

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



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Кафедра наноматериалов и нанотехнологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ, УПРОЧНЕННЫХ БОРОСОДЕРЖАЩИМИ ЧАСТИЦАМ

УДК669.717:621.785.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Петюкевич М.С.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Н.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Наноматериалов и нанотехнологий	Хасанов О.Л.	д.т.н., проф.		

Томск – 2017 г.

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



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Кафедра наноматериалов и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Хасанов О.Л.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы

Тема работы:

Исследование структурных свойств высоконаполненных алюминиевых композитов, упрочненных боросодержащими частицам

Утверждена приказом директора ИФВТ № 7705/с от 22.11.2015

Срок сдачи студентом выполненной работы:

22.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>В работе предполагается цель – исследование влияния параметров искрового плазменного спекания, ультразвукового компактирования и импульсной электронно-пучковой обработки на свойства радиационно-защитного композита AMg6-B₄C-W. Работа проводится на специальной установке, удовлетворяющей требованиям техники безопасности и с использованием средств индивидуальной защиты..</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Задачи работы: 1. Создание высокоплотного алюмоматричного композиционного материала - AMg6-B₄C-W. 2. Изучение эксплуатационных свойств полученных материалов, методами измерения твердости, плотности. Литературный обзор был сделан по направлениям: 1. Композиционный материал 2. Классификация композиционных материалов 3. Металлические матрицы</p>

	4. Армирующие элементы 5. Защита от ионизирующего излучения 6. Трибологические свойства ММК
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Черепанова Н.В., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Раденков Т.А., ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Иностранный язык (английский)	Квашина О.С., старший преподаватель кафедры иностранных языков Физико-технического института
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Разделы на русском языке: литературный обзор; материалы, оборудование и методики эксперимента; результаты и их обсуждения; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.	
Раздел на английском языке: материалы исследования	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24 февраля 2017г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Петюкевич М.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ5Б	Доске Улантай Алибекулы		

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



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 150100 Материаловедение и технологии материалов
 Уровень образования магистратура
 Кафедра наноматериалов и нанотехнологий
 Период выполнения _____ (весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.2017	Литературный обзор по теме диссертации	20
31.05.2017	Выполнение эксперимента по теме диссертации	30
22.06.2017	Обсуждение результатов и оформление работы	50

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Петюкевич М.С.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Наноматериалов и нанотехнологий	Хасанов О.Л.	д.т.н., проф.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 129 с., 59 рисунков, 31 таблица, 52 источника литературы, 1 приложение.

НАНОПОРОШКИ, КОМПОЗИТЫ, МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ХОЛОДНОЕ СТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ, УЛЬТРАЗВУКОВОЕ КВАЗИРЕЗОНАНСНОЕ ПРЕССОВАНИЕ, AMg6-B₄C-W, SPS, ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЯ, РЕЖИМЫ СИНТЕЗА.

Объекты исследования: порошок порошок AMg6-B₄C-W, композиты на основе AMg6-B₄C-W.

Цель работы: создание высокоплотного алюмоматричного композиционного материала с добавлением наноразмерного порошка вольфрама и ультрадисперсного порошка карбида бора для обеспечения защиты от ионизирующих излучений

В работе проведён анализ современного состояния разработок по синтезу металломатричных композитов. Изучены морфологические и структурные характеристики исходных порошков AMg6-B₄C-W. Методами искрового плазменного спекания (Spark Plasma Sintering – SPS), ультразвукового компактирования и холодным статическим прессованием были изготовлены высокоплотные композиты. Было оценено влияние условий синтеза на эксплуатационные и механические свойства композитов. Для исследования были использованы: сканирующий электронный микроскоп JEOLJSM-7500FA (Япония), лазерный дифракционный анализатор размеров частиц ShimadzuSALD 7101 (Япония), рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD – 7000 (Япония), микротвердомер DUN-211S, спектрофотометр Shimadzu UV-1800 (Япония), импульсная электронно-пучковая установка «СОЛО». Для изготовления образцов была использована установка искрового плазменного спекания Dr. Sinter Lab SPS-515S (Япония).

В конце работы сделаны выводы, позволяющие улучшить качество и характеристики спекаемых материалов и снизить себестоимость.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Литературный обзор	11
1.1 Композиционный материал	11
1.2 Классификация композиционных материалов	12
1.2.1 Классификация КМ по материалу матрицы	12
1.2.2 Классификация КМ по геометрии армирующих элементов	13
1.2.3 Классификация КМ по структуре и расположению компонентов	13
1.2.4 Классификация матричных КМ по схеме армирования	13
1.2.5 Классификация КМ по методам получения	14
1.3 Металлические матрицы	15
1.3.1 Матрицы на основе алюминия	17
1.4 Армирующие элементы	20
1.5 Защита от ионизирующего излучения	22
1.5.1 Нейтронное излучение	22
1.5.2 Взаимодействие нейтронов с веществом	22
1.5.3 Рентгеновское и γ -излучения	24
1.6 Трибологические свойства ММК	25
2. Материалы, оборудование и методики эксперимента	27
2.1. Оборудование, использованное в работе	27
2.2 Материалы исследования	36
2.3 Методы получения композиционных материалов	47
2.3.1 Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах	47
2.3.2 Ультразвуковое квазирезонансное прессование	48
2.3.3 Спекание в разряде плазмы (метод SPS)	51
2.4 Импульсная электронно-пучковая установка «СОЛО»	53
3. Результаты и их обсуждение	57
3.1 Влияние параметров искрового плазменного спекания на свойства композитных материалов	57
3.2 Влияние ультразвукового компактирования на плотность композиционного материала	58
3.3 Влияние импульсного электронно-пучкового обработки на свойства композитных материалов	59
3.4 Трибологические свойства композитов	60

