

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

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – 15.04.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование синтезированных порошковых продуктов на основе TiB+Ti</b>

УДК 621.762.5:669.295:66.091.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ61	Мартынов Роман Сергеевич		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Е.В.	к. филос. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Т.А.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение МП «Технологии наукоемких производств в машиностроении»	Коростелева Е.Н.	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП  
15.04.01 «Машиностроение»**

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
Р2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
Р4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, nano технологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования, на защите окружающей среды
<b>Универсальные компетенции</b>	

P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, разрабатывать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

---

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки – 15.04.01 Машиностроение  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Е.Н. Коростелева

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ61	Мартынову Роману Сергеевичу

Тема работы:

<b>Исследование синтезированных порошковых продуктов на основе TiB+Ti</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является СВС – композиционные порошки TiB – связка Ti
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Изучение литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки в области получения и применения композиционных порошков; актуальность работы и постановка задачи; методы получения и исследования объекта исследования; анализ результатов выполненной работы; заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в Microsoft PowerPoint
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович
Разделы, выполненные на иностранном языке	Демьяненко Наталья Владимировна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Основная часть, Литературный обзор, Материалы и методы, Результаты исследования, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, Социальная ответственность – русский язык.	
<b>На иностранном языке выполнены следующие разделы диссертации:</b>	
Материалы и методы	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ61	Мартынов Р.С.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 с., 24 рисунка, 19 таблиц, 31 источник, 1 прил.

Ключевые слова: композиционный порошок, борид титана, моноборид титана, диборид титана, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, СВС, СВ-синтез, спекание

Объектом исследования являлись композиционные порошки «TiB – связка Ti».

Целью настоящей работы было исследование порошковых композитов TiB – связка Ti, полученных методом СВС.

В результате данного исследований описаны методы получения СВС материалов на основе борида титана, описана методика исследования порошковых продуктов, описаны полученные СВС порошки, представлены результаты спекания, микроструктура образцов составов TiB+Ti.

Степень внедрения: внедрение в производство не осуществлено.

Область применения: порошковая металлургия, изготовление металлорежущего инструмента, возможность применения в качестве наплавки.

Экономическая эффективность/значимость работы – проект обладает высокими показателями ресурсоэффективности и является ресурсосберегающим.

## Содержание

Реферат.....	7
Введение.....	11
1. Литературный обзор .....	12
1.1. Система «титан-бор» .....	12
1.2. Методы СВС.....	15
1.3. Покрытие на основе TiB.....	17
2. Материалы и методы.....	19
2.1. Методы получения СВС материалов на основе TiB .....	21
2.2. Методы исследования композитов на основе TiB.....	34
3. Результаты исследования порошковых продуктов на основе TiB+Ti.....	39
3.1. Описание полученных СВС-порошков.....	39
3.2. Результаты спекания. Микроструктура спеченных прессовок. Сравнение с используемыми СВС-порошками. ....	42
3.3. Поведение синтезированных порошков при спекании.....	43
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	46
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....	46
4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	48
4.3. SWOT-анализ.....	50
4.4. Инициация проекта.....	53

4.4.1. Цели и результаты проекта .....	53
4.4.2. Организационная структура проекта.....	54
4.4.3. Ограничения и допущения проекта .....	55
4.4.4. Планирование управления научно – техническим проектом.....	55
4.4.4.1. Контрольные события проекта.....	55
4.4.4.2. Бюджет научного исследования.....	56
4.4.4.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	60
5. Ограничения и допущения проекта.....	65
5.1. Введение.....	65
5.2. Техногенная безопасность .....	65
5.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды.....	65
5.2.1.1. Шум.....	66
5.2.1.2. Вредные вещества.....	67
5.2.1.3. Микроклимат.....	68
5.2.1.4. Освещение на рабочем месте .....	72
5.2.1.5. Расчет общего равномерного освещения .....	73
5.2.2. Анализ опасных факторов производственной среды.....	77
5.2.2.1. Электрический ток.....	77
5.2.2.2. Пожаробезопасность .....	79
5.2.3. Региональная безопасность.....	81
5.2.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности...	82
5.2.5. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	84
5.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	85
6. Основные результаты и выводы по исследовательской работе ....	87

7. Список использованной литературы.....	88
Приложение А. ....	91

## **Введение**

На сегодняшний день композиционные порошковые материалы всё чаще используются в промышленности, приходя на замену дорогим сплавам, поскольку, материалы на основе композиционных порошков обладают уникальным сочетанием твердости, высокой удельной прочности, износостойкости при абразивном износе и в контактных парах [1-3]. Помимо этого, современное машиностроение стремится к максимальной эффективности изготовления деталей, увеличению коэффициента использования материала (КИМ). При традиционной механической обработке материалов невозможно достичь таких показателей КИМ как при изготовлении изделий из композитных порошковых материалов. При получении изделий из композитных порошков КИМ всегда будет близок к единице, это означает, что изготовление изделий из композиционных порошков, практически безотходное производство.

Помимо этого, существует множество других сфер применения таких композиционных порошков, например изготовление металлорежущего инструмента, наплавка покрытий или использование таких порошков в аддитивных технологиях [4-6].

Основной целью моей научной работы является исследование синтезированных порошковых материалов на основе  $TiB+Ti$ . Материалы данной системы характеризуются более высокими значениями механических и теплофизических свойств по сравнению с чистым титаном, обладают стойкостью к окислению при высоких температурах, благодаря чему получили большое распространение в качестве защитных покрытий целого ряда деталей и узлов в различных отраслях производства.

Несмотря на большое количество исследований композиционных материалов с боридами титана, преимущественно их тема касалась поверхностной обработки титановых сплавов, тогда как мало работ, посвященны возможности получения объемных деталей и изделий с

использованием этих композитов. В связи с этим решаемая в дипломной работе задача является актуальной.

## **1. Литературный обзор**

### **1.1. Система «титан-бор»**

Бор является первым и самым легким элементом 3-ей группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Этим определяется строение его атома и химические свойства, обуславливающие поведение бора в геохимических процессах [7].

Титан – химический элемент с атомным номером 22, принадлежит к 4-й группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева [8]. Титан является прочным и легким металлом, обладающим высокой коррозионной стойкостью.

Титановые сплавы являются одним из основных конструкционных материалов, применяемых в настоящее время в разных отраслях промышленности. Широкое их использование связано с присущими титану и его сплавам комплексу свойств – высокая удельная прочность, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах, хорошая жаропрочность [9,10].

Порошки титана в основном получают восстановлением оксидов металлов гидридом кальция. Этот способ был разработан в 50-ых годах прошлого века. Восстановленные порошки титана имеют неправильную (иррегулярную) форму и развитую поверхность частиц.

Благодаря развитой поверхности частиц титана, они отлично формуются (прессуются) в матрицах, при сравнительно низких давлениях, а также хорошо прокатываются в ленту и спекаются в вакууме или нейтральной атмосфере. Порошки титана и сплавов на основе титана применяются в производстве коррозионностойких фильтров тонкой очистки технических жидкостей в виде пористого проката. Порошки титана нашли свое применение в медицине для изготовления имплантатов, в пищевой промышленности для изготовления регенерируемых фильтров в системах

очистки воды, в производстве пиротехнических средств, пористых не распыляемых геттеров (газопоглотителей) с высокой сорбционной емкостью, а также в авиационной технике. Порошки применяют также для изготовления композитов с другими металлами [11].

В настоящее время композиты на основе титана вызывают значительный интерес в связи с возможностью создания композитов высокой прочностью и удельной жесткостью при относительно низкой стоимости.

В общем случае при создании композитов матричный и армирующий материалы выбираются исходя из следующих требований [12]:

- оба материала должны иметь низкую плотность;
- модуль упругости дисперсных включений материалов должен быть намного выше, чем модуль упругости материала матрицы (принимая во внимание сравнительный низкий модуль упругости Ti-сплавов);
- матрица и армирующие материалы должны иметь одинаковые коэффициенты теплового расширения;
- материалы должны быть химически устойчивыми по отношению друг к другу.

Упрочнитель используемый в композитах на основе Ti, представляет собой преимущественно междоузельные соединения, такие как TiC, TiB, TiN, TiB<sub>2</sub>. Исходя из обзора фазовых диаграмм титана, было выявлено, что из всех возможностей, включая Ti-TiB<sub>2</sub>, наиболее привлекательными являются Ti-TiB, Ti-TiN и Ti-TiC, Ti-TiB<sub>2</sub>. Однако из-за высокой реакционной способности титана все эти соединения приводят к образованию на границе раздела одного или нескольких продуктов реакции, которые уменьшают механические свойства композиционного материала. Тем не менее, борид титана (TiB) хорошо подходит для использования в качестве упрочнителя из-за отсутствия промежуточной фазы между Ti и TiB. Кроме того, упрочнитель TiB имеет особые характеристики, такие как высокий модуль упругости, хорошую термическую стабильность при высокой температуре и плотность,

близкую к плотности титана [13]. На рисунке 1.1 представлена диаграмма состояния титан-бор.

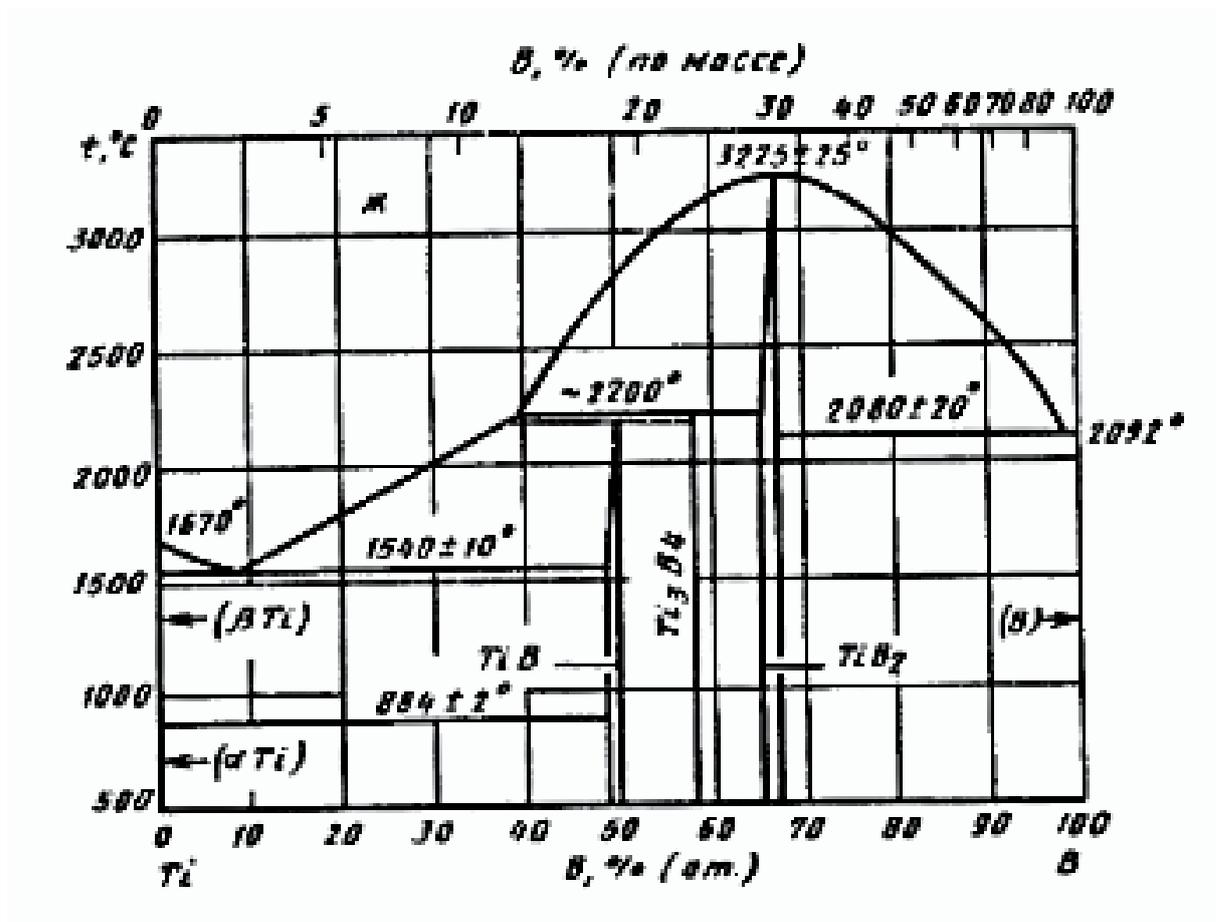


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния Ti-B [13].

Керамические армированные титановые композиты демонстрируют хорошие механические свойства и прочность сцепления. TiB был идентифицирован в качестве упрочнителя как один из материалов, наиболее совместимые с титаном, демонстрирующие хорошую термохимическую устойчивость и механические свойства.

Бориды переходных металлов, обладающие уникальными свойствами (высокая тугоплавкость, износостойкость, теплопроводность), представляют интерес для получения керамических композитов, предназначенных для использования в условиях высокотемпературного абразивного износа. Получение боридов переходных металлов традиционными методами порошковой металлургии весьма проблематично. Все это связано с высокими

затратами на электроэнергию, сложностью технологического оборудования и низкой производительностью процесса [14].

## **1.2. Методы СВС**

Перспективным способом получения металло-керамических композитов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез - СВС [15,16]. СВС - процессы были созданы на основе научного открытия явления безгазового горения, сделанного в 1967 году [17]. Данный метод позволяет получать порошки тугоплавких соединений, создавать композиты из тугоплавких частиц в металлической матрице, а также получать готовый продукт из порошковых материалов. В процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза возможно участие химически активных при высоких температурах веществ в качестве реагентов, а также инертных веществ в качестве наполнителей или разбавителей. В процессе могут участвовать спрессованные (при помощи пресс-формы) частицы порошков, ультрадисперсные порошки насыпной плотности, системы порошок – газ, а также реагенты в виде тонких пленок, жидкостей. Помимо основных компонентов, возможно добавление инертных веществ с определенными целями, например для предотвращения теплового взрыва, или для улучшения свойств основного материала [18,19]. Одним из основных требований к структуре исходной системы является обеспечение условий для эффективного взаимодействия реагентов. Исходя из данных требований, вытекает вывод о том, что для взаимодействия реагентов необходимо обеспечить большую площадь соприкосновения синтезируемых частиц [20].

Преимуществом данного процесса является простота его проведения, а высокие скорости протекания процесса позволяют экономить энергию и материалы. СВ-синтез может проводиться в различных условиях: воздухе, вакууме, инертном или реагирующем газе. Варьируя различными параметрами процесса, возможно получение материала, не уступающего или

превосходящего по различным характеристикам материала, который был получен другими традиционными методами [21].

СВ-синтез представляет собой протекание сильной экзотермической реакции (реакции горения шихты), в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи. СВ-синтез это процесс перемещения волны химической реакции по всему объему смеси реагентов, в ходе протекания которой образуются твердые конечные продукты. Существует некое множество активации реакции СВ-синтеза, основным из которых является локальное активирование реакции на поверхности системы, посредством подвода теплового импульса. В качестве теплового импульса могут выступать различные источники тепла, такие как: нагретая электрическая спираль, лазерный луч, луч плазмы, электроискровой разряд и т.п., которые формируют начальный фронт горения волны [17]. В случае СВ-синтеза для смесей с большим содержанием инертных веществ, или в случае слабоэкзотермической реакции возникает необходимость в предварительном подогреве шихты.

