году. Особенным этого материала делает его низкая плотность (4,25г/см<sup>3</sup>) и твердость (3,5 ГПа), высокий модуль Юнга (297 ГПа), самосмазываемость (низкий коэффициент трения), легкая обрабатываемость, высокая электро и теплопроводность, стойкость к окислению при высоких температурах за счет образования пленки  $Al_2O_3$  на поверхности, температура плавления 2100°C.



Самое распространённое применение Ti-Al-C – это модификаторы, используемые чтобы измельчить структуру литого алюминия или его сплавов. В последние 10 лет были исследованы эти модификаторы, а также отливки, полученные с использованием модификаторов в работах [18-24].

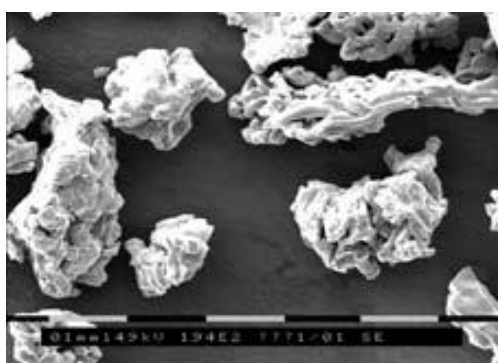
В большинстве случаев в модификаторах на основе алюминия содержание титана варьировалось в пределах 3 – 5 масс. %, а в данных исследованиях углерод использовали массу в широких пределах от 0,1 до 1,25 %. Основные фазы, присутствующие в структуре модификаторов на основе алюминия – дисперсные частицы карбида титана и иглоподобные частицы интерметаллида  $TiAl_3$ .

Измельчение структуры отливок значительно увеличивает их прочность на растяжение (с 105 до 137 МПа) и пластичность (с 8,4 до 13,2%) [23].

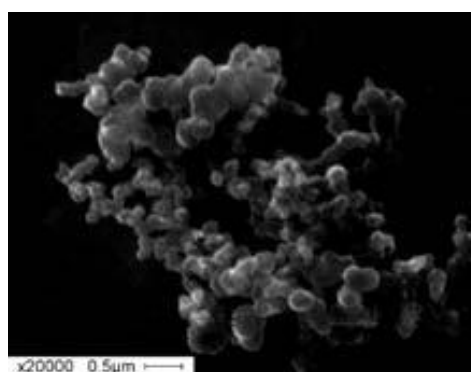
## 2 Материалы и методики эксперимента

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

В диссертации исследуется синтез порошков титан марки ТПП-8 (крупнозернистый, фракции <160 мкм и <125 мкм) получен методом дроблением, содержание примесей не более 0.5%, алюминия (ПА-4, <100 мкм.) и сажа углерода (П-803, <300 нм.).



а



б



в

Рисунок 2.1 - Морфология исходных порошков: а - титан ТПП-8;  
б – сажа углерода П-803; в - алюминий ПА-4;

Для выполнения задач данного исследования нужно сделать:

- Составить смесь
- Синтезировать порошки.
- Исследовать полученный с помощью СВС материал.

- Спекание порошка.
- Определить жаропрочность, твердость, износостойкость.

## 2.1 Методика получения порошков

Составление смеси. Состав реакционных смесей для синтеза композитов предполагаемого целевого фазового состава представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Состав реакционных смесей

Целевой фазовый состав продуктов синтеза	Состав реакционных смесей (масс %)		
	C	Ti	Al
TiC + 10 масс.% Al	18	72	10
TiC + 20 масс.% Al	16	64	20
TiC + 30 масс.% Al	14	56	30
TiC + 40 масс.% Al	12	48	40
TiC + 50 масс.% Al	10	40	50

Для взвешивания порошков использовались аналитические электронные весы модели GH-202 (рис. 2.2).



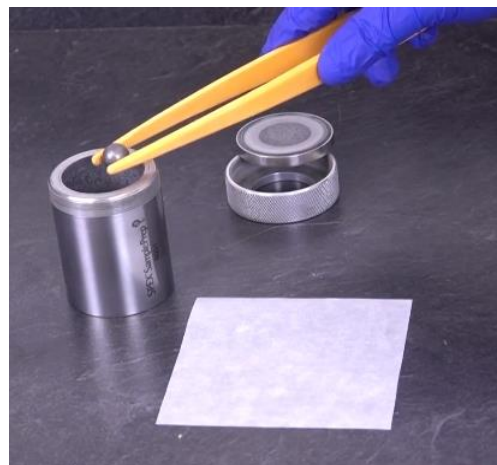
Рисунок 2.2 – Аналитические электронные весы GH-202, для взвешивания порошков.

Смешивание порошков очень важный этап. Смешивание напрямую влияет на конечный результат. Металлические и неметаллические порошки нужно смешивать в определенных 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:

$$V = \frac{42,4}{\sqrt{d}}, \text{об/мин}, \quad (2.1)$$



а



б

Рисунок 2.3 а - шаровая мельницы 8000MMixer/Mill, б – контейнер в котором происходило смешивание

Обычно мельница вращается со скоростью, оставляющей 70-75% критической скорости. Такая скорость обеспечивает наиболее эффективное опрокидывание смешивающих тел. В данной работе значение критической скорости составило 200 об/мин., соответственно оптимальная 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 ( $\text{TiCN}_4$ ) 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.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Ранее спрессованные таблетки синтезировали и получали композиционные порошки. Синтез соединений с недостаточно высокой теплотой образования становится возможным после предварительного подогрева реакционной смеси.

Полученные СВС спеки для получения порошка, сначала я дробил металлический материал порошка в прессе (рис 1.1) с нагрузкой 2 т. После дробления, измельчал через сито до 56 – 200 мкм. А также при получениях порошка использовали активатор 2s (рисунок 2.4). Преимуществом этого активатора является измельчение во всех работа режимах: ударный, сдвиговый, ударно-сдвиговый и вихревой.



Рисунок 2.4 - 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.

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. Пористость исходных (сырых) компактов составляла от 35 до 38 % в зависимости от типа состава.

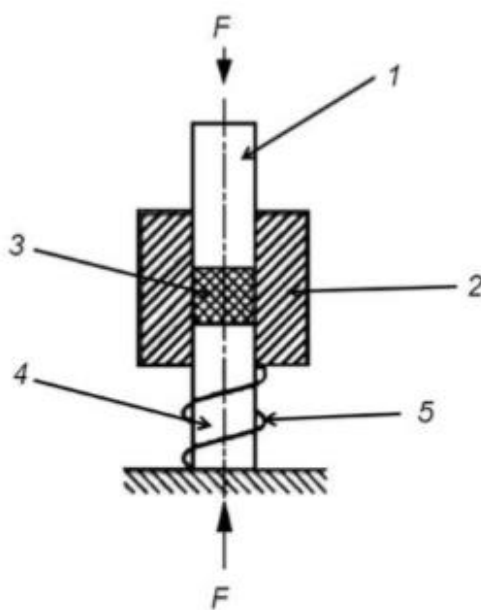


Рисунок 2.5 – Двухсторонняя цилиндрическая пресс-форма с «плавающим» пуансоном: 1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – порошковая смесь; 4 – нижний пуансон; 5 – пружина.

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



Рисунок 2.6 - 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 °С приращение температуры было со скоростью 5-10 °/мин; далее с 450-500 °С нагрев замедляли до 2-4 °/мин до достижения заданной температуры спекания. Такой двухэтапный нагрев обусловлен тем, что при сохранении высокой скорости нагрева (5-10 °/мин) при достижении температуры образования жидкой фазы (650-670 °С) 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 позволяет сбалансировать приток внешней тепловой энергии и потенциальный вклад экзоэффекта.

Шлифование. После всех выше перечисленных операций делалось шлифование образцов. Шлифование проходило на шлифовальном-полировальном станке Saphir 520 (рис 2.7).



Рисунок 2.7 - 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 Р600,  $t=10$  мин,  $F=40\text{N}$ ,  $V=500$  об/мин;

*Третий этап:* шкурка М40,  $t=15$  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.

## 2.2 Методики исследования

Структурные исследование продукта проводили на оборудовании AXIOVERT-200MAT (рисунок 2.8).





Рисунок 2.8 AXIOVERT-200MAT

С помощью сканирующего электронного микроскопа LEO EVO 50 хвр (CarlZeiss, Germany) (рис. 2.9) были получены фотографии морфологии поверхности.



Рисунок 2.9 – LEO EVO 50 хвр (Carl Zeiss, Germany)

### 3 Результаты исследования

#### 3.1 Температура горения.

На рисунке 3.1 показаны зависимость температуры горения в волновом режиме от состава смеси  $\text{TiC}+x$  масс. % Al.

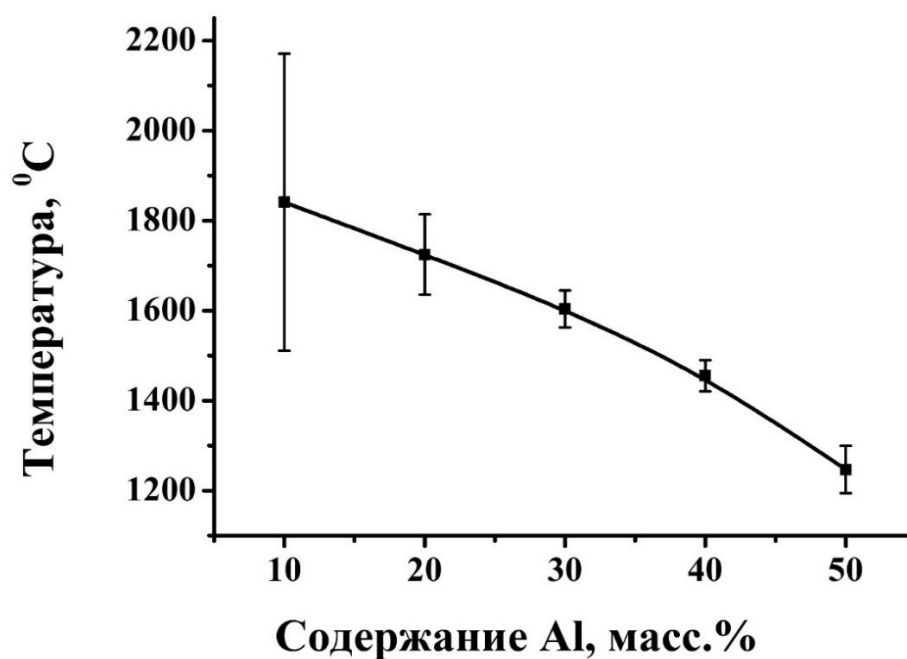


Рисунок 3.1. Зависимость температуры горения в волновом режиме от состава смеси  $\text{TiC}+x$  масс. % Al

На рисунке 3.2 показаны температуры горения в волновом режиме при составе смеси  $\text{TiC}+10$  масс. % Al. Показаны только аномальные точки.