4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
4.1	Предпроектный анализ	63
4.2	Инициация проекта	67
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом. Иерархическая структура работ	70
5	Социальная ответственность	82
5.1	Описание рабочего места	82
5.2	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды и средства защиты	83
5.3	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведенной среды	89
5.4	Охрана окружающей среды	91
5.5	Особенности законодательного регулирования проектных решений.	91
5.6	Защита в чрезвычайных ситуациях	92
	ВЫВОДЫ	94
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	95

ВВЕДЕНИЕ

Создание новой современной техники и совершенствование предыдущих технологических разработок вызывает необходимость поиска и создания новых материалов, имеющих конструкционное и функциональное назначение. Новым видом таких материалов, обладающих широким набором эксплуатационных свойств, которые не могут быть достигнуты при использовании традиционных материалов, являются композиционные материалы.

Композиционные материалы (КМ) – многосоставные материалы, обычно состоящие из пластичной матричной основы, с распределенными в ней армирующими волокнами или дисперсными частицами; при этом выгодно используют индивидуальные свойства компонентов состава. Сочетание разнообразных веществ приводит к созданию нового материала, чьи свойства заметно отличаются от свойств каждого из его компонентов. Широкий спектр материалов с требуемым набором свойств получают, варьируя состав, количественный состав наполнителей и матрицы, ориентацию наполнителя[1].

Изменяя количественное содержание компонентов, возможно, исходя из требований, получать композиты с требуемыми значениями прочности, модуля упругости, микротвердости и трещиностойкости, жаропрочности, а также создавать составы с требуемыми диэлектрическими, магнитными, радиопоглощающими и другими специальными характеристиками. Многие композитные материалы имея меньший вес превосходят обычные сплавы и материалы по своим механическим свойствам. Использование КМ обычно позволяет сохранить или улучшить механические характеристики конструкции при значительном уменьшении ее массы. Влияние малых добавок волокон на значительный прирост прочности и вязкости хрупких материалов, известно с древнейших времен. Два или более неоднородных материала использовали вместе, чтобы создать новый уникальный материал или же улучшить характеристики одного из них[2].

Первое использование этого метода относится к 1500 году до нашей эры, когда в Египте и Месопотамии начали использовать глину и солому для производства кирпичей. Это добавляло им прочности и предупреждало их растрескивание при сушке. Также солому вносили в состав для укрепления керамических изделий и лодок. Кирпичи, в которых использовалась солома, называют «саман».

Технологии подобного рода имелись у народов всего мира. Растительные волокна использовались инками при изготовлении керамики, а строители Англии только недавно перестали добавлять в штукатурку волосы. В Вавилоне для усиления глины при постройке жилищ использовали тростник, а в Древней Греции при строительстве храмов и дворцов мраморные колонны укреплялись прутами из железа.

Композитные материалы, в настоящее время, представляют большой интерес. Интерес этот вызван, прежде всего, актуальностью разнообразных практических применений и уникальным сочетанием ряда механических и эксплуатационных свойств.

Составными веществами композитов могут быть самые разные материалы – керамика, стекла, металлы, углерод, пластмассы и т.п. Существуют многосоставные полиматричные композиционные материалы, в которых в одном материале сочетают несколько матриц. Кроме того, существуют гибридные КМ - включающие в себя разные наполнители. Наполнителем определяется жесткость, прочность, и деформируемость материала, а матрицей обеспечивается монолитность материала, передача напряжений в наполнителе и устойчивость к различным вариантам внешнего воздействия[3].

В рамках научной работы используется комплексный подход для анализа и получения металломатричных композитов (ММК) на основе АМгб-В₄С-В, а так же для оценки вклада, в формирование структуры синтезированных материалов, различных параметров режима синтеза, таких как время, температура и скорость спекания, значение приложенного

давления. Для создания оптимальных структуры и свойств, а так же получение сто процентной плотности нашей заготовки, необходим поиск индивидуального сочетания вышеописанных режимов синтеза для каждого состава материалов. Это является предметом для пристального изучения.

Целью данной работы являлась модельная и экспериментальная оптимизация процесса консолидации алюминий-матричного радиационно-защитного композита, содержащего порошки В₄С и W с известным гранулометрическим составом, по критерию достижения максимальной плотности.

1 Литературный обзор

1.1 Композиционный материал

Композиционные материалы состоят из двух и более компонентов, объединенных различными способами в монолит при сохранении их индивидуальных особенностей.

Признаки материала:

- создан человеком и не встречается в природе;
- неоднороден в микромасштабе и однороден в макромасштабе;
- форма, распределение компонентов и состав определены заранее;
- имеет свойства отличимые от свойств компонентов, рассматриваемых в отдельности;
- состоят из двух компонентов, разделенных границей, с различным химическим составом.

Компонент, имеющий непрерывность по всему объему называют матрицей. Наполнитель – армирующий, прерывный компонент.

В качестве матриц для композиционных материалов используют алюминиевые, керамические материалы, полимеры органические и неорганические,

В композиционных материалах в качестве матриц используются керамические материалы, металлы и их сплавы, органические и неорганические полимеры. От прочности связи и физико-химических свойств компонентов зависят свойства композиционного материала. Для композиционного материала выбирают компоненты с отличающимися свойствами друг от друга. Такие материалы – удельной прочности и высокой удельной жесткости[3].