Проведение СВС-процесса возможно тремя способами: безгазовое горение, фильтрационное горение и гибридное горение. Безгазовое горение реализуется в системах «твердое – твердое», фильтрационное – в системах типа «металл – газ», гибридное совмещает предыдущие два механизма. При фильтрационном горении фильтрация разделяется по способу подачи газа на самопроизвольную и вынужденную, по направлению фронта горения относительно фильтрующего потока на попутную или встречную [22].

Несмотря на все преимущества метода СВ-синтеза возникают проблемы связанные с управлением процесса формирования структуры композита и свойств матрицы.

В СВ-синтезе, для управления фазовым составом и свойствами конечного продукта необходимо варьировать рядом параметров:

- Степень уплотнения продуктов горения – определяется дисперсностью, и давлением при прессовании, что влияет на площадь соприкосновения исходных продуктов;

- Начальная температура горения, при которой происходит инициация продуктов горения;

- Объем реакционной смеси;

- Используемый состав смеси;

- Среда протекания СВ – синтеза от которой напрямую зависит фазовый состав конечных продуктов. Например при инициации СВ – синтеза на воздухе наблюдается формирования оксидной фазы продукта.

Следовательно, при правильном подборе параметров СВ – синтеза возможно получение материала не уступающим по характеристикам или превосходящим материал, полученный традиционными методами [23].

### **1.3. Покрытие на основе TiB.**

Для максимального повышения износостойкости деталей машин, и других, целесообразно применение наплавочных покрытий на исполнительные поверхности готовых деталей. Наплавка – процесс нанесения на поверхность готового изделия слоя металла или сплава для придания специальных свойств изделию [24]. Перспективными на сегодняшний день являются наплавки, которые влияют на коррозионную стойкость, стойкость к окислению, жаропрочность, твердость и т.п.

При варьировании различными наплавочными покрытиями можно изменять различные свойства поверхности изделия.

Наплавка на поверхность изделия может наноситься различными способами, при помощи специальной стальной наплавочной проволоки, электродами, и твердыми сплавами [25].

В настоящее время перспективным способом нанесения тугоплавких покрытий на основе TiB является электронно-лучевая наплавка (ЭЛН) [26,27].

Электронно-лучевая наплавка - это процесс получения на поверхности детали покрытия заданной формы и свойств с помощью электронного луча. Эта технология позволяет формировать одно – и многослойные покрытия различного функционального назначения (упрочняющие, износостойкие, жаропрочные, жаростойкие и т.д.) на поверхности изделий из стали, чугуна, меди, бронзы и других сплавов. При ЭЛН не возникает проблем адгезии. Высокая повторяемость результатов технологии электронно-лучевой наплавки в совокупности с гибкостью управления технологическим процессом позволяет формировать покрытия с необходимой структурой и заданными свойствами [27].

Трибологические и прочностные свойства сформированных в процессе электронно-лучевой наплавки покрытий на основе тугоплавких соединений определяются условиями эксплуатации. С этой точки зрения практический интерес представляют композиционные покрытия на основе боридов титана, синтезируемых в процессе электронно-лучевой наплавки из терморреагирующих порошков и СВС-композитов. При этом дополнительное количество тепла, выделяемое в зоне оплавления за счет экзотермической реакции между компонентами терморреагирующей смеси, способствует формированию покрытий с более однородной структурой по глубине слоя без увеличения мощности электронного луча. Окончательное формирование структуры покрытия происходит в результате конвективного перемешивания твердожидких расплавов, отличающихся вязкостью из-за разного наполнения тугоплавкими частицами, и зависит от многих факторов, в том числе от соотношения компонентов в исходной смеси и гранулометрического состава, влияющих на степень смешения расплавов, скорость кристаллизации и полноту фазовых превращений [28].

Авторами работы [29] были получены покрытия из композиционных порошков «TiB + 20об.%Ti и -50об.%Ti» методом электронно – лучевой наплавки. Результаты сравнительных измерений твердости и испытаний на абразивный износ титана ВТ-1-0 и композиционных покрытий «моноборид титана + титан» показали, что при увеличении твердости композиционных покрытий по сравнению с титаном ВТ-1-0 в 2-2,2 раза абразивная износостойкость увеличивается в 3–3,7 раз [29].

## 2. Материалы и методы

В данной работе в качестве синтезируемых продуктов были использованы порошковые материалы смесей титана марки ТПП-8 и бора аморфного технического марки «А». Смесь порошков составлялась из расчета соотношения объемных долей свободного титана и синтезируемого борида титана -50 об.% Ti; -60 об.%Ti (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Фотография порошков: а) титана марки ТПП-8 б) бора аморфного технического марки «А».

### *Этапы исследования*

1. Получение образцов синтезированных порошков TiB+50%об(Ti), TiB+60%об(Ti) для последующего исследования, и получения прессовок для последующего спекания в вакууме:

- Смешивание порошков выбранных составов для проведения СВС при помощи смесителя типа «Пьяная бочка»;

- Прессование порошков в заготовку цилиндрической формы с использованием средств технологического оснащения (пресс-форма), на гидравлическом прессе марки МС-500;

- СВС порошковых смесей выбранных составов: TiV+50%, 60% Ti; с помощью лабораторного реактора;

- Исследование свойств синтезированных порошковых продуктов TiV+50%об(Ti), TiV+60%об(Ti).

2. Получение прессовок из синтезированных порошков TiV+50%об(Ti), TiV+60%об(Ti) для последующего спекания и исследования:

- Размол синтезированных спеков при помощи смесителя типа «Пьяная бочка»;

- Отбор фракции 0-50 мкм с помощью системы сит;

- Подготовка образцов к спеканию;

- Прессование порошков с использованием средств технологического оснащения (пресс-форма), на гидравлическом прессе марки МС-500;

- Нанесение технологического номера на образцы;

- Измерение геометрических параметров и массы образцов до спекания;

- Спекание образцов в вакуумной печи СНВЭ;

- Подготовка поверхности образцов для исследования свойств;

- Шлифовка торцов образцов (торцевание) на станке P230 MECAPOL или Saphir 550 с постепенным уменьшением зерна шкурки;

- Полировка;

- Травление;

- Исследование микроструктуры;

- Исследование уплотняемости образцов.

## **2.1. Методы получения СВС материалов на основе TiB**

### ***Смешивание порошков***

Правильное приготовление смеси напрямую влияет на конечные свойства конечного изделия – продукта. Необходимо в нужных пропорциях смешать металлические порошки, пропорции которых определяются сугубо экспериментальными методами, кроме того, необходимо получить однородную механическую смесь – равномерно распределив по объему металлические порошки разного химического и гранулометрического состава, или более того – металлических порошков с неметаллическими. Ввиду этого рассмотрим уже существующие альтернативные методы смешивания порошковых материалов, и метод применяемый в данной магистерской диссертации.

### ***Смешивание порошковых материалов в барабанных смесителях типа «пьяные бочки».***

Пьяная бочка – это довольно распространенное название гравитационного смесителя (рис. 2.2). Конструктивно он похож на барабанный смеситель, вся разница заключается в расположении цилиндрического барабана.

Ось цилиндрического барабана смесителя находится под определенным углом с осью его вращения, обычно лежащим в пределах от 30 до 50 град. Одним из отличий является еще и то, что у нее отсутствует так называемый центробежный механизм, это исключает такие неблагоприятные факторы, как налипание и наслоение смешиваемых компонентов [30].



Рисунок 2.2 – Гравитационный смеситель, «Пьяная бочка».

Ось цилиндрического барабана смесителя находится под определенным углом с осью его вращения, обычно лежащим в пределах от 30 до 50 град. Одним из отличий является еще и то, что у нее отсутствует так называемый центробежный механизм, это исключает такие неблагоприятные факторы, как налипание и наслоение смешиваемых компонентов.

При вращении цилиндрического барабана, который, кстати, может вращаться от различных типов приводов (обычно электропривода), продукты перемешивания – в нашем случае металлические порошки, падают от одного торца ёмкости к другому, определенным циклом который зависит от угла наклона барабана к оси вращению, скорости вращения и материала барабана.

Предельная простота конструкции и, как следствие дешевизна такого смесителя позволяют использовать в различных отраслях, таких как строительная, химическая, фармацевтическая, пищевая, научная деятельность, и др.

В своей магистерской диссертации смешивание порошков TiB+Ti производилось в лабораторном смесителе типа «Пьяная бочка», это обосновывается следующими факторами и преимуществами по отношению к остальным смесителям:

- при смешивании компонентов в таком смесителе, продукты контактируют только со стенками
- достигается однородность смешанных компонентов до 98%, поскольку компоненты могут двигаться сразу в нескольких плоскостях
- современные конструкции «пьяных бочек» отличаются своей компактностью, что позволяет смешивать компоненты в малых количествах для лабораторных нужд
- простота и удобство настроек параметров и плавным механизмом в виде инвертора

### ***Прессование порошков***

Прессование металлических порошков представляет собой технологическую операцию, в результате которой под действием приложенного усилия из бесформенного сыпучего порошка получается прочное тело – прессовка по форме и размерам близкая форме и размерам готового изделия.

Прессованием порошков получают полуфабрикаты (прессовки, брикеты, цилиндры) с размерами, необходимыми для изготовления изделий с учетом деформаций при последующих операциях (спекание, калибрование и т. п.). Прочность прессовок должна быть достаточной, чтобы они могли выдержать, упаковку и транспортировку до спекания, при этом не разрушаясь.

На сегодняшний день существует большое разнообразие пресс-машин. По виду привода различают прессы механические, гидравлические, пневматические, электромагнитные и ручные. В холодноштамповочном производстве применяются обычно прессы с механическим и гидравлическим приводом; пневматические, электромагнитные и ручные прессы используются преимущественно при выполнении запрессовочно-сборочных операций.

Прессование металлических порошков на гидравлических прессах обеспечивает возможность плавного уплотнения со сравнительно малыми скоростями, что важно при прессовании тонких порошков большими удельными давлениями, когда особенно вероятно появление расслоя по плоскостям главных напряжений. Кроме того, важным фактором является также возможность любых выдержек прессуемой заготовки под давлением прессования и регулирования режима прессования.

При прессовании металлического порошка в прессформе резко увеличивается контакт между частицами порошка, уменьшается пористость, происходит деформация или разрушение отдельных частиц порошка. В результате получают заготовку нужной формы и достаточной прочности. Сохранение формы и прочности заготовок после прессования вызвано действием, в первую очередь, сил механического сцепления частиц порошка, электростатических сил притяжения и сил трения. Поэтому прочность полученной заготовки зависит как от степени обжатия, так и от формы и размера частиц, природы материала, состояния поверхности и пластичности частиц.

Процесс прессования порошка аналогичен процессу штамповки жидкого металла. Под действием давления изменяется структура и свойства порошка – увеличивается контакт между частицами, повышается прочность, уменьшается пористость. Схема двухсторонней цилиндрической прессформы представлена на рисунке (рис. 2.4).

В нашем случае мы прессовали порошки ТПП8 и Борид аморфный (нанокристаллический) в заготовку цилиндрической формы высотой 100 мм и диаметром 40 мм для последующего спекания методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза СВС. Прессование проводилось на гидравлическом прессе МС-500 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Гидравлический пресс МС-500.

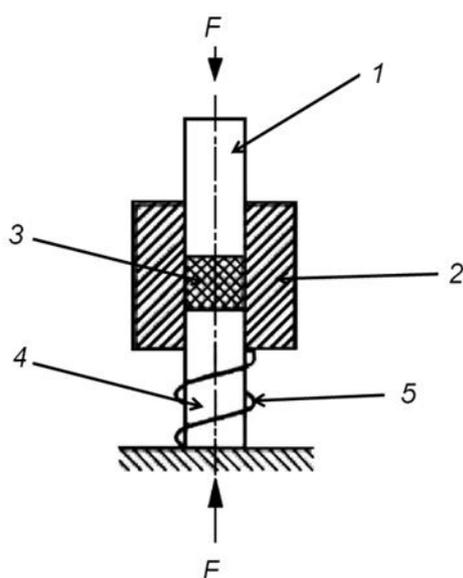


Рисунок 2.4 – Двухсторонняя цилиндрическая пресс-форма с «плавающим» пуансоном: 1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – порошковая смесь; 4 – нижний пуансон; 5 – пружина.

## *Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)*

Композиционные порошки системы TiB+Ti были получены с помощью метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) – это процесс, основанный на проведении экзотермической реакции взаимодействия исходных реагентов в форме горения. Целевым продуктом СВС являются твердые химические соединения (карбиды, бориды, нитриды, оксиды и т.п.) и материалы на их основе. В основе СВС лежит научное явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций, открытое в 1967 году Российскими учеными А.Г. Мержановым, И.П. Боровинской и В.М. Шкиро.

Образцы для проведения синтеза готовятся предварительно методом прессования описанного выше. Исходные порошки подвергаются механоактивации для обеспечения стабильности СВС. Сам процесс инициируется разогревом локального объема, например, раскаленной электроспиралью на верхней части заготовки, после чего начинается экзотермическая реакция послойного горения заготовки (рис. 2.5). Выделяющаяся при этом энергия идет на разогрев инертных в тепловом отношении добавок, таких как быстрорежущая сталь, и инициацию реакции в химически активных элементах (соединении титана и углерода).

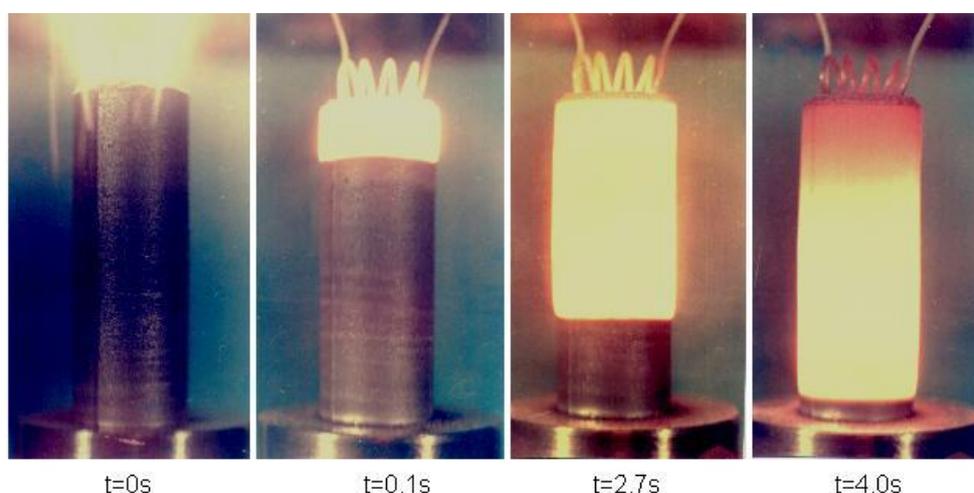


Рисунок 2.5 – Пример образца и локальной инициации СВС.

На СВС синтез оказывает влияние множество факторов, контролируемых перед началом реакции. Такими факторами являются:

- тепловой эффект реакции;
- состав и структура экзотермической смеси порошков;
- размер, плотность и начальная температура шихтовых образцов;
- состав и давление окружающего газа и др.

Основные преимущества технологии СВС перед другими технологиями заключаются в следующем: процесс является энергосберегающим, так как протекает за счет тепла, выделяемого в результате химической экзотермической реакции и не требует дополнительного нагрева после инициации; характеризуется высокой производительностью, определяемой скоростью горения (порядка 10...30 мм/с); высокая чистота продуктов синтеза, обусловленная высокими температурами горения (2000...3000 °С и выше) и разложением и испарением примесей; возможность получения многокомпонентных соединений в одну стадию в волне горения: использование технологически простого и малогабаритного оборудования.