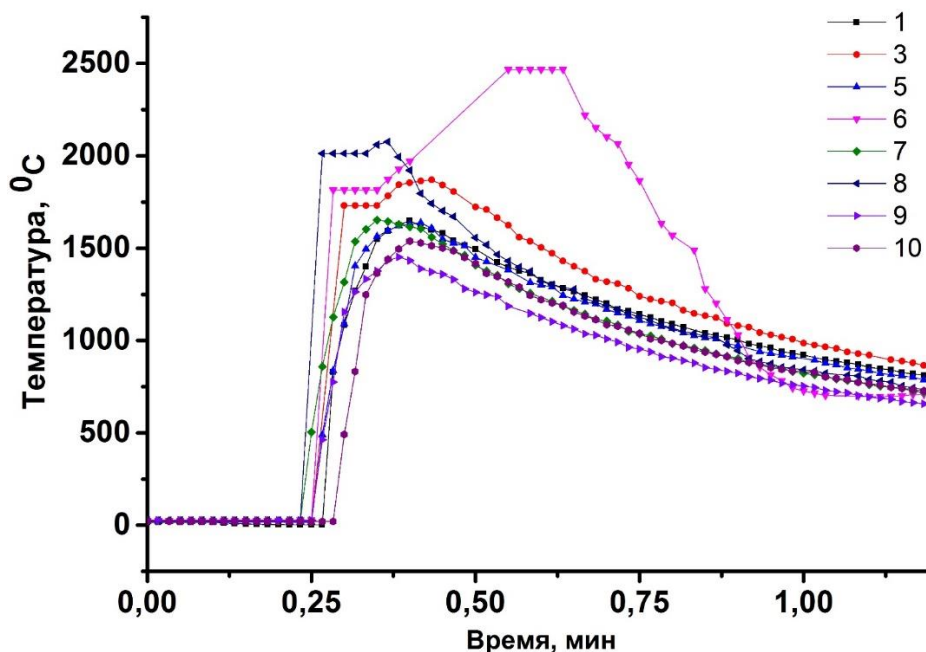
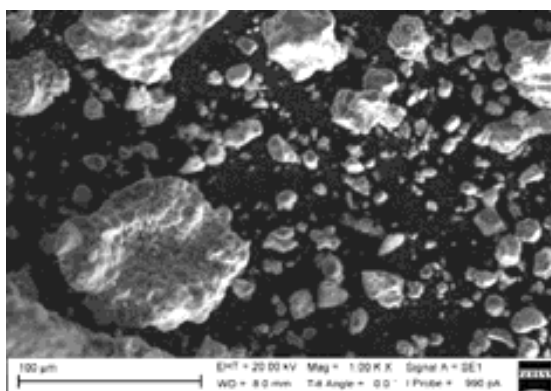


Рисунок 3.2. Зависимость температуры горения в волновом режиме от состава смеси TiC+10 масс. % Al.

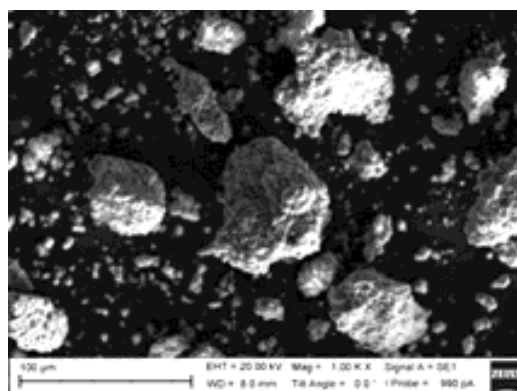
### 3.2 Морфология СВС порошков и дисперсность карбидной фазы.

После получения КМ после проведения СВС, были получены спеки порошков составов Ti-C-Al. При помощи сканирующего электронного микроскопа LEO EVO 50 хвр (рис.2.9) были получены. Фотографии морфологии порошковых продуктов представленные на рисунке 3.1.

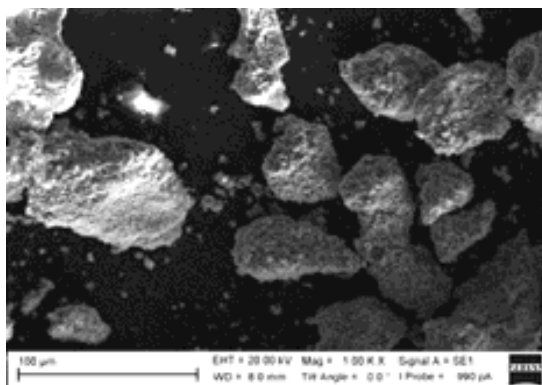
На фотографиях показаны, что гранулы КМ имеют в основном сферическую форму без острых углов и ребер. Сферическая и близкая к равноосной форма гранул композита обеспечивает хорошую сыпучесть. Которая при наплавке или напылении покрытия помогает подавать порошок с одной скоростью, так как это способствует для равномерности покрытия.



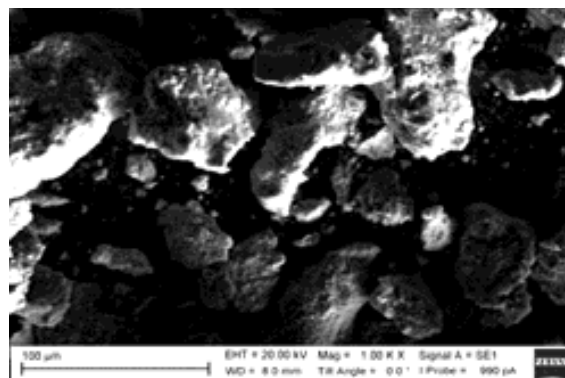
а



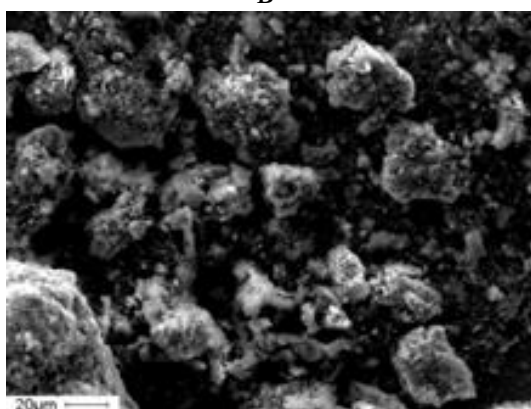
б



в



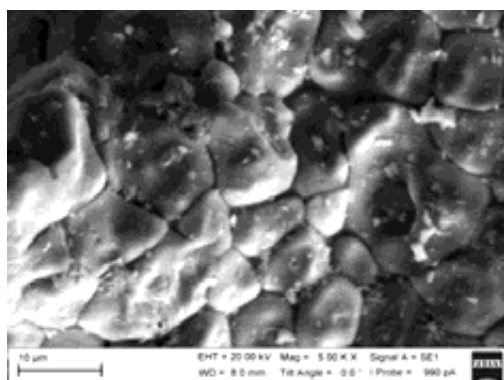
г



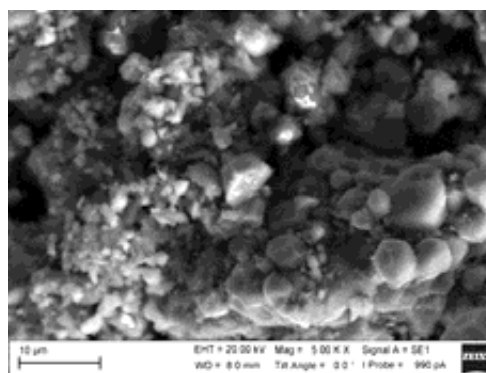
д

Рисунок 3.3 - Морфология синтезированных порошков с разным весовым содержанием алюминия: а) - 10%; б) – 20%; в) – 30%; г) – 40%; д) - 50%.

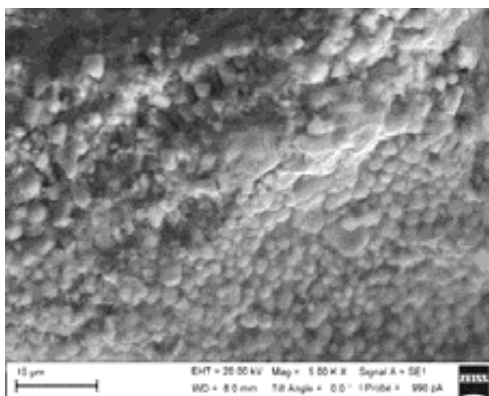
На фотографиях морфологии КМ форма порошка после измельчения, обеспечивается составом композита (рис. 3.3), в которой хрупкость карбидных включений компенсируется пластичностью алюминия.