1.2 Классификация композиционных материалов

Для того чтобы систематизировать КМ по различным признакам, грамотно реализовать процедуру выбора КМ для изготовления различных деталей, упорядочить терминологию в области материаловедения композитов, необходима обоснованная классификация этих материалов[3].

Единой общепринятой классификации композиционных материалов нет. Это объясняется тем, что КМ представляют самый широкий класс материалов, объединяющий металлы, полимеры и керамику.

Наиболее часто используется классификация композиционных материалов, в основу которой положено их деление по материаловедческому признаку.

1.2.1 Классификация КМ по материалу матрицы

Наиболее важным признаком классификации КМ является материал матрицы. КМ с металлической матрицей называют металлическими композиционными материалами (МКМ), с полимерной матрицей – полимерными композиционными материалами (ПКМ), с керамической – керамическими композиционными материалами (ККМ). КМ, содержащие два и более различных по составу матричных материала, называют полиматричными[3].

Название ПКМ обычно состоит из двух частей. В первой части называется материал наполнителя, во второй приводится слово «пластик», или «волокнит». Например, полимерные композиты, армированные стекловолокном, называются *стеклопластиками (стекловолокнитами)*; металлическими волокнами – *металлопластиками (металловолокнитами)*, органическими волокнами – *органопластиками (органоволокнитами)*, борными волокнами – *боропластиками (бороволокнитами)*, углеродными волокнами – *углепластиками (углеволокнитами)*, асбестовыми волокнами – *асбопластиками(асбоволокнитами)* [3]

Для характеристики МКМ чаще используют двойное обозначение: вначале пишут материал матрицы, затем – материал волокна. Например,

обозначение медь – вольфрам (Cu – W) соответствует композиционному материалу, в котором матрицей является медь, а волокнами – вольфрам.

1.2.2 Классификация КМ по геометрии армирующих элементов

Классификация в соответствии с геометрией армирующих элементов (порошки или гранулы, волокна, пластины) приведена в табл.1.1.

Таблица 1.1

Классификация композиционных материалов по геометрии[4]

Армирующие элементы	Композиционные материалы
Пластины	Пластинчатые-слоистые КМ, состоящие из чередующихся непрерывных и дискретных пластин
Порошки	Порошковые–дисперсно-упрочненные КМ

1.2.3 Классификация КМ по структуре и расположению компонентов

В соответствии с этой классификацией КМ делятся на группы с *матричной, слоистой, каркасной и комбинированной структурой*[4].

Матричную структуру имеют дисперсно-упрочненные и армированные КМ.

Материалам со *слоистой структурой* относятся композиции, полученные из набора чередующихся слоев фольги или листов материалов различной природы и состава.

Композиционным материалам с *каркасной структурой* относятся материалы, полученные методом пропитки.

Комбинированную структуру имеют материалы, содержащие комбинации первых трех групп.

1.2.4 Классификация матричных КМ по схеме армирования

По ориентации и типу арматуры все КМ можно разделить на две группы – *изотропные и анизотропные*[4].

Изотропными называют материалы, которые имеют одинаковые свойства во всех направлениях.

Свойства *анизотропных* материалов зависят от направления в исследуемом объекте.

КМ с матричной структурой делятся на *хаотично-армированные* и *упорядоченно-армированные* (рис.1.1).

Хаотично-армированные КМ содержат армирующие элементы в виде дисперсных включений, дискретных или непрерывных волокон. Эти материалы являются изотропными или квазиизотропными.

Термин «квазиизотропный» означает, что КМ является анизотропным в микрообъеме, но изотропным в объеме всего изделия.

Упорядоченно-армированные КМ подразделяются на однонаправленные, т. е. одноосно армированные, двухосно-армированные (с плоскостным расположением арматуры) и трехосно-армированные (с объемным расположением арматуры).

1.2.5 Классификация КМ по методам получения

В соответствии с этой классификацией КМ делятся на материалы, полученные жидкофазными и твердофазными методами, а также методами осаждения – напыления, комбинированными методами[4].

К жидкофазным методам относятся пропитка(пропитка арматуры полимерами или расплавленными металлами) и направленная кристаллизация сплавов.

К твердофазным методам получения КМ относятся прокатка, экструзия, ковка, штамповка, уплотнение взрывом, диффузионная сварка, волочение и др. Композиционные материалы, получаемые твердофазными методами, используются в виде порошка или тонких листов.



Рис. 1.1. Классификация композиционных материалов по конструкционному признаку: хаотично- (а), одномерно- и пространственно армированные (б – г)

[4]

При получении КМ *методами осаждения–напыления* матрица наносится на волокна из растворов солей или других соединений, из парогазовой фазы, из плазмы и т. п.

Комбинированные методы заключаются в последовательном или параллельном применении нескольких методов.

1.3 Металлические матрицы

При изготовлении металлических композиционных материалов в качестве матрицы применяют алюминий, титан, магний, медь, никель, кобальт и другие материалы.

Алюминий, а также деформируемые и литейные сплавы на его основе наиболее часто применяются при изготовлении композитов. Алюминий используется при получении композитов как жидко-, так и твердофазными методами [5]. При изготовлении композиционных материалов твердофазными способами широко применяют деформируемые алюминиевые сплавы. Примерами таких сплавов являются АМг2, АМг3, АМг5, Д1, Д16, АК4, В94 и др. Достоинства деформируемых алюминиевых

сплавов: малая плотность, высокий уровень механических свойств, высокая технологическая пластичность.