Основной способ иницирования реакции СВС - локальное иницирование 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 (режим послойного горения) (рис.2.6). Для слабо экзотермических реакций или для смесей с большим содержанием инертных наполнителей для иницирования реакции синтеза необходим предварительный подогрев шихты в печи. Шихта в СВС-процессах может находиться в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе под давлением.

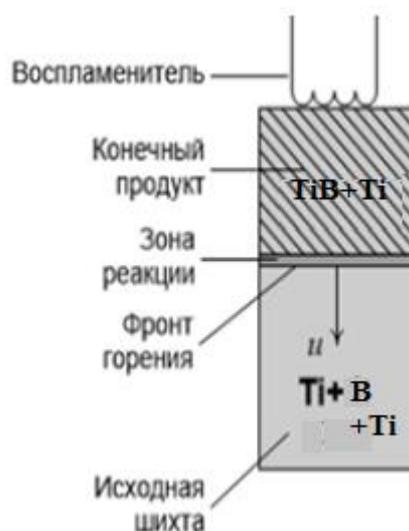


Рисунок 2.6 – Способы инициирования реакции СВС (на примере  $TiB+Ti$ ).

В простейшем стационарном режиме горения все точки фронта движутся с постоянной во времени и одинаковой скоростью. Когда стационарный режим теряет устойчивость, возникают неустойчивые режимы распространения фронта: плоские автоколебания скорости фронта горения (пульсирующее горение); локализация реакции горения в очагах, движение фронта горения по винтовой траектории (спиновые волны); беспорядочное движение множества очагов горения. Волна горения не распространяется по шихте в случае сильных теплотерь в окружающую среду (малые диаметры шихтовых образцов, низкие адиабатические температуры взаимодействия реагентов).

В волне горения протекают различные химические, физические и физико-химические процессы, обеспечивающие в своей совокупности необходимое тепловыделение. Волна имеет определенную протяженность и состоит из ряда зон:

- зона прогрева (реакции горения еще не протекают, а только осуществляется теплоперенос и нагрев шихты);

- зона реакции (протекают основные реакции горения, обеспечивающие необходимое тепловыделение);
- зона догорания (продолжаются химические реакции, но они уже не влияют на скорость распространения фронта);
- зона вторичных физико-химических превращений, определяющих состав и структуру конечных продуктов.

Реакция СВС характеризуется: скоростью распространения фронта (достигает нескольких сантиметров в секунду), максимальной температурой и темпом нагрева вещества в волне стационарного горения, пределом погасания (отсутствия горения при любых условиях инициирования), пределом потери устойчивости горения, глубиной химического превращения исходных реагентов в конечные продукты. Возможен также синтез в режиме термического взрыва, когда при нагреве реакционной смеси происходит ее самовоспламенение. При реакции синтеза в режиме теплового взрыва отсутствует волна горения с четко выраженным движущимся фронтом.

Порошки были получены путем поджога смеси порошков ТПП8 и В(аморф). Расчет шихты рассчитывался с учетом получения после протекания реакции бориды титана  $TiB+50\%об.Ti$ . Поджог производился путем пропускания большого тока в течение двух секунд через молибденовую спираль.



Рисунок 2.7 – Подготовка к методу СВС.

При сгорании порошка волна горения распространялась тем медленнее, чем больше инертной связки было в порошке. Это объясняется тем, что избыточное содержание титана уменьшает количество областей протекания экзотермической реакции соединения титана и кремния, что приводит к снижению максимальной температуры фронта горения и снижает тем самым скорость сгорания.



Рисунок 2.8 – Общий вид продукта горения прессовки из порошков ТПП8 + В, соответствующих композиции TiB +50 об.%Ti.

### *Дробление порошков на фракции, отбор нужной фракции*

На следующем этапе полученные спеки были раздроблены на порошок различной фракции при помощи смесителя типа «пьяная бочка» который был рассмотрен выше. В среднем размер полученных после размола частиц композиционного порошка составил от 0 до 350 мкм. При размоле наблюдается следующая тенденция: с увеличением содержания связки размалывать порошок становится труднее, что приводит к формированию более крупной фракции. Для уравнивания фракционного состава, при размоле спеков из порошка с большим содержанием связки, время размола выбиралось значительно больше, чем при размоле порошков с меньшим содержанием связки. Порошки нужной фракции были отсеяны с помощью системы сит вручную (рис.2.9).



Рисунок 2.9 – Сито для отсева нужной фракции порошковых продуктов.

После отсева синтезированных порошков фракции менее 50 мкм, они повторно прошли процесс прессования (рассмотрен выше) для спекания в вакууме уже синтезированных порошков.

После получения прессовок синтезированных порошков, на них были нанесены технологические номера при помощи шила (рис. 2.10) , а также произведены замеры геометрических размеров при помощи штангенциркуля ШЦ-I-125 ГОСТ 166-89 и микрометра гладкого МК 0-25 ГОСТ 6507-90.

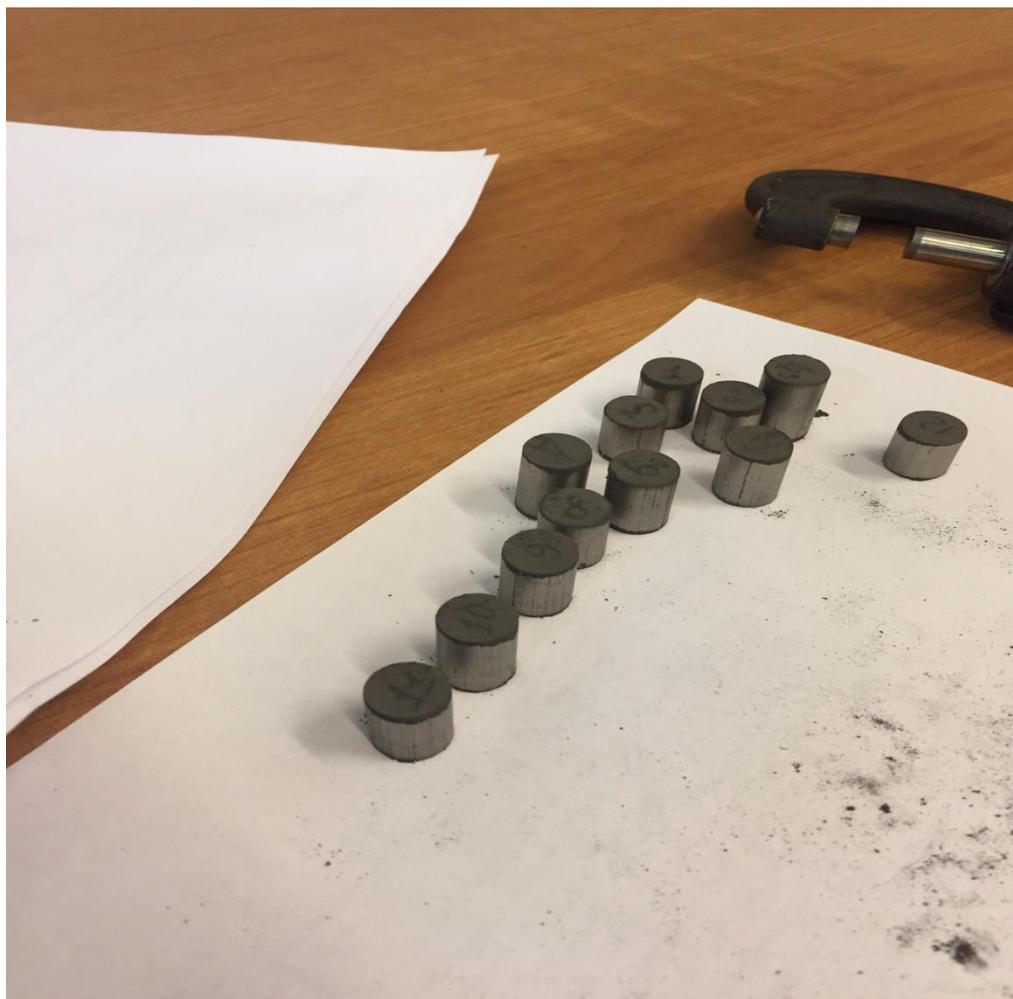


Рисунок 2.10 – Процесс нанесения технологических номеров и замера образцов после прессования синтезированных порошков.

### *Спекание образцов*

В ходе выполнения спекания образцов была использована печь марки СНВЭ-2.4.2/16-2, поскольку она обеспечивает спекание в вакууме, что позволяет избавиться от различных оксидных примесей при спекании порошковых продуктов. Температура спекания варьировалась от 1200 до 1400°C. Общий вид печи представлен на рисунке (рис. 2.11).

Электропечь сопротивления вакуумная СНВЭ-2.4.2/16-2 предназначена для проведения различных термических процессов (отжиг, дегазация, спекание и т.п.) в вакууме при температуре до 1600 °С и небольших газовыделениях, при которых не происходит взаимодействия среды остаточных газов с элементами конструкции вакуумной печи сопротивления.

Вакуумные электропечи СНВЭ-2.4.2/16-2 рассчитаны на работу в помещениях, отвечающих требованиям "Межотраслевых правил по охране труда при термической обработке металлов" ПОТ РМ-005-97.

Каждая нагревательная камера печи представляет собой цилиндрический, горизонтально расположенный корпус, закрытый с обеих сторон крышками, закрепленными на корпусе при помощи петель и накидных зажимов.

Корпус и крышки печи сопротивления СНВЭ-2.4.2/16-2 снабжены рубашками охлаждения. На верхней части корпуса электропечи имеются четыре бобышки для установки водоохлаждаемых медных токопроводов. Сбоку корпуса расположены 6 вводов для установки регулирующих и (при необходимости) 4 контрольных датчиков температуры. Внутри корпуса расположены тепловые блоки, представляющие собой совокупность бокового и двух торцовых экранов из молибденового листа толщиной 0,2 мм вместе с нагревательными элементами и их подвесками. Внутри тепловых блоков расположены молибденовые листы - подставки для садки. Рабочая зона печи сопротивления по бокам и с обоих торцов окружена 10 w-образными нагревателями, выполненными из молибденового прутка

диаметром 6 мм, образующими однофазную систему из двух параллельно включенных групп.

Операция загрузки-выгрузки садки в двухкамерную печь может производиться с обоих торцов нагревательных камер.



Рисунок 2.11 – Электродпечь сопротивления вакуумная СНВЭ-2.4.2/16-2

## **2.2. Методы исследования композитов на основе TiB**

### **Шлифовка и полировка образцов**

Для осуществления оптических фотографий изготавливались металлографические шлифы образцов на специализированном станке (Saphir 550, Германия) (рис. 2.12) или P230 MECAPOL (рис. 2.13). Все шлифы предварительно осматривались на инвертированном металлографическом микроскопе МИМ-9.



Рисунок 2.12 – Шлифовальный станок Saphir 550.



Рисунок 2.13 – Шлифовальный станок P230 MECAPOL.

Для шлифовки образцов в автоматическом режиме на станке *P230 MECAPOL* исходные пресовки заливались эпоксидной смолой и далее шлифовались. Шлифование проходило поэтапно:

1) Шлифовка на грубой шкурке – 10 минут (для получение плоскости), нагрузка 40Н, скорость вращения 310 об/мин, охлаждение водой (на одном из шлифовальных станков).

2) Алмазная паста, фракция 14-10 мкм. – 10 минут, 30Н, 400об/мин (вручную).

3) Алмазная паста, фракция 5-3 мкм. – 10 минут, 30Н, 450 об/мин (вручную).

4) Алмазная паста, фракция 1-0 мкм – 10 минут, 30Н, 500 об/ мин (вручную).

Все полученные шлифы осматривались на предмет отсутствия крупных царапин и при необходимости операция повторялась. Если качество поверхности не вызывало нареканий, то шлиф протравлялся до выявления боридной структуры при помощи 4% спиртового раствора азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ .

Далее, спеченные и подготовленные композиционные порошки были исследованы на оборудовании Центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СО РАН методом рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-7, Буревестник, Россия) (рис. 2.14).



Рисунок 2.14 – Дифрактометр ДРОН-7, Буревестник, Россия

При помощи дифрактомера был получен фазовый состав СВС порошков составов TiB+Ti с различным содержанием титановой связи. Рентгенофазовый анализ проводился для спеченных образцов в вакууме, и для синтезированных порошков.

Оптической металлографией при помощи микроскопа AXIOVERT-200MAT, Zeiss, Germany (рис. 2.15) были получены фотографии микроструктуры образцов порошковых продуктов.

Микроскоп AXIOVERT-200MAT, Zeiss, Germany предназначен для исследования различных материалов в отраженном свете, инвертированная конструкция позволяет проводить анализ крупногабаритных образцов. Микроскоп может использоваться в составе универсального анализатора изображений. При помощи данного микроскопа были получены фотографии структуры спеченных при 1350 °С прессовок из СВС порошков TiB+ 50об.%Ti и TiB+ 60об.%Ti.



Рисунок 2.15 – AXIOVERT-200MAT, Zeiss, Germany

Далее, при помощи сканирующего электронного микроскопа LEO EVO 50 хвр (Carl Zeiss, Germany) (рис. 2.16) были получены фотографии морфологии поверхности.



Рисунок 2.16 – LEO EVO 50 хвр (Carl Zeiss, Germany).

Помимо фотографий были получены сведения об относительной уплотняемости образцов. После спекания при различной температуре, образцы были повторно измерены, по результатам повторных замеров мы вычислили относительное изменение плотности.

### **3. Результаты исследования порошковых продуктов на основе TiB+Ti**

#### **3.1. Описание полученных СВС-порошков**

В ходе проведения СВ-синтеза, были получены спеки порошков составов TiB – 50об.%Ti и TiB -60об.%Ti. При помощи сканирующего электронного микроскопа LEO EVO xvr (рис.2.16) были получены фотографии морфологии порошковых продуктов представленные на рисунке 3.1.

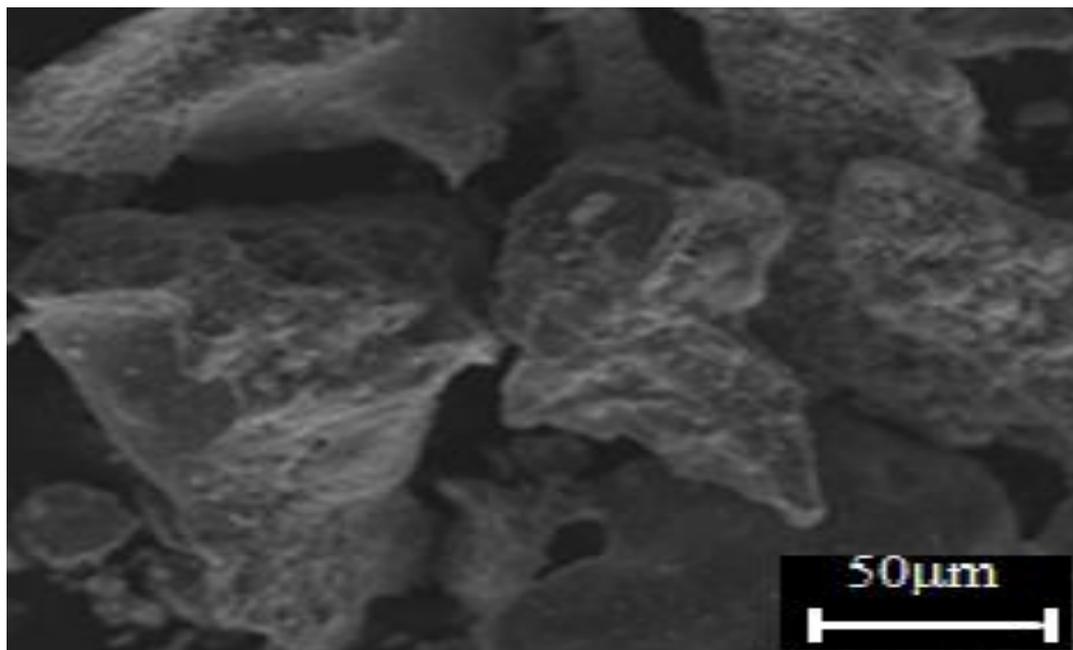


Рисунок 3.1 – Морфология синтезированных порошков состава TiB+50об.%Ti.