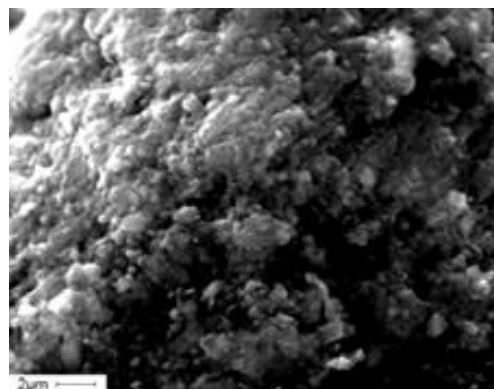
а



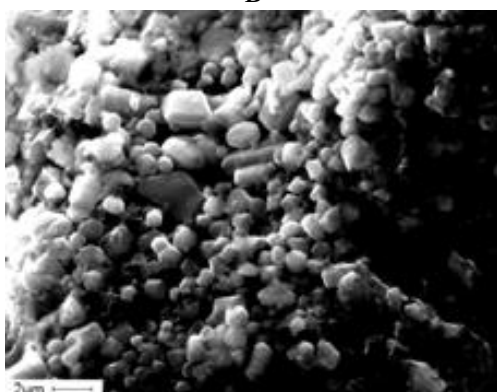
б



в



г



д

Рисунок 3.4 - Микроструктура синтезированных порошков с разными весами % алюминия: а) - 10%; б) - 20%; в) - 30%; г) - 40%; д) - 50%.

На изображениях (рис. 3.4) микроструктуры данных композитов, видно, что по увеличению процентной массы алюминия, дисперсность карбидной фазы постепенно уменьшается.

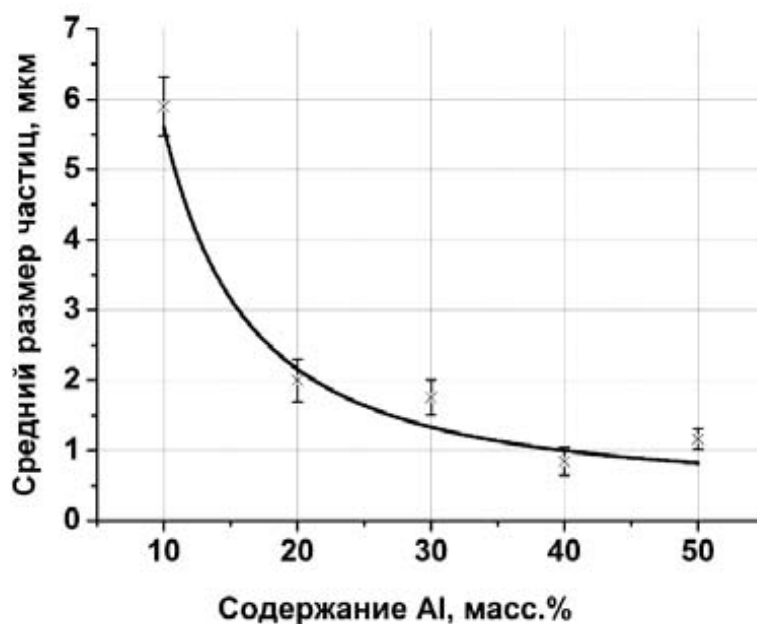


Рисунок 3.5 - Изменение размера карбидных частиц в СВС композитах, при изменении содержания алюминиевой связки

### 3.3 Фазовый состав

СВС всех прессованных порошковых смесей указанные ранее прошли в стационарном волновом режиме. Рентгенограммы с синтезированных порошков показаны на рисунке 3.6. Из обработанных рентгенограмм тройной системы «титан, алюминий, углерод» были получены параметры решеток всех включений, размер областей когерентного рассеяния, а также микроискажения кристаллических решеток ( $\Delta d/d$ ).

В таблице 3.1 указан относительное содержание фаз в продуктах синтеза, определенное по сумме площадей под пиками отдельных фаз.

Как описано в таблице 3.1 параметр решетки карбида титана в СВ синтез композитах TiC+Al равномерно увеличивался с 0.4324 нм при 10% Al связки до 0.4327 нм при 50%. Связь параметра решетки карбида титана в исследованных композитах и элементного состава карбида будет дополнительно рассмотрена.

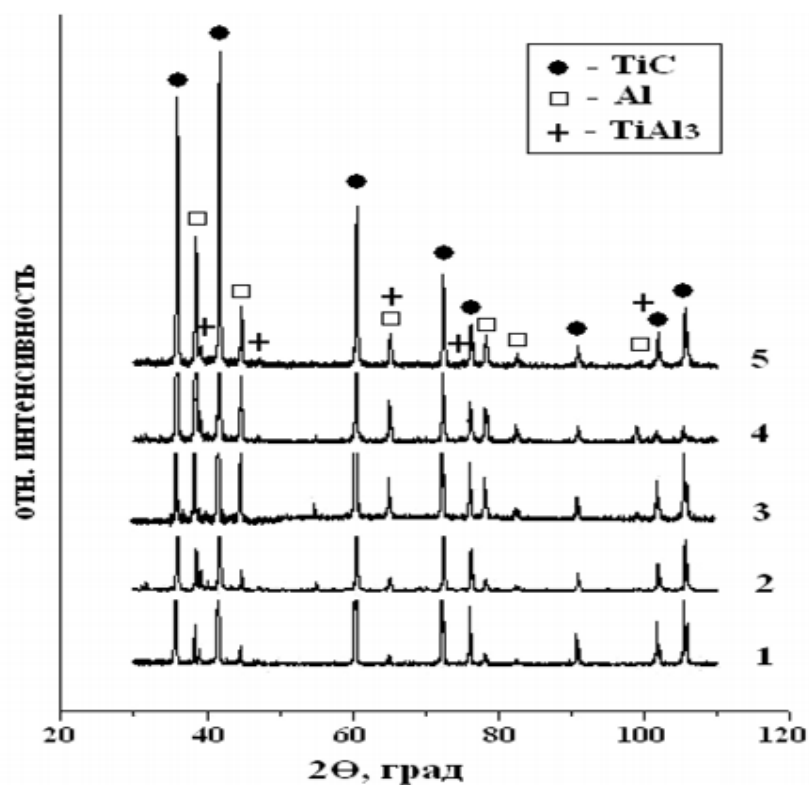


Рисунок 3.6 Рентгенограммы ( $\text{CuK}\alpha$ ) СВС порошков с различным расчетным содержанием Al связки (масс. %): 1–10 %; 2–20 % 3–30 %; 4–40 %; 5–50 %.

По мере увеличения процентной массы алюминия в реакционных смесях его содержание в продуктах синтеза также монотонно увеличивается, а содержание карбида титана, соответственно, уменьшается. Кроме того определяется фаза интерметаллид  $\text{TiAl}_3$ , содержание которого невелико и мало отличается для исследованных составов.

Таблица 3.1 Относительное содержание фаз (%) и параметр решетки карбида титана (a, nm)

Целевой фазовый состав	Относительное содержание фаз, %		
	TiC (a, nm)	Al	$\text{Al}_3\text{Ti}$
TiC+10 масс.% Al	83 (0,4324)	12	5
TiC+20 масс.% Al	80 (0,4326)	15	5
TiC+30 масс.% Al	61 (0,4327)	35	4
TiC+40 масс.% Al	58 (0,4327)	38	4
TiC+50 масс.% Al	57 (0,4327)	40	3

### 3.4 Элементный состав карбидной фазы.

С помощью метода энергодисперсионной спектроскопии (EDX) определяли элементный состав композитов. Из-за недостаточной локальности электронно-зондового не смогли определить элементный состав с содержанием алюминия 30%, 40% и 50%. А с содержанием алюминия 10% и 20% показаны ниже (рис. 3.7 а, б). В таблице 3.2 показан элементный состав поверхностного (несколько мкм) слоя карбидных включений, средний по локальным определениям (рис.3.7). Таким образом можно сделать вывод, что содержание титана соответствует с его содержанием в карбидной фазе эквиатомного состава.

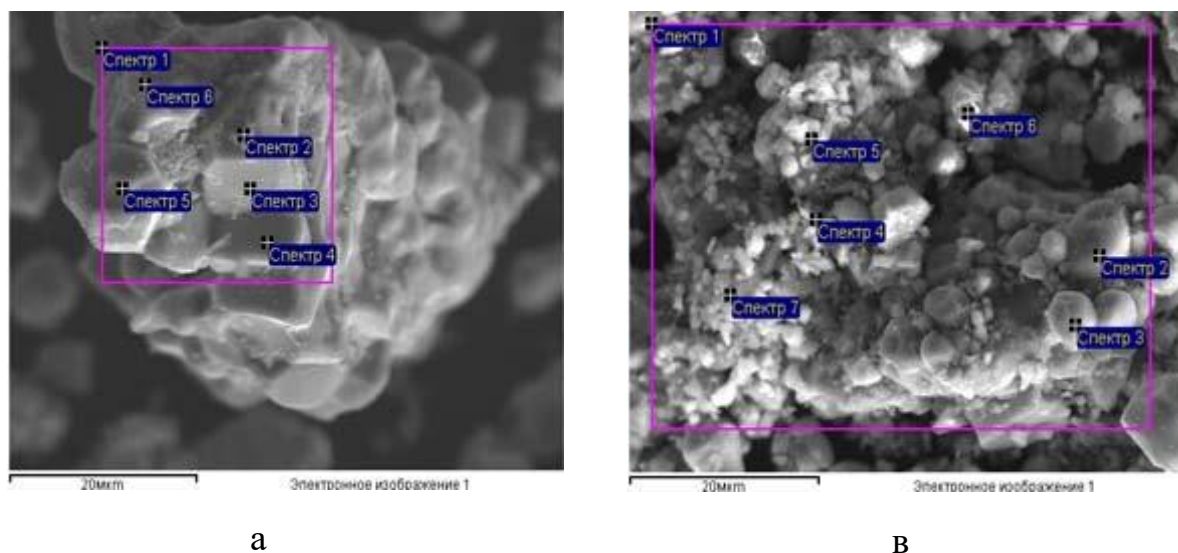


Рисунок 3.7 - Определение элементного состава карбидной фазы в синтезированных композитах: а) 10%Al; б) 20%Al

В карбидной фазе кроме титана и углерода, есть и алюминий. Общее содержание углерода и алюминия дополняет до 20%. Вместе с тем наличие углерода немного меньше, чем 20 масс. % для карбида эквиатомного состава. Это обозначает что возможно, что на параметры решеток карбидных включений также влияет растворенный в небольшом количестве алюминий.