Для получения композитов жидкофазными методами (литьем, пропиткой) применяют литейные алюминиевые сплавы. Эти сплавы отличаются повышенной жидкотекучестью, малой линейной усадкой, пониженной склонностью к образованию трещин при повышенных температурах. Химический состав некоторых матричных материалов на основе алюминия приведен в табл. 1.2.

Композиционные материалы на основе алюминия могут быть получены методами порошковой металлургии и газотермического напыления [5]. Для реализации этих методов используют алюминиевые порошки и порошки из алюминиевых сплавов, например АПП (порошок из первичного алюминия), АПВ (из вторичного алюминия), АСД-1 (дисперсный порошок), АСД-Т (дисперсный порошок с добавкой титана).

Таблица 1.2

Химический состав матричных литейных алюминиевых сплавов[5]

Марка материала	Химический состав, %				
	Al	Mg	Si	Mn	Cu
АЛ1	93,25...93,5	1,25... 1,75	0	0	3,75...4.5
АЛ2	87...90	0	10,0...13,0	0	0
АЛ3	91...93,05	0.35...0,6	4.5...5,5	0,6...0.9	1.5...3.0
АЛ9	91,6...93,8	0,2...0,4	6-8	0	0
АЛ13	92.8...94,6	4,5...5,5	0,8...1,3	0,1...0,4	0
АЛ19	93,35..94.75	0	0	0,6...1,0	4.5...5,3

К твердофазным методам получения композитов относят диффузионную сварку. Этот метод основан на использовании в качестве матричного материала технической фольги алюминия или его сплавов. Техническая алюминиевая фольга в соответствии с ГОСТ 618-73 выпускается в рулонах шириной до 960 мм. Толщина фольги составляет

5...200 мкм. Для ее изготовления используется алюминий марок АД1, А99, А97, А95 и др. Возможно применение алюминиевой пищевой фольги, выпускаемой по ГОСТ 745-79. Для производства композитов используют и высокопрочные сложнелегированные деформируемые алюминиевые сплавы.

Для реализации технологии сварки взрывом применяют листы из алюминия (А0, АД0, АД1) и его сплавов (АМц, АМг2, АМг3, АМг5, Д12 и др.) толщиной до 2,5 мм. Возможно применение не плакированных и плакированных листов в отожженном (обозначение М), полунагартованном (1/2Н), нагартованном (Н), закаленном и естественно состаренном (Т), естественно состаренном после закалки и дополнительно нагартованном (ТН) состоянии.

Высокой удельной прочностью, малой плотностью и другими важными достоинствами обладают магниевые сплавы. Эти достоинства объясняют интерес специалистов к магнию как к материалу, применение которого эффективно в качестве матрицы металлических композитов [5]. Важен тот факт, что магний практически не реагирует со многими материалами, используемыми для изготовления упрочняющих волокон. Для изготовления композитов применяют технический магний и сплавы на его основе МЛ12, ИМВ2, AZ31В и др.

1.3.1 Матрицы на основе алюминия

Основными требованиями, предъявляемыми к матрицам на основе алюминия и его сплавов, являются: совместимость с материалами армирующих волокон при температурах получения и эксплуатации КМ; высокие значения прочности и пластичности при нормальной и повышенной температурах; высокие технологические свойства и коррозионная стойкость. В зависимости от технологических особенностей получения КМ и типа армирующих волокон применяют чистый алюминий, а также деформируемые (ГОСТ 4784-97) и литейные (ГОСТ 2685-75) алюминиевые сплавы.

Деформируемые алюминиевые сплавы используют для получения КМ твердофазными методами. Химический состав этих сплавов приведен в табл. 1.3,1.4. Такие сплавы имеют малую плотность, хорошую коррозионную стойкость, высокие тепло- и электропроводность, хорошие технологические свойства (табл.1.5) [8].

Таблица 1.3

Содержание легирующих компонентов в деформируемых алюминиевых сплавах [8]

Марка сплава	Содержание легирующего компонента, %					
	Cu	Mg	Mn	Si	Cr	Be
АД0	0	0	0	0	0	0
АД1	0	0	0	0	0	0
АМц	0	0	1,0...1,6	0	0	0
АМг2	0	1,8...2,6	0,2...0,6	0	0	0
АМг3	0	3,2...3,8	0,3...0,6	0,5...0,8	0	0
АМг5	0	4,8...5,8	0,3...0,6	0	0,5	0,0002... 0,005
АМг6	0	5,8...6,8	0,5...0,8	0	0	0,0002... 0,005
АД33	0,15...0,40	0,8...1,2	0	0,4...0,8	0,15...0,35	0
Д1	3,8...4,8	0,4...1,2	0,4...0,8	0	0	0
Д16	3,8...4,9	1,2...1,8	0,3...0,9	0	0	0
АК4	1,9...2,5	1,4...1,8	0	0,5...1,2	0	0
В95	1,4...2,0	1,8...2,8	0,2...0,6	0	0,1...0,25	0

Таблица 1.4

Содержание примесей в деформируемых алюминиевых сплавах [8]