Анализируя данную фотографию можно сказать, что поверхность частиц порошка имеет структуру скола. Что касается фракции частиц, они лежат в интервале 30-200 мкм. Для последующего спекания синтезированных порошков возникает необходимость в отборе фракции не

более 50 мкм. Это связано с тем, что необходимо увеличить площадь соприкосновения частиц, а также для более лучшей уплотняемости образцов при спекании (за счет уменьшения пор).

С помощью микроскопа AXIOVERT-200MAT (рис.2.15) были получены фотографии микроструктуры поверхности синтезированных порошковых продуктов представленных на рисунке 3.2.

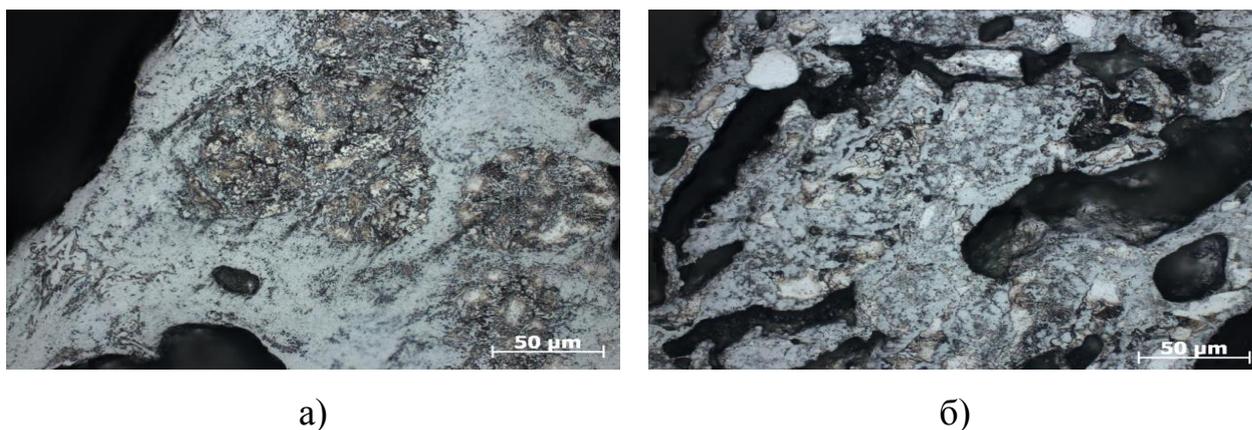


Рисунок 3.2 – Микроструктура синтезированного порошка состава: а) TiB - 50об.% Ti; б) TiB - 60об.% Ti

\*увеличение x500

На данных фотографии четко видна микроструктура синтезированных порошковых материалов составов  $TiB - 50об.\% Ti$  и  $TiB - 60об.\% Ti$  при увеличении в 500 раз. Черные области на фотографиях характеризуются порами материала, светло серые области – фаза титановой составляющей (матрица композита). Области волокон и игл в титановой связке – это фазы моноборида с небольшой долей диборида титана, основной составляющей данных композиционных материалов. СВ – синтез данных образцов проводился на воздухе.

На рисунке 3.3 представлена рентгенограмма, которая отображает фазовый состав синтезированного порошка борида титана  $TiB - 50 об.\%Ti$ . СВ – синтез данного образца производился в среде аргона.

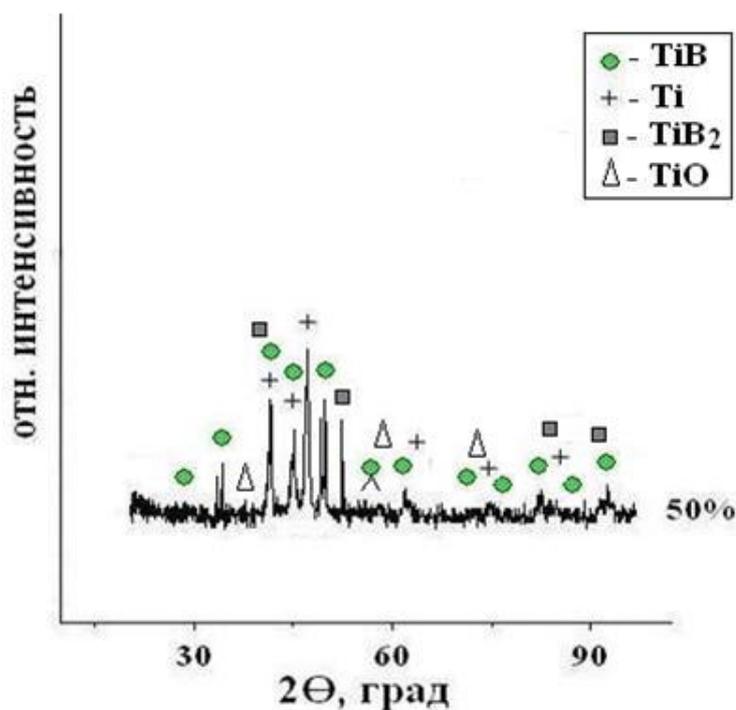


Рисунок 3.3 – Фазовый состав синтезированного порошка TiB - 50 об.%Ti.

Содержание фаз в синтезированных СВС методом продуктах составов TiB-50об.%Ti и TiB-60об.%Ti синтезированных в среде аргона и на открытом воздухе представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Содержание фаз в синтезированных СВС методом продуктах TiB-50об.%Ti и TiB-60об.%Ti синтезированных в среде аргона и на открытом воздухе.

№	Расчетный состав	Среда	TiB	Ti	TiB <sub>2</sub>	TiO	TiO <sub>2</sub>	TiN <sub>0.30</sub>	?
1	TiB+50%Ti	Аргон	49,0	22,1	21,4	7,5	-		
2	TiB+50%Ti	Воздух	63,1	2,4	0,3	-	9,9	14,6	9,7
3	TiB+60%Ti	Воздух	44,9	1,0	1,8	-	24,6	27,2	0,5

Из таблицы 3.1 видно, что содержание фаз зависит от среды, в которой проводился СВ-синтез. При СВ-синтезе проводимом в аргоне присутствует незначительное содержание фазы оксида титана (TiO). Однако, при проведении СВ-синтеза на открытом воздухе появляется фаза диоксида титана (TiO<sub>2</sub>), причем с увеличением титановой связки на 10% фаза диоксида титана увеличивается на 14,7%, а также появляется фаза нитрида титана

(TiN<sub>0,30</sub>) 14,6% и 27,2% у составов TiB - 50 об.%Ti и TiB - 60 об.%Ti соответственно. Что касается фазы моноборида титана, при проведении СВ-синтеза в аргоне образца состава TiB - 50 об.%Ti и СВ-синтеза на открытом воздухе того же состава, наблюдается увеличение фазы моноборида титана у образца синтезированного на воздухе на 14,1%, однако фаза диборида титана уменьшается в несколько раз.

### 3.2. Результаты спекания. Микроструктура спеченных прессовок. Сравнение с используемыми СВС-порошками.

Как было сказано выше, после проведения СВ-синтеза, синтезированные образцы подверглись размолу, была отобрана фракция до 50мкм после чего порошки составов TiB - 50 об.%Ti и TiB - 60 об.%Ti прошли процедуру подготовки с последующим спеканием. Фотографии микроструктуры спеченных при температуре 1350°C прессовок состава TiB - 50 об.%Ti и TiB - 60об.%Ti представлены на рисунке 3.4.

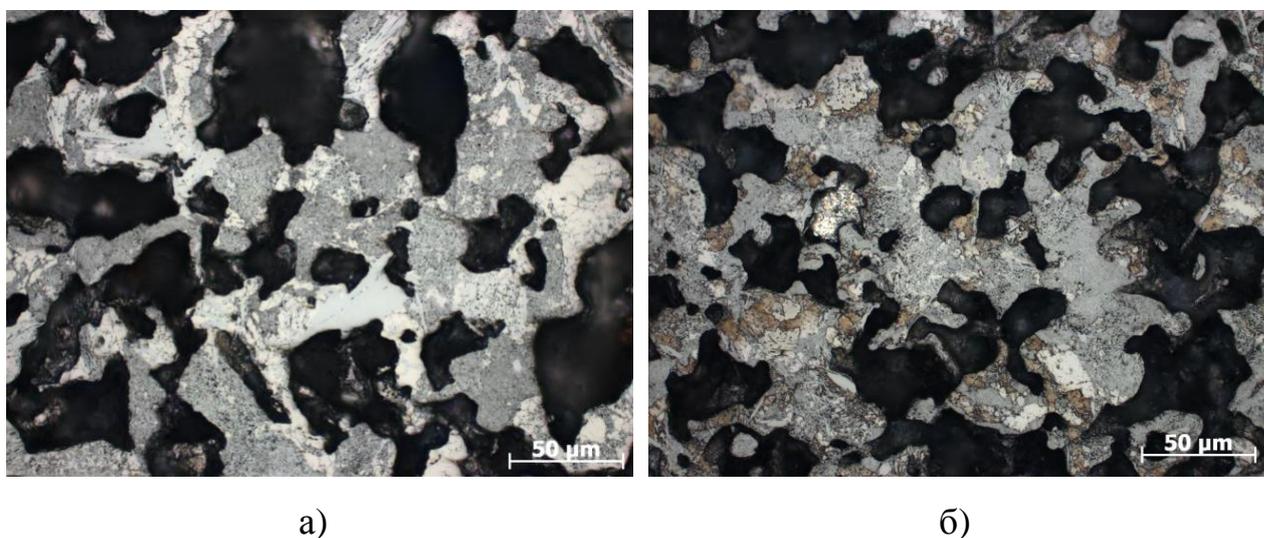


Рисунок 3.4 – Микроструктура спеченных из СВС порошков составов: а) TiB + 50об.%Ti (температура спекания 1350°C); б) TiB + 60об.%Ti (температура спекания 1350°C)

\*увеличение x500

Как видно из рисунков 3.2, 3.4 микроструктура после спекания образцов из синтезированных порошков не подверглась существенным изменениям, интервал спекания температур 1300 и 1350°C также не повлиял на изменение микроструктуру составов, однако наблюдается тенденция уменьшения пористости образцов после спекания, которая потребовала дальнейших исследований.

### 3.3. Поведение синтезированных порошков при спекании

В ходе спекания синтезированных порошковых продуктов наблюдается уменьшение пористости образцов составов TiB - 50 об.%Ti и TiB - 60 об.%Ti.

Результаты относительного уплотнения образцов после спекания синтезированных порошков представлены на рисунке 3.5.

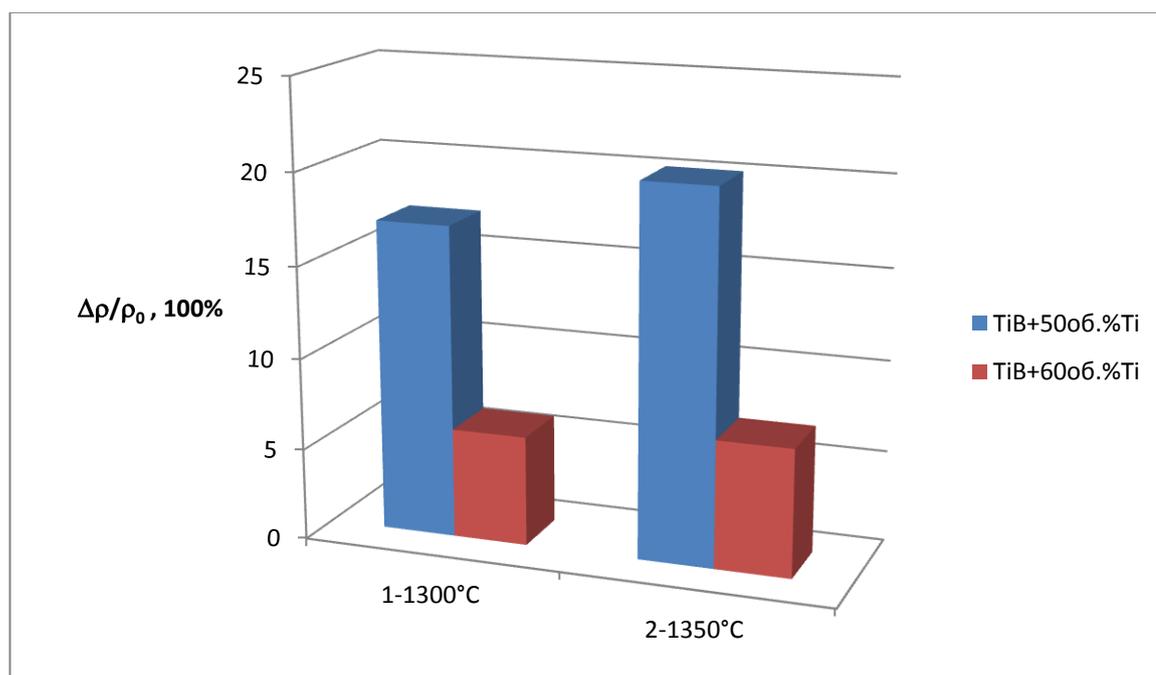


Рисунок 3.5 – Результаты относительного уплотнения спрессованных образцов из синтезированных порошков после спекания.

Из рисунка 3.5 видно, что увеличение относительной плотности образца состава TiB + 50об.%Ti составило 17,1% , при температуре спекания 1300°C., и на 20,2% при температуре спекания 1350°C. Что касается образца

состава TiB + 60 об.%Ti, увеличение относительной плотности составило 6% и 7% при температуре спекания 1300°C и 1350°C соответственно.

Содержание фаз в СВС продуктах составов TiB+50об.%Ti, синтезированных в аргоне, и в спеченных в вакууме прессовках из этих порошков представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Содержание фаз в СВС продуктах составов TiB+50об.%Ti, синтезированных в аргоне, и в спеченных в вакууме прессовках из этих порошков при 1350 °С, %

№	Расчетный состав	Среда	TiB	Ti	TiB <sub>2</sub>	TiO	TiO <sub>2</sub>	TiN <sub>0.30</sub>	?
1	TiB+50%Ti	Аргон	49,0	22,1	21,4	7,5	-		
2	TiB+50%Ti	Воздух	63,1	2,4	0,3	-	9,9	14,6	9,7
3	TiB+50%Ti (спеченный)	Вакуум	61,3	22,7	16,0	-	-	-	-

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что для обоих составов усадка при температуре 1350°C выше, чем при 1300°C. Спекание при 1300-1350 °С не оказывает существенного изменения микроструктуры синтезированных порошковых материалов TiB + Ti, хотя и приводит к заметному понижению пористости. Влияние объемной доли титановой связки на спекание прессовок TiB + Ti проявляется в том, что:

а) увеличение содержания титановой связки снизило степень усадки по сравнению с 50% Ti в 2-3 раза;

б) для 60 об.% титановой связки повышение температуры практически не повлияло на усадку (~ 5-6%).