Таблица 3.2 - Элементный состав карбидных включений в СВС композитах «карбид титана – алюминиевая связка»

Целевой состав СВС композита	TiC+10 масс. % Al	TiC+20 масс. % Al
Элементный состав карбидных включений, масс.%		
Титан	79,5±3,2	80,0±3,0
Углерод	19,2±3,4	17,5±1,4
Алюминий	1,3±0,5	2,5±1,7

Исходя из этого, композиционный порошок, полученный дроблением синтезированных спеков из реакционных смесей титана, углерода (сажи) и алюминия форма определяется: комковатой, а также равноосную форму, которые хорошо влияют на сыпучесть. Размер карбида титана, с увеличением в составе алюминия монотонно уменьшается до 0.8 мкм в порошковых смесях. Карбидные фазы в структуре синтезированного композита содержат растворенный алюминий в количестве до 2,5 масс. %, а параметр решетки карбида титана близок к значениям для карбида титана эквипотенциального состава.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4AM81	Набатову Амандыку Тасболатовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Материаловедение</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами по городу Томску; - ресурсы НИ ТПУ (лаборатория)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - прочие расходы – 10%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- общая система налогообложения; - страховые взносы во внебюджетные фонды 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. SWOT-анализ 3. Инициация проектом
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика проекта: - Определение трудоемкости работ; - Разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности научного исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) 2. Матрица SWOT 3. Сегментирование рынка 4. Информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей 5. График проведения и бюджет НТИ
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>19.02.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ81	Набатов Амандык Тасболатович		

## **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 синтезированных порошковых композитов *Ti-Al-C*». 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.

### **4.1 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.

Использование титана в качестве материала связки позволяет получать материалы с высокой удельной прочностью и износостойкостью. В качестве упрочнителя могут выступать твердые частицы:  $Ti_3AlC_2$ ,  $Ti_2AlC$  [1-9].

Также для изготовления инструментов применяют покрытия, наносимые на более простые и дешевые материалы.

В настоящее время для получения композиционных порошков применяют вакуумное спекание прессованных смесей порошков борида титана и связующего сплава 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). В таблице 4.1 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

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 4.1- оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
1	2	4	5	6	7
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1.Конкурентоспособность продукта	0,13	4	4	0,52	0,39
2. Цена	0,1	4	4	0,4	0,3
3.Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>3,63</b>	<b>3,5</b>

## 4.2 SWOT-анализ

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

Одним из эффективных средств сокращения расхода инструмента при сокращении высокого уровня производительности металлообработки является применение инструмента с износостойкими покрытиями. Износостойкие покрытия позволяют получить рабочие поверхности инструмента с необходимыми служебными характеристиками, как правило, не изменяя свойств основного инструмента.

Основные преимущества данного проекта – универсальность, высокая производительность и возможность создания оптимальных условий формирования покрытия с заданными служебными характеристиками, увеличение срока службы инструмента, улучшение качества обрабатываемой поверхности, эффективное использование оборудования, снижение себестоимости изделия.

Но не смотря на все преимущества проекта, есть и слабые стороны. На данном этапе не усовершенствована технология получения порошков, которые используются для нанесения покрытия, а также сама технология получения покрытий не до конца отработана, поэтому возникают некоторые трудности при получении покрытия.

Таблица 4.2 - Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</b> С1. Возможность модифицирования состава исходного материала; С2. Высокая работоспособность изделия;	<b>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл2. Не отработана технология получения порошков, которые в дальнейшем используются
--	---	--

Продолжение таблицы 4.2

	<p>С3. Улучшение свойств обрабатываемой поверхности;</p> <p>С4. Снижение себестоимости изделия</p>	<p>для нанесения покрытий;</p> <p>Сл3. Вероятность структурообразования составов;</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака;</p>
<p><b>Возможности:</b></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 изделия;</p> <p>В4.Появление дополнительного спроса на новый продукт;</p>	<p>С1В2 внедрения технологии в производство за счет варьирования состава;</p> <p>С4В2 – вероятность расширения количества поставщиков (снижение себестоимости изделия);</p> <p>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><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований.</p> <p>У2. Отсутствие оборудования для массового производства;</p> <p>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 производства возрастает вероятность потери времени для нанесения покрытий уже известной технологией.</p>

### 4.3 Цели и результат проекта

Таблица 4.3 – для получения результатов заинтересованы следующие стороны

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Университет	Наличие НИОКР
Магистрант	Защита магистерского диплома. Получение высшего образования.
Потребители	Низкая стоимость изделий по сравнению, с изделиями полученными стандартными методами. Качество покрытий.

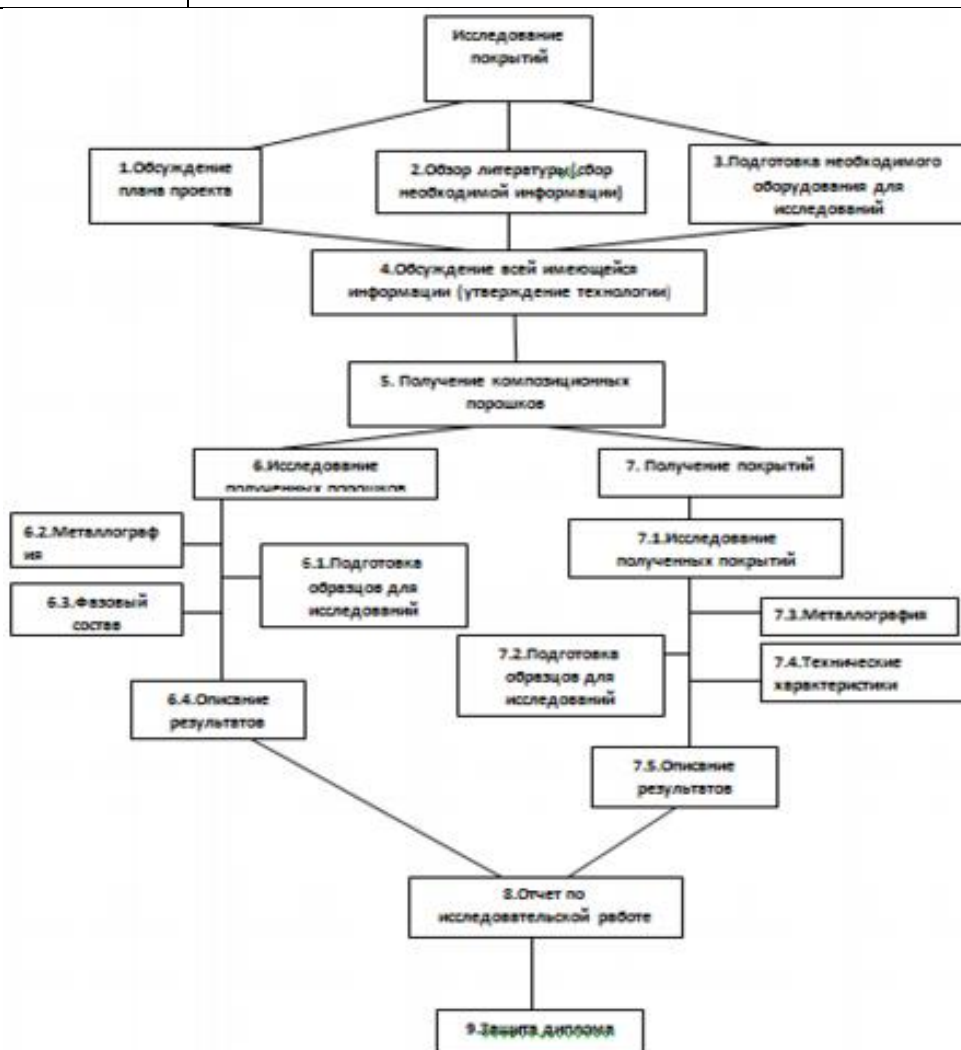


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ проекта



Таблица 4.4 – Информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей

<b>Цели проекта:</b>	1.Методом СВС синтезировать порошкиTi-Al-C. 2. Исследовать микроструктуру и фазовый состав СВС порошков. 3. Определить твердость, износостойкость покрытий. 4. Исследовать структуру и свойства полученных покрытий.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Износостойкие покрытие, которые будут отвечать всем технологическим свойствам, необходимые для инструментов, также прочность изделия позволяют заменить дорогие инструменты на более недорогой, но не уступающие по качеству.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Законченная научно-исследовательская работа, автор которая имеют список публикаций и участие на международных конференциях.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Результат проекта должен иметь актуальное теоретическое и практическое значение
	Выполнения проекта в срок

#### 4.3.1 Контрольные события проекта

Таблица 4.5 – Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Обсуждение плана проект	01.09.18	Утверждение участников исследования
Сбор необходимой информации	01.10.18	Отчет по изученной литературе.
Получение композиционных порошков	15.10.18	Композиционные порошки
Исследование полученных порошков	17.11.18	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	24.04.19	Отчет
Получение покрытий	08.09.19	Покрытия
Исследование полученных покрытий	20.11.19	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	21.02.20	Отчет
Отчет по исследовательской работе	23.04.20	Отчет
Защита диплома	22.06.20	диплом

#### 4.4 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 4.6.

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 4.6– Карта сегментирования рынка

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

#### 4.5 Расчет затрат

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- прочие (накладные расходы) расходы.
- затрат на оборудование
- амортизационные расходы

#### 4.5.1 Расчет затрат на материалы

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 также транспортно-заготовительные расходы для проведения исследования представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – 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
Титановая пластинка		5 шт	300	1500
Наждачная бумага	P60, P120, P240	10 шт	25	250
Алмазная паста	6, 9, 15 микрон	5 шт	300	1500
Электроэнергия				<b>1435,15</b>
<b>Всего за материалы</b>				<b>10 080,15</b>