Марка сплава	Содержание примеси, %, не более							
	Fe	Si	Cu	Mn	Ni	Zn	Ti	Mg
АД0	0,30	0,3	0,02	0,25	0	0,1	0,1	0,05
АД1	0,30	0,3	0,02	0,25	0	0,1	0,15	0,05
АМц	0,7	0,6	0,15	0	0	0,1	0,2	0,2
АМг2	0,4	0,4	0,1	0	0	0,2	0,1	0
АМг3	0,5	0	0,1	0	0	0,2	0,1	0
АМг5	0,5	0	0,1	0	0	0,2	0,1	0
АМг6	0,4	0,4	0,1	0	0	0,2	0	0
АД33	0,7	0	0	0,15	0	0,25	0,15	0
АК4	0	0	0	0,2	0	0,3	0,1	0
В95	0,5	0,5	0	0	0,1	0	0	0

Таблица 1.5

Физические свойства матриц из деформируемых алюминиевых сплавов [8]

Марка сплава	γ , кг/м	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·К), при, Т, К		$\alpha_{cp} \cdot 10^{-6}, K^{-1}$, при Т, К					ρ , мк Ом·м
				673	223... 293	293... 373	293... 473	293... 573	
АД0	2710	-	-	-	23,5	24,6	25,6	-	-
АД1	2710	-	-	-	23,5	24,6	25,6	-	-
АМц	2730	1,09	1,30	-	24,0	-	25,0	-	-
АМг2	2670	-	-	-	23,8	-	-	-	-
АМг3	2670	0,88	1,05	-	23,5	-	-	26,1	49,6
АМг5	2650	-	-	-	24,1	-	26,1	-	62,6
АМг6	2640	0,92	1,09	-	-	24,7	-	26,5	71,0
АД33	2710	0,94	-	-	-	24,1	-	26,0	-
АК4	2770	0,84	1,05	1,05	21,8	23,1	24,9	24,8	50,0
В95	2850	-	-	-	23,6	24,2	26,2	-	42,0

1.4 Армирующие элементы

Армирующие элементы - важнейшие компоненты композиционных материалов. Для армирования композитов используются тысячи материалов в различном структурном состоянии. Химический состав, структурное состояние и геометрические параметры армирующих элементов определяются требованиями, предъявляемыми к материалу. Большое значение имеет тип матрицы, выбранной для изготовления композиционного материала.

Для производства полимерных композиционных материалов чаще применяют стеклянные, углеродные, борные и органические волокна. Сравнительная характеристика волокон этого типа приведена в табл. 1.6[6]. При создании композитов с металлической матрицей в качестве арматуры применяются тонкие стальные проволоки, проволоки из вольфрама, бериллия, ниобия, титана и других металлов [7].

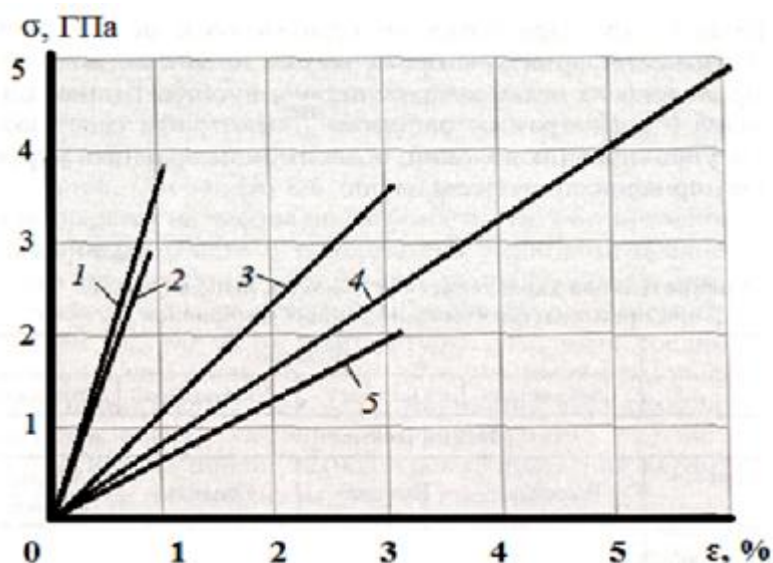


Рис. 1.2. Характерные диаграммы растяжения высокопрочных волокон, применяемых для изготовления современных композиционных материалов:

1 - борные; 2 - высокомодульные углеродные; 3 - органические; 4 - высокопрочные стеклянные; 5 - электроизоляционные стеклянные [7]

Диаграммы растяжения некоторых типов высокопрочных упрочняющих волокон, позволяющие сравнить упругие свойства материалов, приведены на рис. 1.2 [7].

Сравнительная характеристика волокон, используемых при производстве композиционных материалов [7]

Свойства	Волокно			
	Стеклоанное	Борное	Углеродное	Органическое
Механические:				
Удельная прочность	Высокая	Высокая	Средняя	Очень высокая
Удельный модуль	Низкий	Высокий	Очень высокий	Средний
Сопротивление удару	Отличное	Удовлетворительное	Плохое	Отличное
Удлинение при разрыве	Высокое	Низкое	Среднее	Среднее
Стабильность	Отличная	Отличная	Средняя	Отличная
Теплофизические:				
Теплопроводность	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая
Температурный КЛТР	Средний	Средний	Очень низкий	Очень низкий
Демпфирующая способность	Высокая	Удовлетворительная	Хорошая	Отличная
Производственно-технологические:				
Наименьший радиус изгиба	Малый	Очень большой	Малый	Малый
Чувствительность к повреждениям при переработке	Средняя	Средняя	Высокая	Низкая
Возможность переработки в ленты и ткани	Хорошая	Плохая	Хорошая	Хорошая
Наименьший радиус изгиба	Малый	Очень большой	Малый	Малый

1.5 Защита от ионизирующего излучения

Одним из перспективных применений борсодержащих композитов на основе алюминия является их использование в качестве нейтронозащитного материала, поэтому в данном разделе будут описаны подходы и известные разработки для защиты от нейтронов.