Что касается фазовой составляющей образцов состава TiB+50об.%Ti, спеченных в вакууме, наблюдается увеличение фаз моноборида и диборида титана, а также чистой титановой связки. Содержание оксидных и нитридных фаз титана исключается, за счет применения вакуумной среды спекания

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

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ61	Мартынов Роман Сергеевич

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	машиностроение

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></li> <li>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></li> <li>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></li> </ol>	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских нормативно-правовых документах.</i></p>
--	---

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></li> <li>2. <i>SWOT-анализ</i></li> <li>3. <i>Инициация проектом</i></li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i></li> </ol>	<p><i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ).</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Основная заработная плата исполнителей темы</i></li> <li>2. <i>Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</i></li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i></li> </ol>	<p><i>Оценка сравнительной эффективности исследования. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта</i></p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Е.В.	к.филос.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ61	Мартынов Р.С.		

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В этом разделе магистерской диссертации рассмотрены вопросы, касающиеся финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения исследовательской работы.

Целью этого раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта на тему: исследование синтезированных порошковых продуктов на основе «TiV-Ti».

Для достижения вышеупомянутой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработать общую экономическую идею проекта, сформировать концепции проекта;
- Организовать работы по научно-исследовательскому проекту;
- Определить возможные альтернативные проведения научных исследований;
- Оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность исследования.

##### **4.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Научный проект заинтересован в тех потребителях, которые заинтересованы в его разработке. Следовательно, необходимо четко представлять, кто является конечным потребителем проекта или, кто может стать им в будущем и по какой причине они эту разработку приобретают, т. е. в итоге определить свой целевой рынок.

Рассмотрим целевой рынок и проведем сегментирование по применению порошковых материалов из изделий их них в различных

промышленностях. Примем во внимание два критерия: тип продукта и объем потребления. На основании этих критериев построим карту сегментирования рынка в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка для композиционных порошков

		Тип продукта	
		Композиционные порошки	Композиционные изделия
Объем потребления	Мелкий	***	***
	Средний	++++/**/*	**/*/##
	Крупный	++++	**/*

*Примечание: \* - космическая промышленность и авиастроение; \*\* - машиностроение; \*\*\* - приборостроение; # - медицина; +++++ - компании по производству изделий из порошков.*

Из анализа сегментов рынка видно, что композиционные изделия со средним объемом потребления относятся к космической промышленности и авиастроению, а также к машиностроению. Мелкий объем потребления применим к приборостроительной отрасли. Области, выделенные +++++ относятся к компаниям, которые могут производить композиционные изделия из порошковых материалов, они и являются нашими ключевым потребителем, поскольку они производят готовые изделия для всех отраслей промышленности. Однако, в связи с неразвитостью производства изделий из композиционных материалов, основным сегментом рынка на первоначальном этапе производства порошковых продуктов на основе боридов титана будут являться небольшие объемы в таких отраслях как космическая промышленность и авиастроение, а также машиностроение. Что касается материалов для медицины, из карты сегментирования рынка видно, что медицинская промышленность будет приобретать готовые изделия из данных порошковых продуктов, в связи с частичным отсутствием собственных производств. В дальнейшем, после того как данный материал докажет своё преимущество перед материалами полученными традиционными методами в различных отраслях промышленности, предполагается

благоприятная тенденция увеличений объемов продаж, поскольку возрастет спрос на данные материалы.

#### **4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Для изготовления деталей и инструментов в машиностроении применяют различные материалы: инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, твердые сплавы, минералокерамические материалы и алмазы.

Упрочнитель используемый в композитах на основе Ti, представляет собой преимущественно междуузельные соединения, такие как TiC, TiB, TiN, TiV<sub>2</sub>. Исходя из обзора фазовых диаграмм титана, было выявлено, что из всех возможностей, включая Ti-TiV<sub>2</sub>, наиболее привлекательными являются Ti-TiB, Ti-TiN и Ti-TiC, Ti-TiV<sub>2</sub>. Однако из-за высокой реакционной способности титана все эти соединения приводят к образованию на границе раздела одного или нескольких продуктов реакции, которые уменьшают механические свойства композиционного материала. Тем не менее, борид титана (TiB) хорошо подходит для использования в качестве упрочнителя из-за отсутствия промежуточной фазы между Ti и TiB. Кроме того, упрочнитель TiB имеет особые характеристики, такие как высокий модуль упругости, хорошую термическую стабильность при высокой температуре и плотность, близкую к плотности титана [13].

Помимо изготовления инструментов из данных материалов возможно получение покрытий на основе материалов системы TiB – 50об.%Ti (– 60об.%Ti), наносимые на более простые и дешевые материалы с целью экономии.

В настоящее время для получения композиционных порошков применяют вакуумное спекание прессованных смесей порошков борид 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 4.2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$B_{\phi}$	$B_{\kappa}$	$K_{\phi}$	$K_{\kappa}$
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,15	3	4	0,7	0,6
2.Простота технологии нанесения покрытия	0,1	2	4	0,3	0,5
3.Энергоэкономичность	0,07	2	3	0,1	0,2
4. Надежность	0,05	4	4	0,25	0,15
5. Уровень шума	0,05	3	2	0,3	0,3
6.Экологичность материала	0,15	3	4	0,25	0,35
7. Область применения покрытия	0,15	3	3	0,35	0,45

<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,13	4	4	0,4	0,4
2. Цена	0,1	3	3	0,4	0,45
3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>3,25</b>	<b>3,6</b>

*Выводы:* Исходя из вышеуказанных результатов, можно сказать, что метод СВС позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах по сравнению с методом вакуумного спекания порошковых смесей, имея значительное преимущество по следующим параметрам:

- энергозатратностью на производство партии продукта;
- себестоимостью готового продукта;
- экологичностью для окружающей среды.

#### **4.3. SWOT-анализ**

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. В таблицу 4.3 сведены сильные и слабые стороны данного проекта.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT.

	<b>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</b> С1. Возможность модифицирования состава исходного материала; С2. Высокая работоспособность изделия; С3. Улучшение свойств обрабатываемой поверхности; С4. Снижение себестоимости изделия;	<b>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл2. Не отработана технология получения порошков, которые в дальнейшем используются для нанесения покрытий; Сл3. Вероятность структурообразования составов; Сл4. Вероятность получения брака;
<b>Возможности:</b> В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е использование научного оборудования); В2. Возможность внедрения технологии в производство; В3. Возможность участие в грантах, для повышения производительности	С1 В2 внедрения технологии в производство за счет варьирования состава; С4 В2 – вероятность расширения количества поставщиков (снижение себестоимости изделия); С2 В3 участие в грантах приводят к улучшению высокой работоспособности изделия;	В1 Сл4 –новейшее оборудование, позволит на ранних стадиях исследование, выявить и предотвратить появление брака

изделия; В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт;		
<b>Угрозы:</b> У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований. У2. Отсутствие оборудования для массового производства; У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства приводит к несвоевременно выполнению заказов изделия ;	С1У1-возможность варьированием состава, позволит создавать новые и более качественные конкурентоспособные изделия.	

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

#### 4.4. Инициация проекта

##### 4.4.1. Цели и результаты проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

В получении результата заинтересованы следующие стороны, представленные в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны проекта.

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Университет	Наличие НИОКР
Магистрант	Защита магистерской диссертации с присвоением степени магистра.
Потребители	Низкая стоимость изделий по сравнению, с изделиями полученными стандартными методами. Качество покрытий.
Государство	Возможность импортозамещения

В таблице 4.5 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.5 – Цели и результаты проекта.

<b>Цели проекта:</b>	1.Методом СВС синтезировать порошки TiB +Ti (50%, 60%). 2. Исследовать микроструктуру и фазовый состав СВС порошков.
----------------------	---

<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Композиционные порошки, 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 которой имеет 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
	Выполнение проекта произведено в срок

#### 4.4.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Участники проекта их роль в проекте, а также их функции в проекте сведены в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Рабочая группа проекта.

<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудо- затраты, час.</b>
Прибытков Генадий Андреевич	<i>Заказчик проекта</i>	Укрупненный анализ проектов по показателям сроков, освоению затрат и финансированию	
Коростелева Елена Николаевна	<i>Руководи тель проекта</i>	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	1024

Продолжение таблицы 4.6

Мартынов Роман Сергеевич	<i>Исполнитель по проекту</i>	выполняет отдельные работы по проекту	1624
Кривопалов Владимир Петрович	<i>Инженер-технолог</i>	Отвечает за работу оборудования, выполняет технологические работы	1224

#### 4.4.3. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта. Ограничения и допущения проекта сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Ограничения проекта.

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
Бюджет проекта	700000 тыс. руб.
Источник финансирования	ИФПМ СО РАН
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	13.09.2016
Дата завершения проекта	20.05.2018

#### 4.4.4. Планирование управления научно – техническим проектом

##### 4.4.4.1. Контрольные события проекта

Контрольные события проекта сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Контрольные события проекта.

<b>Контрольное событие</b>	<b>Дата</b>	<b>Результат (подтверждающий документ)</b>
Обсуждение плана проект	01.09.17	Утверждение участников исследования

Продолжение таблицы 4.8

Обзор литературы (сбор необходимой информации)	01.10.17	Отчет по изученной литературе.
Получение композиционных порошков	15.10.17	Композиционные порошки
Исследование полученных порошков	17.11.17	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	24.04.18	Отчет
Исследование полученных покрытий	20.11.18	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	21.02.18	Отчет
Отчет по исследовательской работе	23.04.18	Отчет
Защита диплома	11.06.18	диплом

**4.4.4.2. Бюджет научного исследования**

***Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты***

В таблице 4.9 приведены расчет сырья, материалов, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов

Таблица 4.9 – Расчет сырья и материалов.

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
ТПП-8	1 кг	3000	3000
Бор аморфный «А»	1 кг	55000	55000
Электрокорунд	1 кг	200	200
Титановая пластинка	5шт	300	1500
Алмазная паста	5	300	1500
Наждачная бумага	10	25	250
Всего за материалы			<b>61450</b>

### **Расчет заработной платы**

Заработная плата рабочим рассчитана по тарифным ставкам и отработанному времени. Расчет заработной платы персоналу сведен в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 – Заработная плата рабочим.

Исполнители	Количество	Зарплата, руб./мес.	Количество отработанных дней	Всего з.п, руб	Дополнительная з.п	Отчисления на социальные нужды
Руководитель	1	25000	128	145454	17455	48872
Исполнитель	1	9000	203	83045	9965	27903
Инженер-технолог	1	15000	28	19090	2290	6414
Итого:				<b>247589</b>	<b>29710</b>	<b>83189</b>

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (2)$$

#### **Отчисления на социальные нужды:**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Отчисления на социальные нужды составляет 30%.

#### **Затраты на специализированное оборудование**

В таблице 4.11 приведен список затрат на специальное оборудование. Список включает в себя контрольно – измерительную аппаратуру, станки необходимые для подготовки образцов к исследованию, а также средства технологического оснащения.

Таблица 4.11 – Оборудование для проведения исследования.

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования	Общая стоимость оборудования, руб
Вытяжной шкаф	1	42000	42000
Гравитационный смеситель «пьяная бочка»	1	70000	70000
Гидравлический пресс «МС-500»	1	335000	335000
Установка для проведения СВ-синтеза	1	2500000	2500000
Вакуумная печь СНВЭ-2.4.2/16-2	1	3000000	3000000
Шлифовально – полировальная машина <i>P230 MECAPOL</i> .	1	75000	75000
Шлифовально – полировальная машина «Saphir 550»	1	350000	350000
Микроскоп «Axiovert 200 mat»	1	3800000	3800000
Компьютер	1	40000	40000
Всего			10172000
Затраты на доставку, монтаж и первоначальную наладку оборудования примерно 17% от стоимости оборудования			1729240
Итого			<b>11901240</b>

Суммарные затраты на все необходимое для проведения исследований оборудование составляет 11,9 млн. рублей.

### ***Накладные расходы***

В данную статью расходов необходимо включить затраты на обслуживание оборудование и помещения, задействованные для исследования данного проекта. Помимо обслуживания оборудования и помещений, в эту статью необходимо включить такие пункты как ремонт инструментов, оснастки, технологического оборудования и т.п. В общем случае, расходы связанные с данным пунктом принимаются в размере примерно 80-100% от основной и дополнительной заработной платы научно – производственного персонала, в данном случае, организации ИФПМ СО РАН.

Расчет накладных расходов ведется по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, в данном случае составляющий 0,75.

$$C_{\text{накл}} = 0,75 \cdot (247589 + 29710) = \mathbf{207975} \text{ руб.} \quad (5)$$

### ***Общий бюджет научного исследования***

Общий бюджет научного исследования включает себя сумму затрат на сырье и материалы, заработную плату рабочим, затраты на специализированное оборудование и средства технологического оснащения, накладные расходы.

Общий бюджет научного исследования представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Общий бюджет научного исследования.

Статья расходов	Сумма, руб
Сырье и материалы	<b>61450</b>
Заработная плата рабочим основная	<b>247589</b>
Дополнительная заработная плата	<b>29710</b>
Отчисления на социальные нужды	<b>83189</b>
Затраты на специализированное оборудование и средства технологического оснащения	<b>11901240</b>
Накладные расходы	<b>207975</b>
Итого:	<b>12323178</b>

Таким образом общий бюджет научного исследования составляет 12 млн 324 тысячи рублей.

#### 4.4.4.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации

В таблице 4.13 представлена оценка готовности проекта к коммерциализации.

Таблица 4.13 – Оценка готовности проекта к коммерциализации.

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4

Продолжение таблицы 4.13

7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы между народного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	46	46

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i; \quad (6)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Согласно проведенному анализу коммерциализация проекта, его перспективность на рынке является выше среднего уровня, что положительно влияет на его успешность.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4АМ61	ФИО Мартынов Р.С.
-----------------	----------------------

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Исследование проводилось на базе лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ИФПМ СО РАН. При выполнении исследовательской работы существует вероятность воздействия следующих производственных факторов: шума, недостаточной освещенности, электрического тока, вредных веществ, физических и эмоциональных перегрузок, умственного перенапряжения. Рабочее помещение по опасности относится к I группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. В лаборатории в процессе работы с порошковыми материалами присутствуют пыль и аэрозоли. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>При выполнении работы все данные были приняты по нормативам и стандартам РФ.</p>

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>При выполнении работы для исследования образцов, в лаборатории используется 4%раствор азотной кислоты в спирте. Она является едким веществом и относится к веществам 3-го класса опасности. Азотная кислота вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, а её пары поражают слизистые оболочки, дыхательные пути, вызывают конъюнктивит. Предельно допустимая концентрация вредного вещества третьего класса опасности в воздухе рабочей зоны составляет от 1,1 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Для работы с опасными веществами применяют такие средства индивидуальной защиты, как латексные перчатки, защитные маски. Все работы проводятся в вытяжном шкафу.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства</li> </ul>	<p>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 I группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. Помещение лаборатории можно отнести к первой ступени огнестойкости. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП</p>

пожаротушения)	2.01.02.-85).
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>В лаборатории в процессе работы с порошками неизбежно образуются взвеси пыли и аэрозолей. Для их удаления работы производятся в шкафах с вытяжной вентиляцией, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.</p> <p>Вследствие использования работниками душевых, туалетов, специальных веществ для обработки материалов, а также средств хозяйственного назначения, образуются жидкие отходы для удаления которых применяют канализационную систему. Система канализации подсоединена к городской канализационной сети, поэтому полная очистка сточных вод на нем не проводится.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, короткое замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимо осуществлять меры по технике безопасности на рабочем месте.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Расстояния между рабочими зонами, параметры освещения и микроклимата соответствуют нормам. Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям международных стандартов в области охраны труда.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Раденков Т.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ61	Мартынов Р.С.		