#### 4.5.2 Расчет затрат на оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 4.8 - Список оборудования для исследования

№	Наименование оборудования	Кол-во	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	Гидравлический пресс МС-500	1	790000	790000
2	Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	1	750000	750000
3	Активатор 2s	1	530000	530000
4	Вытяжной шкаф	1	26230	26230
5	Полировальный станок «Saphir 520»	1	95000	95000
6	Микроскоп «Axiovert 200 mat»	1	34795	34795
7	Компьютер	1	35000	35000
<b>Итого:</b>				<b>2 261 025</b>

#### 4.5.3 Расчет амортизационных расходов

Во время использования машины, машина неизбежно будет иметь старое явление, поэтому мы должны рассчитать старые потери оборудования.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = (Ц \cdot F_{\phi}) / (F_n \cdot F_{cc}),$$

где Ц – цена оборудования, руб.;

$F_n$  – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$F_{cc}$  – срок службы оборудования, год;  $F_{ф}$  – фактическое время занятости оборудования, ч.

$$F_n = 250 \text{ дней} = 6000 \text{ ч.}$$

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет амортизационных отчислений

№	Наименование оборудования	Ц, руб	$F_{cc}$ , год	$F_{ф}$ , ч	$З_{об}$ , руб.
1	Гидравлический пресс МС-500	790000	25	4	21,1
2	Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	750000	25	4	20
3	Активатор 2s	530000	20	3	13,25
4	Вытяжной шкаф	26230	5	25	21,9
5	Полировальный станок «Saphir 520»	95000	10	15	23,75
6	Микроскоп «Axiovert 200 mat»	34795	10	1,5	0,87
7	Компьютер	35000	5	10	11,66
<b>Итого:</b>					<b>112,53</b>

#### 4.5.4 Расчет заработной платы

Для расчета заработной платы нужно определить трудоемкость выполняемой работы.

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$  используется следующая формула (4.2):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел/дн.;  $t_{\min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел/дн.;  $t_{\max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел/дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{PD}$ ) ведется по формуле:

$$T_{PD} = \frac{t_{ож}}{K_{BH}} \cdot K_D \quad (4.3)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{BH}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{BH} = 1$ ;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_D = 1-1,2$ ; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K \quad (4.4)$$

где  $T_{KD}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (4.5)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 118$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 14$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,56$$

В таблице 4.9 приведена продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3-5) реализован экспертный способ по формуле (4.2). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента  $K_d = 1,2$ . Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение  $t_{ож} * K_d$ . Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на  $T_K$  (здесь оно равно 1,205). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям  $T_{КД}$  (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта – см. пример в табл. 4.10.

Расчёт трудозатрат на поиск и изучение материалов:

Определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$ :

$$T_{ож} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8;$$

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ), при  $K_d = 1,2$ :

$$T_{РД} = \frac{2,8 \cdot 1,2}{1} = 3,36;$$

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) для научного руководителя, при  $K_d = 1,2$ :

$$T_{РД} = \frac{2,8 \cdot 1,2 \cdot 0,2}{1} = 0,67;$$

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) для студента, при  $K_d = 1,2$ :

$$T_{РД} = \frac{2,8 \cdot 1,2 \cdot 1}{1} = 3,36;$$

Продолжительность выполнения этапа в календарных днях:

$$T_{КД} = 3,36 \cdot 1,56 = 5,24;$$

Продолжительность выполнения этапа в календарных днях, для научного руководителя:

$$T_{КД} = 3,36 \cdot 1,56 \cdot 0,2 = 1,04;$$

















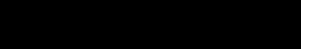


Продолжительность выполнения этапа в календарных днях:

$$T_{KD} = 3,36 \cdot 1,56 = 5,24.$$

Таблица 4.10 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Испол нител и	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.					
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{рД}$			$T_{кД}$		
					НР	И	ИНЖ	НР	И	ИН Ж
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	27,5 3
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	–
<b>Итого:</b>				<b>102,4</b>	<b>47,2</b>	<b>100,34</b>	<b>22,85</b>	<b>56,88</b>	<b>123,03</b>	<b>27,5 3</b>

Таблица 4.11 - Линейный график работ

Этап	НР	И	ИНЖ	Февраль 2020			Март 2020			Апрель 2020			Май 2020		
				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	—												

НР —  И —  ИНЖ — 

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/20,58 \quad (4.5)$$

учитывающей, что в году 247 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 20,58 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4.9. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$ ; (при пятидневной рабочей неделе)  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62$ .

Таблица 4.12 - Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	2178,9	47	1,62	165901,06
ИНЖ	26298	1702,14	23	1,62	111491,64
И	10 633	688,22	100	1,62	63 603,79
Итого:					340814,69

#### 4.5.5 Социальные отчисления работникам

Социальные отчисления работникам включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$ . Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 340\,814,69 \cdot 0,3 = 102\,244,32$  руб.

#### 4.5.6 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \quad (4.6)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $\text{Ц}_{\text{э}} = 5,748$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера ( $T_{\text{РД}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} \cdot K_t, \quad (4.7)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{РД}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_C \quad (4.8)$$

где  $P_{\text{НОМ.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 - Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\Delta_{\text{ОБ}}$ , руб.
Гидравлический пресс МС-500	9,8	1,5	84,5
Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	11,2	18	1158,8
Полировальный станок «Saphir 520»	7	3,2	128,8
Микроскоп «Axiovert 200 mat»	7,7	0,1	4,42
Персональный компьютер	34	0,3	58,63
<b>Итого:</b>			<b>1435,15</b>

#### 4.5.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Исследование синтезированных порошковых композитов *Ti-Al-C*».

Таблица 4.14– Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	8645
Общая заработная плата	$C_{\text{зп}}$	340 814,69
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1435,15
Социальные отчисления	$C_{\text{соц.}}$	102 244,32
Стоимость оборудования		2 261 025
<b>Итого:</b>		<b>2 714 164,11</b>

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

##### 4.6.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где:  $ЧДП_{опt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.15. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации - 10 %.

Бюджет проекта = 2714200 руб. **Стр.4** (Операционные затраты) = Сырье + Амортизация + ФОТ (Осн.ЗП + доп.ЗП.соц.отч.)  
 $В_{реал.} = \text{Бюджет (себестоимость)} * 1,2$ ;  $Ц = C * (1 + P/100)$ .

Таблица 4.15 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	3257040	3257040	3257040	3257040
2	Итого приток, руб.	0	3257040	3257040	3257040	3257040
3	Инвестиционные издержки, руб.	-2714200	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	454700	454700	454700	454700
5	Налогооблагаемая прибыль	0	2802340	2802340	2802340	2802340
6	Налоги 20 %, руб.	0	560468	560468	560468	560468
7	Итого отток, руб.	-2714200	1015168	1015168	1015168	1015168
8	Чистая прибыль, руб.	0	2211872	2211872	2211872	2211872
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-2714200	2483292	2483292	2483292	2483292
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833333	0,694444	0,578704	0,482253



Продолжение таблицы 4.15

11	Чистый дисконтированный доход (ЧДД), руб.	-2714200	2069410	1724508	1437091	1197575
12	$\sum \text{ЧДД}$	3714384				
12	Итого NPV, млн руб.	1000184				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 1000184млн. рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧДП}_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, млн. руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

$$PI = 3714384 / 2714200 = 1,37$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка

дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или  $NPV=0$ . По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.16 и на рисунке 4.2.

Таблица 4.16 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, млн. руб.
1	Чистые денежные потоки, млн. руб.	-2714200	2483292	2483292	2483292	2483292	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	

Продолжение таблицы 4.16

3	Дисконтированный денежный доход, млн. руб.						
	0,1	-2714200	2257312	2051199	1864952	1696088,4	5155351
	0,2	-2714200	2068582	1723404	1435342	1191980,1	3705108
	0,3	-2714200	1909651	1470108	1129897	869152,2	2664608
	0,4	-2714200	1773070	1266478	903918	645655,9	1874918
	0,5	-2714200	1656355	1102581	732571,1	491691,8	1268998
	0,6	-2714200	1552057	968483	605923,2	379943,6	792206
	0,7	-2714200	1460175	831902	504108,2	278128,7	360113
	0,8	-2714200	1380710	767337	424642,2	235912,7	94401
	0,9	-2714200	1306211	687871	362560,6	191213,4	-166345
	1,0	-2714200	1241646	620823	310411,5	153964,1	-387869

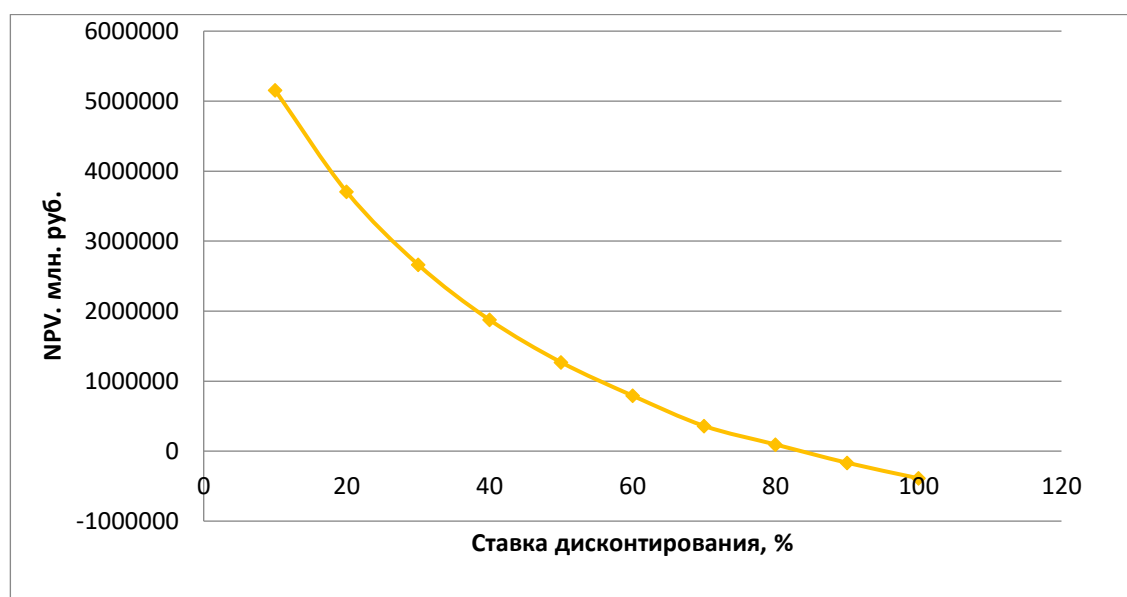


Рисунок 4.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 81%.