1.5.1 Нейтронное излучение

Нейтроны являются составной частью атомного ядра, не обладающей электрическим зарядом. В процессе ядерного превращения они распадаются на протоны и нейтроны. В зависимости от величины кинетической энергии нейтроны подразделяются на тепловые (с энергией около 0.025 эВ), медленные (0.1 эВ), промежуточные (от 5 кэВ до 0.5 МэВ), быстрые (от 0.5 до 10 МэВ) и сверхбыстрые (с энергией 500 МэВ и более). Медленные и тепловые нейтроны при столкновении с атомами вступают с ними в ядерные реакции, в результате чего возникает ионизирующее излучение. При этом образуются стабильные или радиоактивные изотопы. В результате столкновения быстрых нейтронов с ядрами водорода (протонами) они передают этим ядрам некоторую часть своей энергии. Образующиеся при этом ядра отдачи вызывают ионизацию. В результате происходит образование атомов тяжелого водорода и испускание γ -лучей. При взаимодействии нейтронов с ядрами различных элементов могут возникать также α - или β -частицы.

Нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью, что обусловлено отсутствием у частиц электрического заряда.

1.5.2 Взаимодействие нейтронов с веществом

Взаимодействие нейтронов с веществом вызывает в этом веществе сложные и глубокие изменения, обусловленные реакциями нейтронов с ядрами атомов [8]. Сравнительно долгое пребывание нейтронов в равновесии с ядрами атомов вещества способствует их взаимодействию, сопровождающимся следующими реакциями:

- упругим рассеянием со временем рассеяния 10^{-18} - 10^{-21} с;
- поглощением нейтронов (захватом) с образованием составного ядра, находящегося в возбужденном состоянии и существующего 10^{-12} - 10^{-15} с [9].

Вероятность протекания того или иного процесса взаимодействия нейтронов с ядрами зависит от энергии нейтронов и природы вещества характеризуется эффективным сечением взаимодействия.

При упругом рассеянии нейтрон теряет часть своей кинетической энергии и передает ее ядру атома взаимодействующего с ним вещества (ядру отдачи), отклоняясь при этом от первоначального направления движения. Суммарная кинетическая энергия и импульс сталкивающихся частиц не меняются. При захвате нейтронов переход возбужденных ядер в нормальное состояние происходит либо путем испускания γ -лучей, а также нейтронов, протонов, α -частиц, либо с образованием осколков деления.

Явление, при котором часть поглощенной энергии взаимодействующего нейтрона превращается во внутреннюю энергию ядра, а испускаемый нейтрон имеет меньшую энергию по сравнению с падающим, называется неупругим рассеянием нейтронов. Избыток энергии возбужденного ядра испускается при этом в виде гамма-кванта. Процесс неупругого рассеяния возможен только для быстрых нейтронов. Новые ядра вещества, возникающие в результате реакции захвата, могут быть стабильными и радиоактивными.

Процессы упругого рассеяния и радиационного захвата могут иметь место при любой энергии нейтронов почти для всех ядер. Однако для быстрых промежуточных нейтронов с кинетическими энергиями 0.5-20 МэВ наиболее важным процессом взаимодействия с веществом является упругое рассеяние, а вероятность захвата быстрых нейтронов в сотни раз меньше вероятности рассеяния.

При взаимодействии промежуточных нейтронов с ядрами лития, бора, гелия и азота более вероятным является захват нейтронов с образованием заряженных частиц. Реакции с испусканием заряженных частиц протекают

при взаимодействии нейтронов, имеющих энергию более 1 МэВ, с ядрами легких элементов ($Z < 25$). Реакции неупругого рассеяния на легких ядрах возможны при энергиях нейтронов 0.5-5 МэВ, а на тяжелых ядрах ($Z > 80$) – при энергиях нейтронов не более 100 кэВ.

В результате многочисленных взаимодействий быстрые нейтроны постепенно замедляются до энергии теплового движения атомов вещества (0.025 эВ при нормальной температуре) и затем захватываются их ядрами, что приводит, как правило, к образованию радиоактивных изотопов.

1.5.3 Рентгеновское и γ -излучения

При поглощении нейтронов атомами бора происходит испускание мягкого гамма кванта с энергией около 500 кэВ. Данное излучение также является ионизирующим, поэтому необходима дополнительная защита от гамма излучения.

Известно, что основным механизмом поглощения гамма излучения является фотоэлектрическое поглощение, когерентное и некогерентное рассеяние на атомах. Фотоэлектрическое поглощение сильно зависит от атомного номера поглощающих элементов. Так, в защите от рентгеновского излучения, наиболее эффективным является использование тяжелых металлов, таких как свинец, вольфрам, барий, уран и др. Фактор когерентного рассеяния имеет значение при соизмеримости длины волны падающего рентгеновского излучения с линейными размерами рассеивающего центра – кристалла. Так при уменьшении размера рассеивающих центров до величины порядка нескольких десятков нанометров происходит увеличение оптической длины пути излучения в веществе и, соответственно, увеличение поглощения этого излучения.