## **5. Ограничения и допущения проекта**

### **5.1. Введение**

В данном разделе дипломной работы будут рассмотрены вопросы по охране труда и окружающей среды. Работа была проведена в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН в лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов.

При проведении исследовательских работ было использовано следующее оборудование: установка электронно-лучевой наплавки "ЛУНА-1", микроскоп AXIOVERT-200MAT, шлифовально-полировальный станок Saphir 520, дифрактометр ДРОН-7.

В процессе подготовки исследуемых образцов выполняется настройка оборудования, работа с ручным инструментом, ЭВМ.

### **5.2. Техногенная безопасность**

#### **5.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды**

Существует множество проявлений факторов рабочей зоны, таких как электромагнитное и ионизирующее излучения, производственные метеоусловия, освещение, вредные вещества, виброакустические поля. При выполнении исследовательской работы очевидно влияние следующих факторов: шум, тепловыделение, недостаточная освещенность рабочего места, воздействие электрического тока, физическая и эмоциональная перегрузка.

Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

К физическим факторам можно отнести опасность поражения электрическим током, поскольку работать приходится с оборудованием, питающимся от сети 220В 50Гц. Воздействие излучения монитора компьютера также относится к данной категории.

К химическим факторам относится наличие в воздухе металлической пыли, которая образуется при шлифовании образцов. При попадании в организм через дыхательные органы, через поры кожи пыль может вызывать профессиональные заболевания. При передвижении людей пыль может легко подниматься с пола вверх и проникать в легкие.

К психофизическим факторам можно отнести шумовое воздействие, монотонность работы, умственное перенапряжение и т.п. При обработке данных полученных на рентгеновском дифрактометре или на микроскопе, оператор выполняет монотонную работу, что может вызвать возникновение нервных расстройств или переутомляемость.

На производительность труда влияют следующие опасные и вредные производственные факторы:

- недостаточная освещенность рабочего места
- высокий уровень шума
- пониженная или повышенная температура рабочей зоны
- отклонение от нормативных значений влажности воздуха

#### **5.2.1.1. Шум**

Сочетание различных по силе и частоте звуков может оказывать негативное воздействие на организм человека.

Источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких и газообразных средах. Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах, и интенсивность — уровень звукового давления, измеряемый в децибелах. Для человека область слышимых звуков определяется в интервале от 16 до 20000 Гц.

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются принтер, вентиляторы системы охлаждения, шлифовально-полировальный станок Saphir 520.

Шум оказывает на организм человека неблагоприятное воздействие и может вызвать различного рода болезненные состояния, в том числе тугоухость и глухоту. Под влиянием шума учащаются пульс и дыхание, повышается расход энергии. Длительное воздействие шума оказывает вредное влияние на центральную нервную систему и психику человека. В результате воздействия шума у человека появляются симптомы переутомления и истощения нервной системы. Со стороны психики наблюдается подавленное настроение, понижение внимания, задерживаются интеллектуальные процессы, повышается нервная возбудимость. Шум снижает работоспособность и производительность труда, препятствует нормальному отдыху и нарушает сон. Под влиянием шума значительной силы наблюдается изменение нормальной деятельности различных органов и систем (изменение секреции желудочного сока, повышение кровяного давления и т. п.).

Уровень шума в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, не должен превышать 50 - 60 дБ.

В целях уменьшения или устранения шума в лаборатории применяются следующие меры: машины, производящие сильный шум, находятся в отдельной комнате, изолированной от помещений, в которых находится рабочий персонал; при длительном использовании данного оборудования, рабочим выдаются средства индивидуальной защиты, в виде противошумных наушников.

#### **5.2.1.2. 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.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на чрезвычайно опасные (1-го класса), высокоопасные (2-го класса), умеренно

опасные (3-го класса) и малоопасные (4-го класса). Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества.

Для выявления структуры металла применяется метод травления азотной кислотой. Она является едким веществом и относится к веществам 3-го класса опасности. Азотная кислота вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, а её пары поражают слизистые оболочки, дыхательные пути, вызывают конъюнктивит. Предельно допустимая концентрация вредного вещества третьего класса опасности в воздухе рабочей зоны составляет от 1,1 до 10 мг/м<sup>3</sup>.

Для работы с опасными веществами применяют такие средства индивидуальной защиты, как латексные перчатки, защитные маски. Все работы проводятся в вытяжном шкафу.

**Первая помощь** - при попадании азотной кислоты 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 азотной кислоты показано промывание желудка обильным количеством воды, инъекции морфина, атропина.

### 5.2.1.3. Микроклимат

Микроклимат – это сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочих помещениях. Микроклимат влияет на процессы теплообмена и характер работ. Длительное воздействие на человека неблагоприятных условий ухудшает его самочувствие, что снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Рассмотрим факторы воздействия подробнее:

1) воздействие высокой температуры быстро утомляет, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профессиональным заболеваниям;

2) низкая температура – местное или общее охлаждение организма, причина простудных заболеваний или обморожения;

3) высокая относительная влажность при высокой температуре способствует перегреву организма; при низкой температуре усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению;

4) низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Таблица 5.1 – Оптимальные параметры микроклимата в помещениях с использованием ПК.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении	21-23°C
		Относительная влажность	40-60%
		Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении	22-24°C
		Относительная влажность	40-60%
		Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 5.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Іб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0- 25,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0- 29,0	15 - 75 *	0,1	0,3

Воздух, поступающий в рабочие помещения операторов ЭВМ, должен быть очищен от загрязнений, в том числе от пыли и микроорганизмов. Патогенной микрофлоры быть не должно.

Кондиционирование воздуха должно обеспечивать поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание необходимого избыточного давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха. Температура подаваемого воздуха должна быть не ниже 19°С.

В помещении имеется только естественная вентиляция (форточки окон, двери). Отопление зимой осуществляется только через систему общего отопления (городская). В крайнем случае, устанавливаются электрические обогреватели в зимнее время и вентилятор в летнее.

Таблица 5.3 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры.

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20-40м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20
Более 40м <sup>3</sup> на человека	Естественная вентиляция

#### 5.2.1.4. Освещение на рабочем месте

Создание комфортных световых условий труда улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего.

В соответствии со СНиП II-4-79 в вычислительных центрах применяется система комбинированного освещения. Для работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3 - 0,5мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5 - 1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются

люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

В помещениях, где установлены компьютеры действуют следующие требования:

- при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные;
- при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

При этом крайне важно, чтобы все поле зрения было освещено равномерно. Это значит, что степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, так как яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

Для работы на ЭВМ с ВДТ рекомендуются помещения с односторонним боковым естественным освещением с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией светопроемов. Площадь световых проемов должна составлять 25% площади пола. Удовлетворительное естественное освещение проще создать в небольших помещениях на 5-6 рабочих мест, а больших помещений с числом работающих более 20, лучше избегать. В случае, если экран ПЭВМ обращен к окну, должны быть предусмотрены специальные экранизирующие устройства.

#### **5.2.1.5. Расчет общего равномерного освещения**

Для проведения расчета освещенности рабочего места необходимо выбрать систему освещения, определить необходимое число светильников, их тип и размещение. Рассчитаем параметры искусственного освещения.

Существует два исполнения искусственного освещения: с использованием ламп накаливания и люминесцентных ламп. У люминесцентных ламп существует ряд существенных преимуществ:

- Близкий к дневному свету спектральный состав;
- КПД люминесцентных ламп выше в 1,5 – 2 раза, чем у ламп накаливания;
- Обладают повышенной светоотдачей (в сравнении с лампами накаливания);
- Имеют длительный срок службы.

В соответствии с указаниями произведем расчет освещения. Помещение имеет площадь  $48\text{ м}^2$ , ширина составляет 6 м, длина – 8 м, высота – 2,5 м. Воспользуемся методом светового потока. В помещении лаборатории используются люминесцентные лампы ШОД, использование которых допускается при умеренной влажности и запыленности.

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  $KЗ = 1,5$ .

Расположение светильников должно соответствовать двум критериям:

1. Обеспечение высокого качества освещения, ограничение ослепленности и необходимой направленности света на рабочие места.
2. Наиболее экономичное создание нормированной освещенности.

Расположим светильники параллельно стенам. Расстояние между светильниками рассчитаем по формуле:

$$\lambda = L/h$$

где  $L$  - расстояние между светильниками, м;

$h$  - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Находим  $\lambda = 1,2$  (при  $h = 2,5$  м)

Отсюда следует , что  $L=\lambda \cdot h=1,2 \cdot 2,5 = 3$  (м).

Расстояние от стен помещения до крайних светильников  $1/3L$ .

Изобразим в соответствие с исходными данными план помещения, укажем на нем расположение светильников и определим их число.

Воспользуемся методом коэффициента использования светового потока. С его помощью можно рассчитать как световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности с учетом света, отраженного стенами и потолком, так и освещенность при известном потоке.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot n},$$

где,  $F$  - рассчитываемый световой поток, лм;

$E$  - нормированная минимальная освещенность, лк (определяется по таблице). Работу специалиста, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет  $E = 400$ лк;

$S$  - площадь освещаемого помещения (в нашем случае  $S = 48\text{м}^2$ );

$Z$  - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1-1,2, пусть  $Z = 1,1$ );

$K$  - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае  $K = 1,5$ );

$\eta$  - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен ( $P_C$ ) и потолка ( $P_{П}$ )). Их оценивают

субъективно и определяют по таблице. Так, для свежепобеленного потолка и со свежепобеленными окнами без штор  $P_C = 50\%$  и  $P_{II} = 70\%$  соответственно.

Значение  $\eta$  определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h(A+B)},$$

Где,  $S$  - площадь помещения,  $S = 48 \text{ м}^2$ ;

$h$  - расчетная высота подвеса,  $h = 2,5 \text{ м}$ ;

$A$  - ширина помещения,  $A = 6 \text{ м}$ ;

$B$  - длина помещения,  $B = 8 \text{ м}$ .

Подставив значения получим:

$$I = \frac{48}{2,5 * (6 + 8)} = 1,37$$

Зная индекс помещения  $I$ , по таблице находим  $\eta = 0,6$

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДР. Длина одного светильника 1 м., ширина 0,5 м. При этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе схему размещения на нем светильников (рис 5.1).

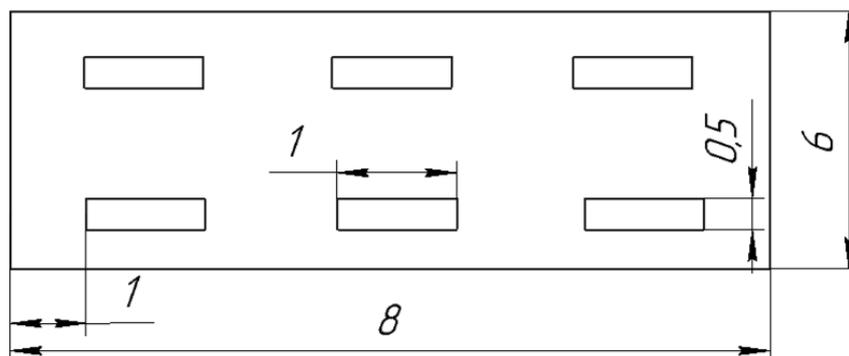


Рисунок 5.1 – Схема расположения светильников.

Подставим все значения в формулу для определения светового потока  $F$ :

$$F = \frac{400 * 1,5 * 48 * 1,1}{0,6 * 12} = 4400(\text{лм})$$

В соответствии со световым потоком выбираем стандартную лампу – ЛБ -80-4 с потоком 4960 лм.

## 5.2.2. Анализ опасных факторов производственной среды

### 5.2.2.1. Электрический ток

Опасность поражения электрическим током зависит от таких факторов, как сырость, жара, едкие пары и газы, токопроводящая пыль. При наличии данных факторов возникает возможность перехода напряжения на нетоковедущие части электрооборудования (корпуса, станины, кожухи), с которыми работающий находится в контакте. В таких условиях также понижается электрическое сопротивление тела человека, дополнительно увеличивая опасность поражения током.

Предельно допустимые величины напряжения и тока согласно ГОСТ 12.1.038-82 приведены в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Предельно допустимые величины напряжения и тока

Допустимое время действия, с	Длительность	До 30	1	0,5	0,2	0,1
Величина тока, мА	1	6	50	100	250	500
Величина напряжения, В	6	36	50	100	250	500

Действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ) все помещения подразделены на следующие три класса:

I. Помещения без повышенной опасности: сухие, с нормальной температурой воздуха, с токонепроводящими полами.

II. Помещения с повышенной опасностью: сырые с относительной влажностью воздуха (длительной) более 75%; жаркие с температурой воздуха, длительно превышающей +30°C; с полами из токопроводящих материалов; с большим количеством выделяющейся токопроводящей технологической пыли, оседающей на проводах и проникающей внутрь электроустановок; с размещением электроустановок с металлическими корпусами, имеющих соединение с землей, металлоконструкций зданий и технологического оборудования, допускающих одновременное соприкосновение с ними.

III. Помещения особо опасные: особо сырые с относительной влажностью воздуха, близкой к 100%, химически активной средой, одновременным наличием двух и более условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения и/или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА.

Одной из особенностей поражения электрическим током является отсутствие внешних признаков грозящей опасности, которые человек мог бы заблаговременно обнаружить с помощью органов чувств.

Ток приводит к серьезным повреждениям центральной нервной системы таких жизненно важных органов как сердце и легкие. Поэтому второй особенностью воздействия тока на человека является тяжесть поражения.

Третья особенность поражения человека электрическим током заключается в том, что токи промышленной частоты силой в 10-15 мА способны вызвать резко интенсивные судороги мышц.

Окружающая среда (влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящей пыли и

др.) оказывает дополнительное влияние на условия электробезопасности. Степень поражения электрическим током во многом зависит от плотности и площади контакта человека с токоведущими частями.

По условиям электробезопасности установки, используемые при выполнении работы, относятся к категории установок, работающих с напряжением до 1000В. Устройства относятся к 1 классу, так как имеют рабочую изоляцию и место заземления.

Безопасность эксплуатации при нормальном режиме работы установок обеспечивается следующими защитными мерами:

1. применение изоляции;
2. недоступность токоведущих частей;
3. применение малых напряжений;
4. изоляция электрических частей от земли.

Рабочее помещение по опасности относится к 1 группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала.

Категория персонала – I (неэлектротехнический персонал), то есть 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.

#### **5.2.2.2. Пожаробезопасность**

Пожар – это явление неконтролируемого процесса горения, причиняющего материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Согласно нормам пожарной безопасности, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Для большинства помещений вычислительного центра установлена категория пожарной опасности «В». Характерной особенностью помещений является их малый размер. Горючими компонентами в комнатах являются двери, перегородки, отделка, перфокарты и перфоленты, эстетическая отделка помещений, изоляция кабелей.