Запас экономической прочности проекта:  $81\% - 20\% = 61\%$

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный денежный доход ( $i=0,20$ ), млн. руб.	-2714200	2069410	1724508	1437091	1197575
2	То же нарастающим итогом, млн. руб.	-2714200	-644790	1079718	2516809	3714384
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + (644790/1724508) = 1,37 \text{ года}$				

Социальная эффективность научного проекта (таблица 4.18) учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 4.18 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Нерациональное использование металлов	Уменьшение использование материалов
Не смешиваемость из за разнородности по химическому составу	КМ превосходят по характеристикам любой из своих компонентов по отдельности.

#### 4.6.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 4.19).

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта (системы мониторинга)	0,25	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,10	3	4	4
3. Надежность	0,20	4	4	4
4. Безопасность	0,10	5	4	5
5. Простота эксплуатации	0,15	4	5	4
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	3
Итого	1	24	24	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,45$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 4,15$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,90$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{\text{финр}}^p$  и аналога  $I_{\text{финр}}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,19	0,18	0,17
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,15	3,90

Продолжение таблицы 4.20

3	Интегральный показатель эффективности	23,42	23,05	22,94
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,00

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента рассчитан бюджет научного исследования, определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 1000184млн. руб.; индекс доходности  $PI=1,37$ ; внутренняя ставка доходности  $IRR=81\%$ , срок окупаемости  $PP_{дск}=1,37$  года, тем самым инвестиционный проект можно считать выгодным и экономически целесообразным.

#### **Заключение по разделу:**

В ходе проделанной работы определены затраты на научно исследовательскую работу. Рационально спланирована занятость каждого из участников и сроки проведения отдельных работ для организации процесса реализации исследовательской работы.

С учетом всех рассмотренных вопросов по разделу, анализе различных факторов и расчетов денежных затрат исследовательского проекта, можно резюмировать, что данная научно исследовательская работа перспективна.



# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4AM81	Набатов Амандык Тасболатович

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

Тема ВКР:

<b>Исследование синтезированных порошковых композитов <math>Ti-Al-C</math></b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования являются синтезированные композиционные порошки системы <math>Ti_3AlC_2</math> полученных в результате СВС и алюмотермии.</p> <p>Исследованы характеристики синтезированных порошков <math>Ti-Al-C</math> (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.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ;</li> <li>– Положение об организации работы по охране труда в ИФПМ СО РАН [Текст].</li> <li>– Томск: ИФПМ СО РАН, 2018. – 18с;</li> <li>– Требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78;</li> <li>– Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ должны обеспечиваться в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>– средства пожаротушения предусматриваются согласно требованиям противопожарной безопасности по СнП 2.01.02. -85;</li> <li>– Использование электрических приборов осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 52084-2003.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Превышение уровня шума 2. Вредные вещества 3. Отклонение показателей микроклимата 4. Отсутствие или недостаток естественного света. Недостаточная освещенность рабочей зоны 5. Опасность поражения электрическим током
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Воздействие на атмосферу в связи с токсичностью порошков, взрывоопасностью и пожароопасностью некоторых материалов и газов;</li> <li>– Влияние на гидросферу посредством слива кислот, щелочей, солей отходов вредных веществ в общую систему канализации..</li> </ul>

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<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>
--	---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>19.02.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	Д.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ81	Набатов АмандыкТасболатович		

## **5 Социальная ответственность**

### **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 композиционного порошка, взятого с помощью СВС Ti-Al-C.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

При поступлении на работу с каждым 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 попал 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 40м.

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.

### **5.1.2 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.

### **5.2 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 травителем келлер, 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	Изготовление	Эксплуатация	
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 и организации 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 освещениеАктуализированная 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

## 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 5.2.1.1 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.

### **5.2.1.2 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.

### **5.2.1.3 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.

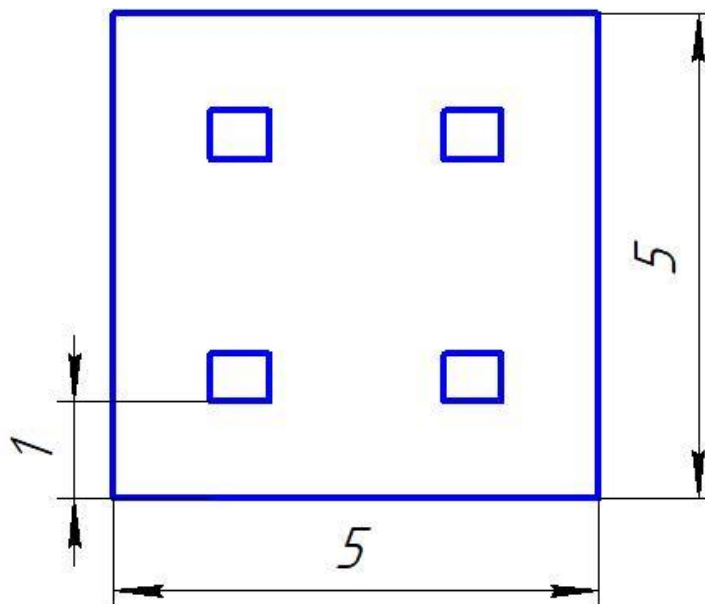


Рисунок 5.1 Схема освещения

#### 5.2.1.4. 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 [13].

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.

#### **5.2.1.5 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 [11]. 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

### **5.2.2 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, маскудля 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.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Любое предприятие, осуществляющее деятельность, неизбежно наносить 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.).

#### **5.4 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.

## **5.5 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 удастся. 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.

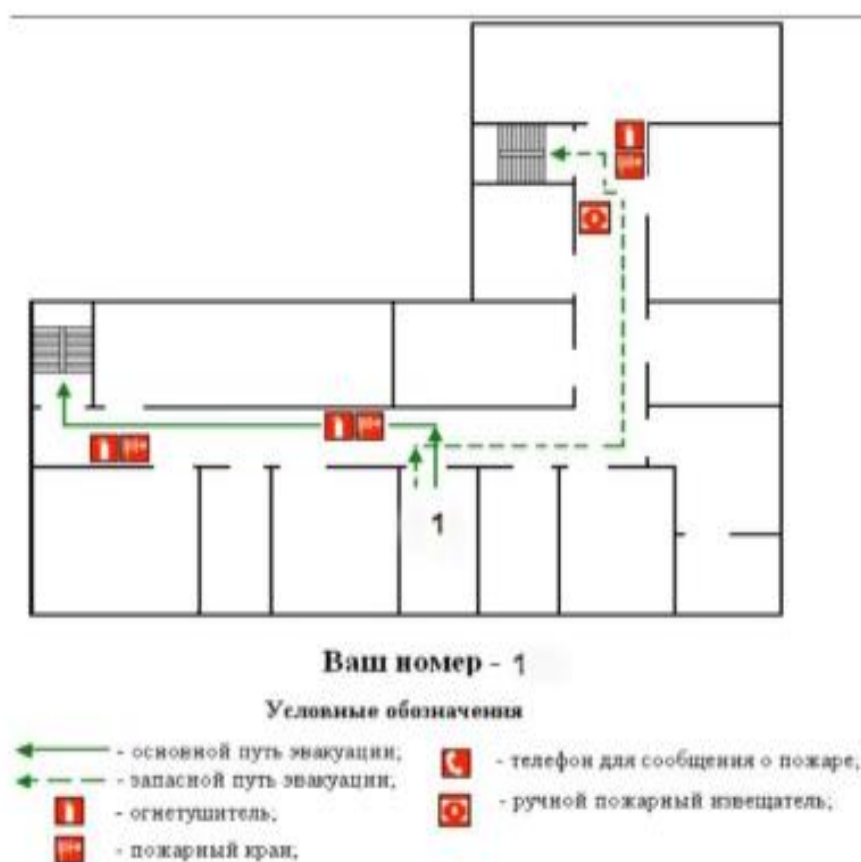


Рисунок 5.2 – План эвакуации

### Заключение по разделу:

В данном разделе были рассмотрена социальная ответственность по исследовательскому проекту на тему: Исследование интенизированных 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.

## Заключение

В результате проделанной работы были получены и исследованы композиционные порошки «титан-углерод-алюминий». Были определены оптимальные режимы синтеза, а также благотворное влияние механической активации. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез был проведен при изменениях в составе массового процента алюминия. СВС спек из титана, углерода (сажи) и алюминия после дробления, форма после дробления получилась комковатой и преимущественно равноосной, которая благоприятно сказывается на сыпучести.

В работе показаны, что при увеличениях в составе алюминия, уменьшается карбидные включения. А также их размер в порошковой смеси уменьшается до 0,8 мкм. Параметр решетки карбида титана в СВС композитах  $TiC+Al$  равномерно увеличивался с 0.4324 нм при 10% Al связки до 0.4327 нм при 50%.

В синтезированном композите с содержанием алюминия до 20% содержится до 2,5 мас. % растворенный алюминий в карбидных включениях. Элементный состав СВС продуктов с большим содержанием алюминия определить состав карбида не удалось из-за недостаточной локальности электронно-зондового способа.