В работе [10] была показана теоретическая возможность и даны оценки увеличения ослабления рентгеновского излучения ультрадисперсными средами. Показано, что использование ультрадисперсных сред может привести к увеличению массового коэффициента поглощения на 20-50% в зависимости от размера частиц используемых в качестве поглотителей.

Однако, данный эффект проявляется только при невысоких значениях энергии рентгеновского излучения, при длине волны, соизмеримой с размерами рассеивающих центров. Также в работе отмечено, что ультрадисперсные среды могут быть эффективны в защите от тепловых нейтронов.

Одним из перспективных кандидатов на роль эффективной добавки отвечающей за поглощение рентгенозащитного излучения является порошок нановольфрама [11]. Он может быть введен в качестве рентгенопоглощающего материала в нейтронозащитные материалы для получения универсальных радиационно-защитных свойств и, соответственно, снижения уровня захватного рентгеновского излучения и общего радиоактивного фона от источника излучения.

1.6 Трибологические свойства ММК

Композиционные материалы на основе алюминия показывают превосходную износоустойчивость. В некоторых случаях дисперсно-упрочненные ММК материалы имеют в 10 раз лучшую износоустойчивость по сравнению с неупрочненным матричным материалом [12]. Существует довольно много исследований направленных на понимание влияния различных факторов таких как: размер упрочняющих частиц [13], нагрузки [14] и скорости скольжения [15] на износоустойчивость дисперсно-упрочненных ММК с алюминиевой матрицей. В качестве упрочнителей в данных работах использовались частицы SiC и Al₂O₃.

В работе [16] исследовались композиционные материалы, полученные методом литья под давлением, на основе алюминиевого сплава ADC12, упрочненные короткими волокнами Al₂O₃. Трибологические исследования этих композитов показывают, что механизм износа зависит от содержания волокон Al₂O₃. Смена механизма износа от адгезионного к абразивному, происходит при возрастании содержания волокон Al₂O₃, при этом наблюдается существенное уменьшение величины износа.

В композиционных материалах на основе алюминиевого сплава 5083 упрочненных частицами B_4C (5 и 10 весовых %), полученных методом механического синтеза при низких температурах и последующей прокаткой, показывают существенное влияние содержания карбида бора на величину их износоустойчивости [17]. Трибологические испытания проводились по схеме плоский образец/диск с нагрузкой 50-80 Н и скоростью 0.6-1.25 м/с. С увеличением содержания карбида бора от 5 до 10% (весовых) наблюдалось уменьшение скорости изнашивания почти на 40%. Однако, отличие коэффициентов трения между этими композитами незначительно. В некоторых испытаниях наблюдались две стадии на кривой уменьшения длины плоского образца/дистанции скольжения. Уменьшение длины плоского образца на первой стадии на один - два порядка меньше чем на второй стадии. Такое поведение образца на первой стадии хорошо согласуется с плоским участком с низким коэффициентом трения на кривой коэффициент трения/дистанция скольжения. Переход от первой стадии ко второй сопровождается изменением механизма износа от абразивного к адгезионному. Однако, двустадийный характер зависимости износа проявлялась не всегда, даже на одних и тех же образцах, при одинаковых условиях испытаний. Аналогичная ситуация наблюдалась в работе [16] для композиционного материала Al-6061/20% (объемных) Al_2O_3 , при схожей схеме испытаний и нагрузке 17 Н. Половина образцов показала скорость износа на порядок выше, чем другая половина образцов. Таким образом, можно говорить о чувствительности механизма износа к малым неконтролируемым изменениям при данной схеме испытаний. Поэтому в трибологических испытаниях решающее значение имеет выбор правильной схемы испытаний

2. Материалы, оборудование и методики эксперимента

2.1. Оборудование, использованное в работе

В работе использовано оборудование Нано-Центра ТПУ. Морфологические и структурные характеристики порошка были изучены методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, лазерной дифракции, БЭТ и рентгенофазового анализа.

Простейшим аппаратом для измельчения является шаровая мельница, которая представляет собой стальной цилиндрический барабан, внутри которого находятся размольные тела, чаще всего стальные или твердосплавные шары. При вращении мельницы размольные тела поднимаются с барабаном (вследствие трения о его стенки) в направлении вращения до тех пор, пока угол подъема не превысит угол естественного откоса. Затем размольные тела скатываются или падают вниз, измельчают материал, истирая его между внутренней поверхностью барабана мельницы и внешней поверхностью шарового сегмента либо между шарами, либо дробя материал ударами [18].

Для определения фазового состава, типа кристаллической решетки и определения областей когерентного рассеяния (ОКР) используются методы рентгенофазового анализа.

Область когерентного рассеяния – это характерная область кристалла, рассеивающая рентгеновское излучение с постоянной разностью фаз, независимо от других аналогичных областей. Для оценки размеров зерен размер ОКР отождествляют со средним размером кристаллитов. Размер ОКР, как правило, на 10-15% ниже результатов определения размера малых зерен с помощью электронной микроскопии, что обуславливается соответствием ОКР внутренней упорядоченности зерна и не включает сильно искаженные и аморфные границы кристаллитов [19,20].