Источниками воспламенения могут быть электросхемы ЭВМ, устройства электропитания, в которых в результате неполадки образуются перегретые элементы, возникают электрические искры и дуги, способные вызывать загорание горючих материалов. Для отвода тепла от ЭВМ используются системы охлаждения, кондиционирования воздуха.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. Предусмотрены средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85) огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Одна из наиболее важных задач пожарной защиты - защита строительных помещений от разрушений и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования ВЦ, а также категорию его пожарной опасности, здания для ВЦ и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости. Для изготовления строительных конструкций используются, как правило, кирпич, железобетон, стекло, металл и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть

ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами.

### **5.2.3. Региональная безопасность**

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

- токсичность или другое физиологическое действие порошков ряда металлов и неметаллов, газов применяемых в производстве;
- взрывоопасность и пожароопасность некоторых материалов и газов;
- слив кислот, щелочей, солей отходов вредных веществ в общую систему канализации;
- пыль на рабочем месте.

Наибольшее внимание в природохране уделяется охране атмосферы, в которые включено:

- уменьшение и полное прекращение выбросов вредных веществ в атмосферу;
- сохранение и увеличение биомассы производителей кислорода и поглотителей углекислоты;
- сохранение и восстановление оптимальной циркуляции атмосферы в региональном масштабе;
- утилизация отходов вредных производств.

Полностью исключить факторы загрязнения невозможно, однако есть методы, позволяющие их существенно снизить. Оснащение производственных площадок современными пылеуловителями, использование современных фильтрационных установок, новых видов фильтров и мембран.

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, и аэрозоли. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для

снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют электростатические фильтры, которые позволяют удалять из воздуха частицы размерами вплоть до 0,01 мкм.

Вследствие использования работниками душевых, туалетов, специальных веществ для обработки материалов, а также средств хозяйственного назначения, образуются жидкие отходы для удаления которых применяют канализационную систему. Система канализации подсоединена к городской канализационной сети, поэтому полная очистка сточных вод на нем не проводится.

Также из-за использования обтирочных материалов образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения, и в конце рабочего дня они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности – в нашем случае отходы включают в себя различные соединения титана и бора которые относятся к III классу опасности. Затем, отходы вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д). В Томске один из таких полигонов, принадлежащей организации АО «Полигон» расположен по адресу: Кузовлевский тракт 2/3. Данная организация имеет лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности от 10.03.20 № 5400025 (сбор, транспортировка, размещение, обезвреживание), которая переоформлена на основании приказа Департамента Росприроднадзора от 22.06.2016 № 853 [31].

#### **5.2.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

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

Сотруднику разъясняются основные опасные факторы среды, правила оказания первой помощи, расположения средств пожаротушения, планов эвакуации и аптечек первой помощи.

На стенах лаборатории вывешены инструкции 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. Лица, не имеющие непосредственного отношения к обслуживанию электроустановок, к работе с ними не допускаются.
3. Все питающие части должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно не превышать 4 Ом.
4. При замене (установке) плат расширения необходимо пользоваться браслетом заземления, либо перед осуществлением этой операции избавиться от накопленного на теле статического заряда посредством прикосновения к зануленной части компьютера, в противном случае возможно повреждение чувствительных к статике микроэлементов ЭВМ.
5. Для исключения поражения электрическим током запрещается: часто включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы.

6. Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.
7. Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.
8. Недопустимо под напряжением проводить ремонт средств вычислительной техники и периферийного оборудования. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.
9. Во избежание поражения электрическим током, при пользовании электроприборами нельзя касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей.
10. При приближении грозы необходимо оперативно закончить работу на компьютере и отключить его от сети во избежание повреждения последовательного порта и исключения сбоев при возможных скачках напряжения в сети, характерных в подобных случаях.

#### **5.2.5. Особенности законодательного регулирования проектных решений**

В соответствии с законодательством Российской Федерации нормальная продолжительность рабочего дня не может превышать 40 часов в неделю. Сокращенная продолжительность рабочего дня устанавливается для лиц в возрасте 16-18 лет и составляет не более 36 часов в неделю, а для учеников от 14 до 15 лет, а также работников в возрасте 15 и 16 лет – 24 часа в неделю. При наличии вредных условий труда рабочий день лимитирован 26 часами в неделю. Накануне официальных праздничных дней продолжительность рабочего дня сокращается на один час. При работе в

ночное время (с 22 до 6 утра) продолжительность рабочего дня также сокращается на час.

Указом Министерства здравоохранения от 29 декабря 1993 года №256 создан перечень тяжелых работ и опасных условий труда, согласно которому запрещается привлекать женщин к работам, которые связаны с постоянным (больше 2-х раз) на протяжении одного часа перемещением грузов массой свыше 7 кг. Если женщина занята подъемом или перемещением грузов до двух раз в течение часа, то ей может поручаться такая работа при весе груза до 10 кг. Причем в обоих случаях суммарная масса груза, который перемещается на протяжении каждого часа рабочей смены, не должна превышать 350 кг - с поверхности рабочего места и 175 кг с пола. Действующее законодательство особое внимание уделяет защите жизни и здоровья несовершеннолетних, то есть лиц, не достигших возраста 18 лет. Допускается с согласия одного из родителей принятие на работу учеников общеобразовательных школ для выполнения работы, которая не наносит ущерб их здоровью, в свободное от учебы время при достижении ими 14 - летнего возраста (на время школьных каникул). Как правило, несовершеннолетние принимаются на работу после достижения 16 лет. Их запрещается привлекать к работам, предусмотренным Перечнем тяжелых работ и работ с вредными и опасными условиями труда.

#### **5.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При выполнении работ возможны следующие чрезвычайные ситуации: Поражение электрическим током, короткое замыкание и пожар. Для предотвращения ЧС необходимо осуществлять меры по технике безопасности на рабочем месте, указанные в следующем разделе.

При возникновении пожара крайне важно соблюдать правила поведения при данном ЧС, так как данное явление может развиваться непредсказуемо и стремительно. Действия при пожаре прописаны в инструкции, которую обязан знать каждый сотрудник.

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 (рис. 5.2), который должен висеть на видном месте.



Рисунок 5.2 – План эвакуации.

## 6. Основные результаты и выводы по исследовательской работе

В результате проделанной работы были получены и исследованы композиционные порошки на основе TiV+Ti. В работе был исследован фазовый состав синтезированных порошков с различным содержанием титановой связки, а также фазовый состав спеченных синтезированных порошков. В ходе спекания образцов из синтезированных порошков, содержание оксидных и нитридных фаз титана исключается, за счет применения вакуумной среды спекания.

Синтезированные порошки были подвергнуты спеканию в вакууме при различных температурах, после чего был проведен анализ спекаемости образцов с различным содержанием титановой связки. Влияние объемной доли титановой связки на спекание прессовок TiV + Ti проявляется в том, что:

а) увеличение содержания титановой связки снизило степень усадки по сравнению с 50% Ti в 2-3 раза;

б) для 60 об.% титановой связки повышение температуры практически не повлияло на усадку (~ 5-6%)

## 7. Список использованной литературы

1. Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2016) : сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. Н. Яковлева. — Томск : СТТ, 2016.
2. Химия и науки о материалах – Индикатор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://indicator.ru/news/2016/11/11/rossijskie-uchenye-sdelali-titan-bolee-iznosostojkim>
3. «Перспективные разработки, НИОКРы, изобретения» - Сделано у нас. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/86117/>
4. Применение боридов – Отдел структурной макрокинетики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dsmtomsk.ru/working/pages56.html>
5. Изотова А. Ю., Гришина О. И., Шавнев А. А. Композиционные материалы на основе титана, армированные волокнами (обзор) //Труды ВИАМ. – 2017. – №. 5 (53).
6. Новый российский высокопрочный композит на основе титана – Профессионалы.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dsmtomsk.ru/working/pages56.html>
7. Самсонов Г.В., Марковский Л.Я., Жигач А.Ф., Валяшко М.Г. Бор его соединения и сплавы. Изд. – во: Академии наук Украинской ССР – Киев - 1960. -589с.
8. Таблица менделеева на сайте IUPAC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.iupac.org/reports/periodic\\_table](http://www.iupac.org/reports/periodic_table)
9. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, – 1972. – 496 с.
10. Чжан Ф. Ф. и др. Титан в микро и нано структурах //Международный студенческий научный вестник. – 2014. – №. 4. – С. 35-35.

11. Илларионов А. Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А. Г. Илларионов, А. А. Попов ; [науч. ред. С. Л. Демаков]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с.
12. Завод порошковой металлургии АО «Полема». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.polema.net/titan-i-ti-splavy.html>
13. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Д44 Справочник: В 3т.: Т. 1 / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.: ил.
14. Munro R. G. Material properties of titanium diboride //Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. – 2000. – Т. 105. – №. 5. – С. 709.
15. A. G. Merzhanov. In: Combustion and Plasma Synthesis of High Temperature Materials. VCH Publishers. NewYork. (1990) 1—16 p.709 p.
16. A. G. Merzhanov, I. P. Borovinskaya. Int. J. Self-Prop. High-Temp. Synth. 17 (4), 242—248 (2008).
17. Мержанов А.Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Доклады Академии наук СССР. — 1972. Том 204, № 2. с. 336-339.
18. Radhakrishnabhat V.V., Subramanyam J., Bhanuprasad V.V., Preparation of Ti–TiB–TiC and Ti–TiB composites by insitute action hot pressing. — MaterSciEng A 2002;325:126–30.
19. Atri R.R., Ravichandran K.S., Jha S.K., Elastic properties of in situ processed Ti–TiB composites measured by impulse excitation of vibration.MaterSciEngA 1999;271:150–9.
20. Geng K.E., LuW.J., Zhang D. In situ synthesized (TiB<sub>2</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/Ti composites. J MaterSciLett2003;22:877–9
21. Е.А. Левашов, А.С. Рогачев, В.И. Юхвид, И.П. Боровинская. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. — М.: Бинوم, — 1999, — 176 с.

22. Погожев Ю. С. и др. О влиянии нанокристаллических порошков тугоплавких соединений на процесс горения, структурообразование, фазовый состав и свойства СВС-сплава на основе TiC-TiAl //Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2006. – №. 5. – С. 23-31.
23. Прибытков Г. А. Исследование и разработка порошковых катодных материалов Al-Cr, Al-Cr-Si для ионно – плазменного синтеза износостойких покрытий.
24. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. – Рипол Классик, 1985.
25. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.:ИД Альянс, 2011. – 644с.
26. Патент РФ №2205094 Панин В.Е., Белюк С.И., Дураков В.Г. и др. «Способ электронно-лучевой наплавки» выдан 27 мая 2003г
27. Гальченко Н. К., Белюк С. И., Панин В. Е. Электронно-лучевая наплавка композиционных покрытий на основе диборида титана //Физика и химия обработки материалов. – 2002. – №. 4. – С. 68-72.
28. Колесникова К. А., Гальченко Н. К. Формирование структуры и свойств композиционных покрытий в системе Ti-B-Fe.
29. Мырзахан А. М., Макан А. Д. Износостойкость электронно-лучевых покрытий TiB+ Ti //Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2016): сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г.—Томск, 2016. – 2016. – С. 431-432.
30. Смесители типа «пьяная бочка». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/пьяная\\_бочка](https://ru.wikipedia.org/wiki/пьяная_бочка)
31. Утилизация промышленных, медицинских и биологических токсичных отходов ОАО «Полигон» г. Томск. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://poligon.tomsk.ru/>

## Приложение А.

### Раздел на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ61	Мартынов Р.С.		

Консультант школы ИШНПТ:

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

Консультант школы ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демьяненко Н.В.			

## 2. Materials and methods

In this work, powder materials of mixtures of TPP-8 titanium and amorphous technical "A" boron were used as synthesized products. The mixture of powders was compiled from the calculation of the ratio of the volume fractions of free titanium and synthesized titanium boride -50 vol% Ti; -60 vol% Ti (Figure 2.1.).



Figure 2.1. Photo of powders: a) TPP-8 titanium b) amorphous technical grade "A" boron.

### ***Stages of the research:***

1. Preparation of samples of synthesized TiB + 50% (Ti) and TiB + 60% (Ti) powders for further research, and preparation of compacts for subsequent sintering in vacuum:
  - Mixing the powders of the selected compositions to conduct SHS using a "Drunk Barrel" mixer;
  - Pressing powders into a cylindrical blank with the use of technological equipment (a mold), on a MC-500 hydraulic press;
  - SHS of powder mixtures of the selected compositions: TiB + 50%, 60% Ti; using a laboratory reactor;
  - Properties study of the synthesized powder products of TiB + 50% (Ti), TiB + 60% (Ti).

2. Preparation of compacts from synthesized TiB + 50% vol (Ti) and TiB + 60% vol (Ti) powders for subsequent sintering and research:

- Grinding of synthesized cakes with the help of a "Drunk Barrel" mixer;
- Selection of a 0-50  $\mu\text{m}$  fraction using a sieve system;
- Preparation of samples for sintering;
- Pressing powders using technological equipment (mold), on a hydraulic MC-500 press;
- Applying a technological number to the samples;
- Measurement of geometric parameters and mass of the samples before sintering;
- Sintering of the samples in the vacuum resistance electric furnace;
- Surface preparation of samples for the properties study;
- Grinding of the ends of the samples (facing) on the P230 MECAPOL or Saphir 550 machine with a gradual reduction of the grain of the sandpaper;
- Polish;
- Pickling;
- Properties study;
- Microstructure study;
- Morphology study;
- Study of the compaction of samples.

## **2.1. The SHS TiB-based materials production Methods**

### ***Mixing of powders***

Proper preparation of the mixture directly affects the final properties of the final product. It is necessary to mix metal powders in the right proportions which are determined purely by experimental methods, moreover, a uniform mechanical mixture must be obtained by uniformly distributing metal powders of different chemical compositions and soil textures by volume, or furthermore - metal powders with non-metal powders. Therefore, let us consider the existing

alternative methods of mixing powder materials, and the method used in this master's thesis.

***Mixing powder materials in drum "drunken barrels" mixers.***

A drunken barrel is a fairly common name for a gravity mixer (Figure 2.2). Structurally, it looks like a drum mixer, the difference is the location of the cylindrical drum.

The axis of the cylindrical drum of the mixer is at a certain angle with the axis of its rotation, usually lying in the range of 30 to 50 degrees. One of the differences is also the fact that it lacks the so-called centrifugal mechanism, which excludes such unfavorable factors as sticking and layering of the blended components [27].



*Figure 2.2. Gravity mixer, "Drunken barrel".*

When the cylindrical drum rotates, which, by the way, can rotate from various types of drives (usually an electric drive), the mixing products - in our case, metal powders, fall from one end of the container to the other, by a cycle which depends on the angle of the drum inclination to the rotation axis, rotation speed and drum material.

The extreme simplicity of the design and, as a consequence, the cheapness of such a mixer can be used in various industries, such as construction, chemistry, pharmaceuticals, food, science, etc.

In this master's thesis, mixing of TiB + Ti powders was performed in a laboratory mixer "Drunken barrel", this is justified by the following factors and advantages in relation to the other mixers:

- when mixing components in such a mixer, the products contact only with the walls of the drum - therefore various plasticizers may be added without fear, since the explosive properties of the components as they are mixed are reduced to zero
- homogeneity of mixed components is achieved up to 98%, since components can move in several planes at once
- modern designs of "drunken barrels" are distinguished by their compactness, which allows mixing components in small quantities for laboratory needs
- simplicity and convenience of parameter settings and a smooth mechanism in the form of an inverter

### *Powder pressing*

Metal powders pressing is a technological operation, as a result of which, under the influence of the applied force, a solid body is formed from a shapeless free-flowing powder - a compact in shape and size close to the shape and dimensions of the finished product.