### 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.

17. М.А. Теслина, Т.Б. Ершова, Н.М. Власова, И.А. Астапов. Получение МАХ-фазы системы Ti-Al-C методом порошковой металлургии. —Перспективные материалы, —2016. — 75с.

18. Yucel B. Grain refining efficiency of Al-Ti-C alloys // Journal of Alloys and Compounds. – 2006. – V. 422. – P.128-131.

19. Haimin D., Xiangfa L., Lina Y., Guoqun Z. The influence of forming processes on the distribution and morphologies of TiC in Al-Ti-C master alloys // Scripta Materialia. – 2007. – V. 57. – P. 575-578.

20. Turgay G.B., Fatih T., Sibel D., Isil K. Production of Al-Ti-C grain refiners with the addition of elemental carbon // Materials and Design. – 2010. – V. 31. – P. 30-35.

21. Jinfeng N., Xiaoguang M., Pengting L., Xiangfa L. Effect of B/C ratio on the microstructure and grain refining efficiency of Al-Ti-C-B master alloy // Journal of Alloys and Compounds. – 2011. – V. 509. – P. 1119-1123.
22. Enzhao W., Tong G., Jinfeng N., Xiangfa L. Grain refinement limit and mechanical properties of 6063 alloy inoculated by Al-Ti-C (B) master alloys // Journal of Alloys and Compounds. – 2014. – V. 594. – P. 7-11.
23. Xiaoteng L., Hai H. The influence of carbon content on Al–Ti–C master alloy prepared by the self-propagating high-temperature synthesis in melt method and its refining effect on AZ31 alloy // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – V. 623. – P. 266-273.
24. Huabing Y., Tong G., Haichao W., Jinfeng N., Xiangfa L. Influence of C/Ti stoichiometry in  $TiC_x$  on the grain refinement efficiency of Al-Ti-C master alloy // Journal of Materials Science & Technology. – 2017. – V. 33. – P. 616-622.

## Приложение А

### Literature review

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Набатов Амандык Тасболатович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коростелева Елена Николаевна	к.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна			

## **1. Literature review**

### **1.1 Fundamentals of powder metallurgy**

Powder metallurgy is engaged in the production of metal powders and various parts from them. It is becoming more widely used. The essence of powder metallurgy is to manufacture families of metallic and non-metallic materials.

Classical powder technology is based on the use of simple, mostly single-phase or monocomponent powders obtained by traditional metallurgical, mechanical or physical-chemical methods. 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 mixture [1-3].

Over the more than seventy-year history of industrial powder technology, a set of fundamental theories and scientific approaches describing the basic physical and chemical processes implemented in the production of powder composites has been formed. Using these phenomenological descriptions, the main line of composite materials used in various industries was developed. In particular, titanium-based powder composite materials are widely used in the manufacturing industry, transport, aircraft construction, and others.

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 findings of archaeologists, the powder of gold, copper and bronze was used as paint and for decorative purposes in ceramics and painting. [4]

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

- Obtaining and preparing a mixture of powders with necessary characteristics. Pure metals or alloys with necessary characteristics can be used.
- Pressing the prepared mixture in specially made molds;
- Sintering of the pressed parts;

There are several advantages of powder metallurgy due to its difference:

- the possibility of manufacturing mixtures of materials containing both metallic and non-metallic powders.
- the possibility of obtaining materials with controlled porosity, which is impossible to 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 for obtaining powders from bronze, brass, etc. Parts obtained from a metal powder are got by increased oxidation. Moreover, oxidation occurs throughout the product, not only from the upper layers as usual. Metal-ceramic products have relatively low plastic properties (elongation, impact strength) as well.

## **1.2 Technological processes for obtaining powder materials**

In powder metallurgy there are several primary technological operations. The fundamental one is the production of metal powder, since they have different properties from the technologies for producing metal powders. The necessary composition is taken based on the metal properties using combinations of different metals powders. Metal powders are usually characterized by several properties listed below.

- Chemical;
- Physical;
- Technological;

All available methods for production of metal powders can be divided into two large groups. The first group includes the mechanical method, in which the chemical composition of the powder does not change while the second one—physical and chemical methods. There is no sharp difference between these groups. Despite the variety of production, obtaining powder is the most labor-intensive and



economically expensive technological process. To improve the properties we need, both mechanical and physical-chemical methods are used.

Powders with the required characteristics can be obtained in several ways:

1. Mechanical grinding;
2. Spraying molten compressed air;
3. Recovery of ore or scale;
4. Electrolytic deposition;
5. Explosion of the conductor with current.

In powder metallurgy, mechanical grinding of compact materials is widely used. In practice this method can be used to turn any metal or alloy into a powder.

The recovery of ore or scale is economically feasible. The explosion of conductors is used to produce powders from conductive materials; in some cases the possibility of powders separation during mechanical grinding must be taken into account.

In industry, some powders are also obtained by thermal dissociation of volatile compounds, precipitation, carburization, and other special methods.

Having obtained the powders of different metals, the technological process of preparing a powder mixture containing different powder components with necessary characteristics begins. Powders are weighed in the right proportions and then the powders are mixed in rotating drums, in various types of mills, mixers or other mechanical devices.

Depending on the initial powders that will be included in the mix, they must be mixed in such an order that allows them to achieve uniform mixing with the least time waste and the least loss of powders. To complete the synthesis reaction, the powder components must be thoroughly mixed to ensure the uniformity of the powder mixture in the composition. Along with dry mixing, wet and vacuum mixing can be used in ball mills. In all cases, contamination of the mixture with foreign impurities is inevitable, for example, products of wear of the chamber and balls, dispersing liquid or products of its interaction with the powder, air oxygen.

When mixing composite powders, follow the rules:

1. Homogeneous mixture of several powders can be obtained only with similar particle sizes.
2. The smaller the particle size in the initial state is, the faster mixing of various powders is achieved, and the more uniform the resulting powder mixture is obtained.
3. Obtaining the powders in different quantities (i.e. if some powders must be contained in smaller quantities and others in larger quantities) is carried out in the following way: the powder in smaller amount is mixed with approximately equal amount of the powder that is to be contained in larger amount gradually adding the remaining amount of powder while stirring.

After stirring, a mixture of the powder with a uniform distribution of particles of different materials is obtained.

Hydraulic pressing is a technological process that allows us to smoothly compact our powder at relatively slow speeds. Slow speed is important when small powders are pressed under high pressure, as during pressing there is a particular risk of stratification in Ti-Al-C composite along the axis planes. Other important features are the ability to maintain the pressed composite billet under the necessary pressure to ensure contact between the powder particles and a variety of hydraulic press modes. During the process, the powder is deformed or destroyed. In the mold, the contact between the particles rapidly increases reducing porosity, after which the desired shape and sufficient strength are obtained. There is a deformation or destruction of the powder. Powder pressing is similar to the process of stamping liquid metal. Under pressure, the powder acquires other properties and changes the structure – the contact area becomes more important between the particles, strength increases, porosity reduces.

The diagram of a two-sided cylindrical mold is shown in the figure (figure 2.1). In our case, titanium (TPP8), aluminum (PA-4) and carbon black (P-803) powders into a cylindrical billet with a height of 10-15 mm and a diameter of 10

mm was pressed for subsequent sintering by self-propagating high-temperature synthesis (SHS). Pressing was carried out on a hydraulic press MS-500 (Fig. 1.1).



Figure 1.1. MS-500 Hydraulic press.

### **1.3 Self-propagating high-temperature synthesis**

The discovery made in 1967 by a group of scientists (I. p. Borovinskaya, V. M. Shkiro and A. G. Merzhanov), the method for self-propagating high-temperature synthesis (SHS), which can be used for producing dense products, is currently a promising method for obtaining powder compounds. SHS processes involve a physical phenomenon without gas. In addition, it is possible to obtain powders of refractory compounds, the duration of synthesis can be from 5 seconds to 16 hours (hot isostatic pressing), as well as to create compositions of refractory particles in a metal matrix. The SV synthesis process can involve chemically active substances at high temperatures as reagents (oxidation, carbidization, etc.) and inert substances (argon, nitrogen) as fillers or diluents. Practical application of the SHS process can be found in many industries, such as mechanical engineering, metallurgy, and electrical engineering. Reagents can be in the form of powders,

thin films, liquids or gases. However, two types of systems are most common: powder mixtures (compressed or bulk density) and hybrid gas-powder systems. Previously, it is necessary to ensure the largest contact area of the powder particles in metal powders, in order for the reagents to interact well. For this purpose, the reaction mixtures are pre-pressed in closed molds. Depending on the composition of the charge, impurity gas release and the introduction of gasifying additives, the porosity of frames from SHS products varies widely: from 10% to 90%. The SHS process can be performed in a vacuum, inert or reactive gas or outdoors. By controlling the synthesis parameters, it is possible to obtain a material that exceeds the properties of materials obtained by other traditional methods. Environmental safety with high purity of products in SHS is provided. Easy maintenance and high speeds of the SHS processes lead to significant savings in energy and materials. In addition to the main reagents that make up a useful SHS product after passing the combustion front, it is also possible to add inert substances as diluents (for example, to prevent a thermal explosion) or additional fillers that improve the properties of the resulting materials. SH synthesis is a course of strong exothermic reactions are chemical elements or compounds occurring in the combustion mode (combustion furnace), in which the dissipation is localized in the layer and is transmitted from layer to layer by heat transfer, the process of synthesis of the target product can be carried out at the expense of heat of chemical reactions and do not require external energy for heating. The main method for activating the SHS reaction is local activation of the reaction on the system surface by supplying a short-term thermal pulse (electric spiral, electric spark discharge, laser beam, etc.) with the formation of a combustions wave, and its propagation through the non-heated source substance. SHS-process can be performed in three ways: gas-free combustion, filtration combustion and hybrid combustion. Gas-free combustion is performed in the system "solid –solid", filtration one -in the systems "metal –gas", a hybrid combustion combines the previous two mechanisms. During the filtration combustion filtration is divided according to the method. To start the synthesis reaction, it is necessary to heat the charge in a furnace for low-exothermic

reactions or for mixtures with a high content of inert fillers. The above-mentioned charge in self-propagating high-temperature synthesis processes can be in a vacuum, in the open air, in an inert or reactive gas under pressure. Figure 1.2 shows a diagram of the SHS technology of the production of powders.