Using powders pressing semi-finished products (compacts, briquettes, cylinders) may be produced with the dimensions necessary for the manufacture of products, taking into account deformations during subsequent operations (sintering, calibration, etc.). The strength of the compacts should be sufficient to enable them to withstand, packing and transporting before sintering without breaking down.

There is a wide variety of press machines today. We can distinguish the press by the type of drive: mechanical, hydraulic, pneumatic, electromagnetic and manual. In cold-stamping production, presses with mechanical and hydraulic drive

are usually used; pneumatic, electromagnetic and manual presses are used mainly when performing pressing-assembly operations.

Pressing of metal powders on hydraulic presses provides the possibility of smooth compaction with comparatively low speeds, which is important when compacting fine powders with high specific pressures, when it is especially likely that a stratification occurs along the principal stress planes. In addition, an important factor is also the possibility of any exposure of the pressed workpiece under the pressing and the regulation pressure of the pressing regime.

When pressing the metal powder in the mold, the contact between the powder particles sharply increases, the porosity decreases, and the individual powder particles are deformed or destroyed. As a result, a blank of the desired shape and sufficient strength is obtained. Preservation of the shape and strength of preforms after pressing is caused by the action, first of all, of the forces of mechanical adherence of powder particles, electrostatic gravity and frictional forces. Therefore, the strength of the resulting workpiece depends both on the degree of reduction, and on the shape and size of the particles, the nature of the material, the state of the surface and the plasticity of the particles.

The process of pressing the powder is analogous to the process of punching liquid metal. Under the influence of pressure, the structure and the properties of the powder change - the contact between the particles increases, the strength increases, the porosity decreases. The scheme of a two-sided cylindrical mold is shown in the figure (Figure 2.4).

In our case, we pressed the TPP8 powders and the amorphous (nanocrystalline) boride into a cylindrical billet 100 mm in height and 40 mm in diameter for subsequent sintering by the self-propagating high-temperature synthesis of SHS. Pressing was carried out on the hydraulic MC-500 press (Figure 2.3).



Figure 2.3. Hydraulic press MS-500

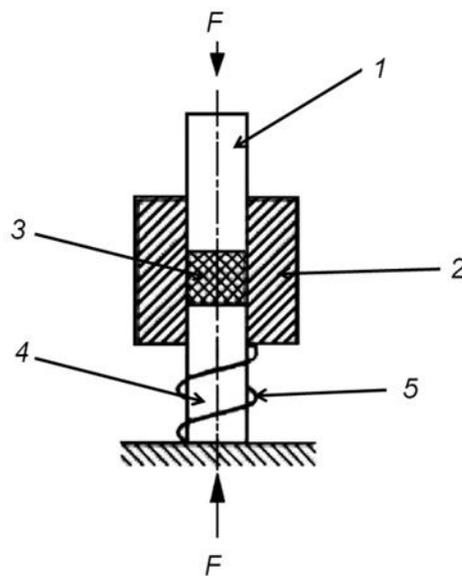


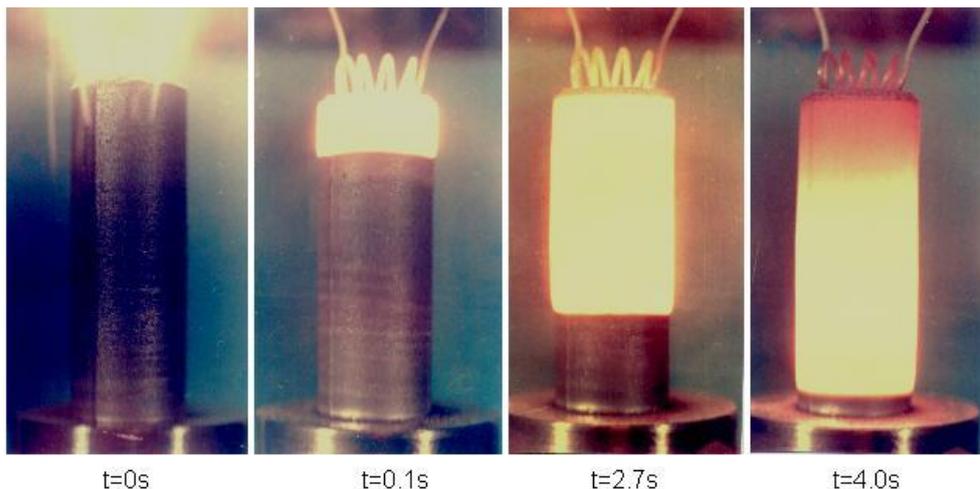
Figure 2.4. Double-sided cylindrical mold with "floating" die: 1 - upper die; 2 - matrix; 3 - powder mixture; 4 - lower die; 5 - spring.

### ***Self-propagating high-temperature synthesis (SHS)***

Composite powders of the TiB + Ti system were obtained using the self-propagating high-temperature synthesis (SHS) method, a process based on the

exothermic reaction of the initial reagents in the form of combustion. The target product of SHS is solid chemical compounds (carbides, borides, nitrides, oxides, etc.) and materials based on them. SHS is based on the scientific phenomenon of the wave localization of self-locking solid-phase reactions, discovered in 1967 by Russian scientists A.G. Merzhanov, I.P. Borovinskaya and V.M. Shkiro.

Samples for the synthesis are prepared in advance by the pressing method described above. The starting powders undergo mechanoactivation to ensure the stability of SHS. The process itself is initiated by heating up the local volume, for example, with a hot-spattered electric spiral on the top of the workpiece, after which an exothermic reaction of layer-by-layer burning of the preform begins (Figure 2.5). The energy released during this process is used to warm up inert additives, such as high-speed steel, and to initiate the reaction in reactive elements (titanium and carbon compounds).



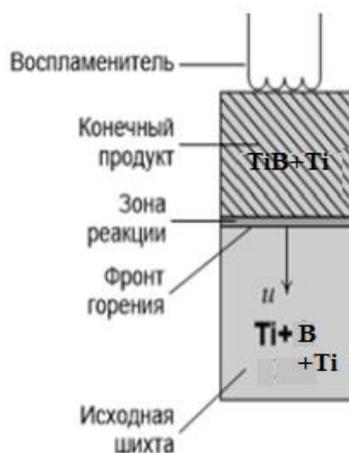
*Figure 2.5. Example of a sample and local initiation of SHS*

SHS synthesis is influenced by many factors, controlled before the start of the reaction. Such factors are:

- the thermal effect of the reaction;
- composition and structure of the exothermic mixture of powders;
- size, density and initial temperature of charge samples;
- composition and pressure of the surrounding gas, etc..

The main advantages of SHS technology over other technologies are as follows: the process is energy-saving, because it proceeds due to the heat released as a result of chemical exothermic reaction and does not require additional heating after initiation; it is characterized by high productivity, determined by the burning rate (about 10 ... 30 mm / s); high purity of synthesis products due to the high combustion temperatures (2000 ... 3000 ° C and above) and decomposition and evaporation of impurities; the possibility of obtaining multicomponent compounds in one stage in a combustion wave: the use of technologically simple and small-sized equipment.

The main way to initiate a SHS reaction is to locally initiate a reaction on the surface of the system by supplying a short-term heat pulse (electric spiral, spark discharge, laser beam, etc.) with the formation of a combustion wave and its propagation through a non-heated initial material (Figure 2.6). For weakly exothermic reactions or for mixtures with a high content of inert fillers, a preheating of the charge in the furnace is necessary to initiate the synthesis reaction. Charge in SHS processes can be in a vacuum, in the open air, in an inert or reacting gas under pressure.



*Figure 2.6. Methods for initiating the SHS reaction (using  $TiB + Ti$  as an example).*

In the simplest steady-state combustion regime, all the points of the front move with a constant in time and with the same velocity. When the stationary regime loses stability, unstable modes of propagation of the front arise: plane self-

oscillations of the combustion front velocity (pulsating combustion); localization of the burning reaction in the foci, motion of the combustion front along the helical trajectory (spin waves); random motion of multiple combustion sites. The combustion wave does not propagate in the charge in the case of strong heat losses to the environment (small diameters of the charge samples, low adiabatic reaction temperatures of the reagents).

In a wave of combustion, various chemical, physical and physicochemical processes take place, providing in their totality the necessary heat release. The wave has a certain length and consists of a number of zones:

- Warm-up zone (combustion reactions do not flow yet, but only heat transfer and heating of the charge is done);
- the reaction zone (the main combustion reactions that provide the necessary heat release flow);
- burn-out zone (chemical reactions continue, but they no longer affect the propagation velocity of the front);
- zone of secondary physico-chemical transformations determining the composition and structure of final products.

The SHS reaction is characterized by: the propagation velocity of the front (reaching several centimeters per second), the maximum temperature and the heating rate of the substance in the stationary combustion wave, the extinction limit (no burning under any initiation conditions), the limit of loss of stability of combustion, the depth of chemical conversion of the initial reactants to the final products. Synthesis is also possible in the regime of thermal explosion, when during the heating of the reaction mixture its self-ignition happens. In the synthesis reaction in the thermal explosion regime, there is no combustion wave with a clearly pronounced moving front.

Powders were obtained by burning a mixture of powders TPP8 and B (amorph). Calculation of the charge was calculated taking into account the

production of titanium boride  $TiB + 50\% \text{ vol. Ti}$  after the reaction . Arson was produced by passing a large current for two seconds through a molybdenum helix.



*Figure 2.7. Preparation for the SHS method*

During the powder burning, the combustion wave propagated the more slowly, the more inert bond there was in the powder. This can be explained by the fact that the excessive content of titanium reduces the number of areas of exothermic reaction of the titanium and silicon compound, which leads to a decrease in the maximum temperature of the combustion front and thereby reduces the combustion rate.



*Figure 2.8. General view of the combustion product of a compact of TPA8 + B powders corresponding to the composition  $TiB + 50 \text{ vol}\% Ti$*

### *Crushing the powders into fractions, selecting the desired fraction*

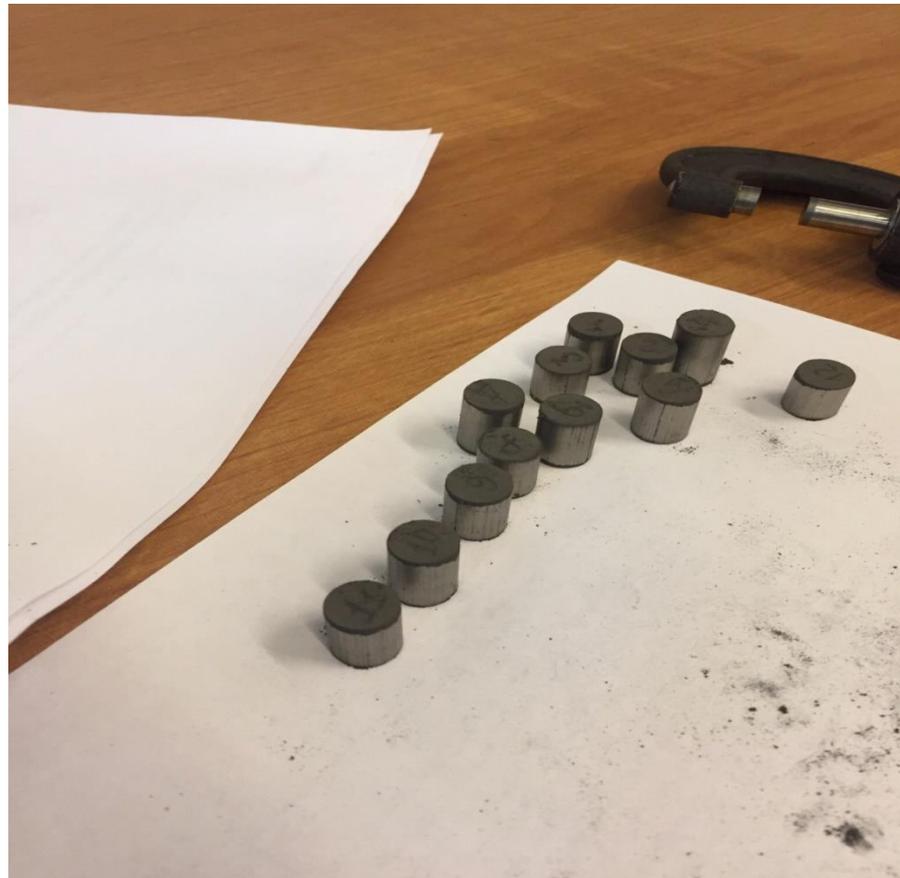
In the next step, the resulting sintered powders were crushed into a powder of different fractions using a "drunk barrel" mixer, discussed above. On average, the size of the composite powder obtained after grinding was from 0 to 350  $\mu\text{m}$ . When grinding, the following trend is observed: with increasing binder content, grinding the powder becomes more difficult, which leads to the formation of a larger fraction. To equalize the fractional composition, when grinding the sintered powders from a powder with a high binder content, the grinding time was selected much more than during grinding powders with a lower binder content. Powders of the desired fraction were screened by means of a sieve system manually (Figure 2.9).



*Figure 2.9. Sieve for screening out the desired fraction of the powdered products.*

After screening out the synthesized powders of the fraction of less than 50  $\mu\text{m}$ , they re-passed the pressing process (discussed above) to sinter the already synthesized powders in vacuum.

After obtaining the compacts of the synthesized powders, technological numbers were printed on them using an awl (Figure 2.10), and geometrical dimensions were measured using the SHZ-I-125 caliper GOST 166-89 and smooth micrometer MK 0-25 GOST 6507-90 .



*Figure 2.10. The process of applying technological numbers and measuring samples after pressing the synthesized powders.*

### ***Samples sintering***

During the samples sintering, the SNVE-2.4.2 / 16-2 furnace was used, as it provides sintering in vacuum, which allows to get rid of various oxide impurities when sintering powder products. The sintering temperature ranged from 1200 to 1400 ° C. The general view of the furnace is shown in the figure (Figure 2.11).

The vacuum resistance electric furnace SNVE-2.4.2 / 16-2 is designed for carrying out various thermal processes (annealing, degassing, sintering, etc.) in a

vacuum at temperatures up to 1600 ° C and small gas evaporation, at which residual gases environment does not interact with the elements of the design of a vacuum resistance furnace.

Vacuum electric furnaces SNVE-2.4.2 / 16-2 are designed for work in rooms that meet the requirements of the "Interdisciplinary rules for the protection of labor in the heat treatment of metals" POT RM-005-97.

Each heating chamber of the furnace is a cylindrical, horizontally located body, closed on both sides with covers, fixed on the body by means of loops and clamps.

The body and covers of the resistance furnace SNVE-2.4.2 / 16-2 are equipped with cooling jackets. On the upper part of the electric furnace body there are four lugs for installing water-cooled copper conductors. On the side of the body there are 6 inputs for the installation of control and (if necessary) 4 temperature sensors. Inside the body there are thermal blocks, which are a combination of side and two end shields made of 0.2 mm thick molybdenum sheet together with the heating elements and their suspensions. Inside the thermal blocks there are molybdenum sheets - stands for the charge. The working zone of the resistance furnace on the sides and at both ends is surrounded by 10 w-shaped heaters made of a molybdenum rod with a diameter of 6 mm, forming a single-phase system of two parallel groups.

The operation of loading and unloading the cage into a two-chamber furnace can be performed from both ends of the heating chambers.



*Figure 2.11 Vacuum resistance electric furnace SNVA-2.4.2/16-2.*