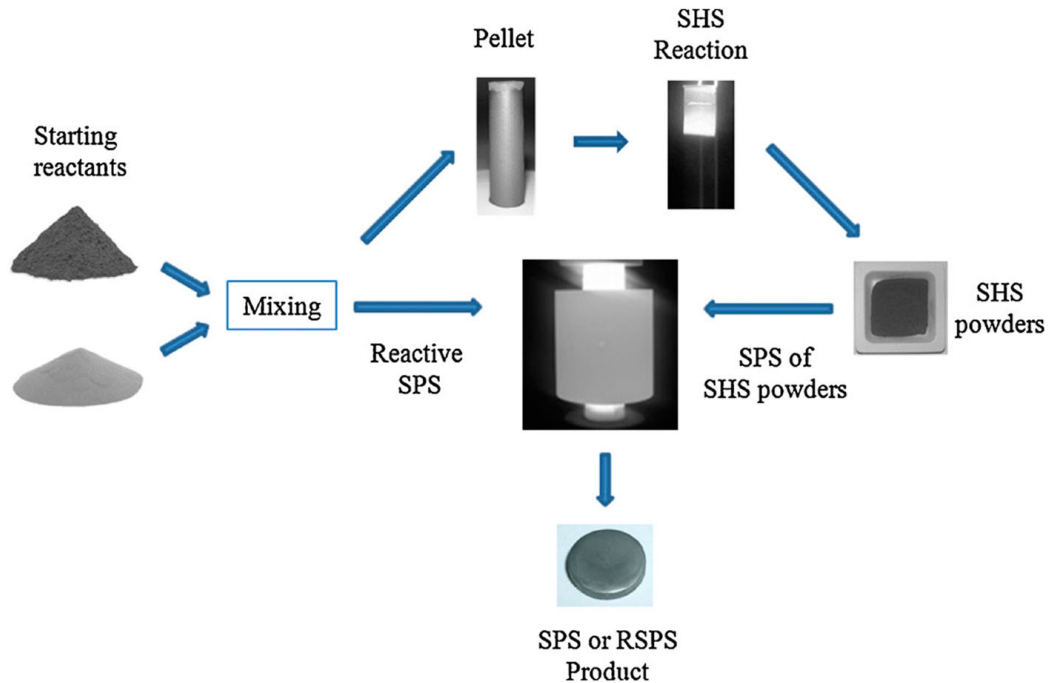


Figure 1.2 is a Diagram of the SHS technology of the production of powders

The SHS method allows us to increase the production at a lower cost compared to the vacuum sintering method. It has significant advantages in several parameters:

- the number of manufactured parts per unit of time;
- intensity of production;
- expenses for repairs and equipment.

However, when using the SHS method, there are a number of problems related to such production characteristics as the ability to control the structure of the composite and the properties of the matrix. During vacuum sintering of powder mixtures, it is possible to flexibly change the heating rate and the temperature of isothermal exposure, which allows you to adjust the phase composition, the dispersion of the structure and the strength of the sintered product. In SHS technology, the parameters determining the phase composition and properties of the SHS product are the composition, the degree of compaction and volume of the

reaction mixture, the dispersion of powder reagents, and the initial temperature at which the synthesis reaction is initiated, i.e. the process itself proceeds depending on the parameters set before the formation reaction begins.

It was shown that the synthesis in the SHS mode [5-13] it is possible to obtain a variety of compounds and composites. Mathematical modeling in this area allows us not only to explain the observed patterns, but also to offer new ways to determine formal kinetic parameters.

The main goal in the synthesis of metal-matrix SHS composites is to form a structure in the SHS product that is favorable for the subsequent effective use of SHS powders for coating or sintering. It is almost impossible to influence the formation of the structure and phase composition of the SHS product directly during the synthesis process.

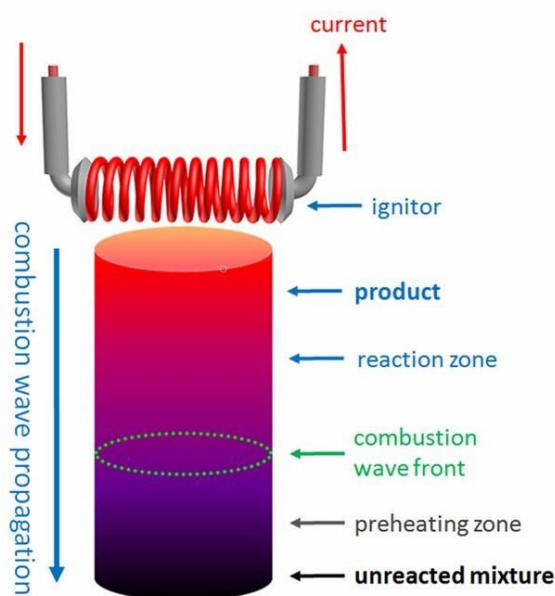


Figure 1.3. Self-propagating high-temperature synthesis

However, numerous studies have shown that the phase composition and emerging structure depend on the thermokinetic characteristics of the process: the wave velocity and maximum temperature at the reaction front. Below the main factors affecting the thermokinetic characteristics of the SHS process, and as a result – the emerging structure will be considered. This review is based mainly on the results obtained at the beginning of experimental development of the synthesis

process of refractory compounds, specifically, titanium carbide. These studies are focused on the quality of the target product in terms of its phase composition and purity for atmospheric gas and free carbon impurities.

### **1.3.1 Influence of inert filler on the thermal regimes of combustion and explosion**

As mentioned above, metal matrix composites "refractory coupling-metal bundle" are obtained as a result of synthesis in powder mixtures "metal – nonmetal". As a non-metallic reagent in the reaction carbon, boron, or silicon are usually used, while as a metallic reagent can be metals forming intermediate compounds with a large negative enthalpy with a non-metallic reagent. In this case, the synthesis reaction occurs not only with the stoichiometric composition of the reaction mixture, but also with an excess of the metal component. This excess is a thermally inert additive to the reaction mixture, since it does not participate in the synthesis reaction, and forms a metal bond in the SHS product.

The maximum content of the metal powder in the reaction mixture, which can trigger a wave mode of combustion, is determined by the negative value of enthalpy corresponding refractory compounds, but it also depends on the technological parameters: the dispersion powders, the initial porosity, the application of mA and others.

Along with two-component reaction mixtures, mixtures of more complex elemental composition are used for the synthesis of products with the structure of a metal-matrix composite. In this case, a metal or alloy powder is added to the two – component metal-nonmetal mixture that does not participate in the exothermic reaction of the main reagents. This additive lowers the combustion temperature, which, however, must exceed the melting point of the additive. After passing the reaction front and crystallization of the melt, the composite structure is formed with inclusions of refractory compound particles in a metal matrix (bundle). The elemental composition of the powders forming the matrix is selected in such a way that the alloy forming the matrix, in addition to high physical and mechanical

properties, has a good compatibility with the solid and refractory hardening phase. A necessary condition for the formation of a dense composite with a uniform distribution of the hardening phase over the volume of the matrix is a near-zero edge angle of wetting the refractory phase with the matrix melt. An inert additive, on the one hand, reduces heat generation from a chemical reaction, and on the other, stores heat, contributing to the maintenance of combustions or volumetric synthesis.

Mechanical activation allows expanding the concentration limits of combustions.

## **1.4 Sintering**

Sintering is an important process in powder metallurgy, which determines the properties of the resulting materials and products. This process is a combination of many physical and chemical phenomena that occur at the same time or sequentially heating of the powder. The purpose of sintering is to achieve certain desired properties, which are formed during heating.

It is important to note the recorded absence of base melting during sintering, which is an essential feature of the powder metallurgy method. However, this does not mean that the heating process should not melt any component at all in the case of multicomponent materials. In this regard, there are two main types of sintering process: solid-phase, i.e. without the formation of a liquid phase, and liquid-phase, in which the fusible components of the powder mixture are melted. [4]

## **1.5 Properties of powders of the Ti-Al-C system and their application'**

As mentioned earlier, obtaining triple titanium – carbon aluminum alloys is difficult. This is due to the fact the metal components have very different melting



points: 660°C 1608°C for aluminum and titanium, respectively. Carbon does not melt when heated, but sublimates at 4200°C. Ternary compounds of the systems Ti-Al-C are of greatest interest phase  $Ti_3AlC_2$  and  $Ti_2AlC$ . These compounds belong to the so-called MAX-phases, which have a unique combination of properties of metals and ceramics (high electrical and thermal conductivity, plasticity, resistance to heat shock, machining ability, low density, and low coefficient of thermal expansion, high scale resistance and strength).

Ceramic materials and composites will play an important role in the future in the automotive, aviation, shipbuilding, and many other manufacturing industries. Materials based on MAX-phases have been increasingly used in recent years. They are materials of the triple carbides or nitrides group. Their peculiarity is due to their unique characteristics. The MAX-phase formula is a triple compound whose General formula is  $M_{n+1}AX_n$ , where n is the numbers 1, 2 or 3, M is a transition metal, A is an element of a side subgroup of the periodic table (mainly IIIA and IVA), X is carbon or nitrogen. [15]

Titanium carbidoaluminide  $Ti_3AlC_2$  was first synthesized and identified in 1994. This material is special due it is low density ( $4.25 \text{ g/cm}^3$ ) and hardness (3.5 GPA), high young's modulus (297 GPA), self-lubricity (low coefficient of friction), easy workability, high electrical and thermal conductivity, resistance to oxidation at high temperatures due to the formation of a film  $Al_2O_3$  on the surface, melting point 2100°C.