Рентгеновский дифрактометр – прибор для измерения интенсивности и направления рентгеновского излучения, дифрагированного на кристаллическом объекте. Рентгеновский дифрактометр применяется для

решения различных задач рентгеновского структурного анализа. Он позволяет измерять интенсивности дифрагированного в заданном направлении излучения с точностью до десятых долей процента и углы дифракции с точностью до десятых долей минуты. С помощью рентгеновского дифрактометра можно проводить фазовый анализ поликристаллических объектов и производить исследование текстур, ориентировку монокристалльных блоков, получать полный набор интенсивностей отражений от монокристалла, исследовать структуру веществ при различных внешних условиях [21,22].

Рентгенофазовый анализ керамических и композитных нанопорошков, проводился на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000S, изображенном на рисунке 2.1.



Рис.2.1. Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S

Для определения гранулометрического состава порошка, элементного состава и формы частиц в работе использовались сканирующий и просвечивающий электронные микроскопы фирмы JEOL.

Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (СЭМ) – прибор, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 1 нанометра) пространственным разрешением, также

информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв.

Метод основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом[23]. Используемый метод заключается в сканировании поверхности образца максимально сфокусированным электронным пучком с одновременной регистрацией возбужденного этим пучком излучения. В качестве такого излучения чаще всего используют низкоэнергетические (до 50 эВ) вторичные электроны. Вторичные электроны генерируются материалом образца при релаксации, вызванного облучением возбуждения внешних электронных оболочек. Это позволяет наблюдать рельеф поверхности исследуемого образца [23].

Сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA используемый в работе изображен на рисе 2.2.



Рис.2.2. Сканирующий электронный микроскоп JSM-7500FA с микроанализатором EDS

Для анализа нанопорошка W в работе использовали просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100F, оснащённый электронной пушкой с полевой эмиссией катода (FEG) (Рисунок 2.3), которая генерирует пучок высокой яркости (в сто раз ярче, чем с катодом из гексаборида лантана - LaB₆) и намного стабильнее. Микроскоп JEM-2100F объединяет множество дополнительных функций, таких как высокочувствительное сканирование электронным пучком (STEM), энергодисперсионный спектрометр

рентгеновского излучения, обеспечивающих простой способ сбора целого комплекса данных. Все функции основного блока, включая управление и отображение информации, автоматизированы, что значительно повышает удобство использования. Система энергодисперсионного спектрометра использует детектор, чувствительный в области низких энергий.



Рис.2.3. Просвечивающий электронный микроскоп с термополевой эмиссией катода JEM-2100F

Для определения микротвердости полученных композитных образцов в работе использовался микротвердомер ПМТ-3М, изображенный на рисунке 2.4.



Рис. 2.4. Микротвердомер ПМТ-3М

Стандартизированным методом измерения твердости материалов является методом Виккерса. Принцип метода заключается во вдавливании в исследуемый материал четырехгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями.

Твердость вычисляется путём деления нагрузки на площадь поверхности полученного пирамидального отпечатка, по формуле 2.1:

$$HV = \frac{P}{M} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = k \frac{P}{d^2} \quad (2.1)$$

где α – угол при вершине алмазной пирамиды, P – нагрузка, M – площадь поверхности пирамидального отпечатка, d – диагональ отпечатка, k – коэффициент, зависящий от формы индентора и для пирамидки Виккерса равный 1,854.

Твёрдость по Виккерсу во всех случаях обозначается буквами HV без указания размерности.

Преимущества метода Виккерса по сравнению с другим методами заключается в том, что методом Виккерса можно испытывать материалы высокой твердости из-за применения алмазной пирамиды [24].

Трибологические характеристики алюминиевых композитов определяли на оборудовании ТПУ. Измерение проводили на трибометре Pin-

On-Disc фирмы «TRIBOtechnic», изображение представлено на рисунке 2.5, по методике «шар на диске» (шар-плоскость). К числу трибологических характеристик относятся коэффициент трения f , характеризующий антифрикционность испытываемого сочетания материалов образцов и интенсивность изнашивания J .



Рис. 2.5. Трибометр Pin-On-Disc

На рисунке 2.6 изображён процесс исследования износостойкости на высокотемпературном трибометре. Образец, который имеет плоскую поверхность, закрепляется на вращающемся столе. Проводится настройка держателя. Устанавливается груз. Запускаем прибор и образец начинает вращаться. На образец наносится трек.

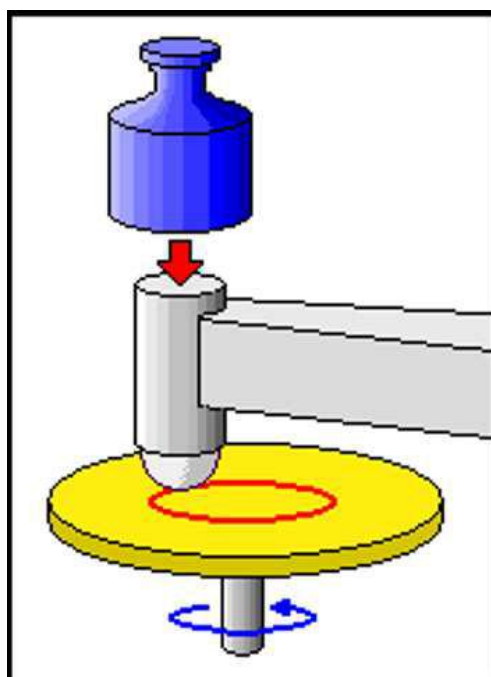


Рис. 2.7. Процесс исследования износостойкости

В качестве тел трения использовались диски диаметром 30 мм и высотой 4 мм, материал – сталь. Контртелом служил шар диаметром 2 мм из сплава ВК(ванадий кремний).

Таблица 2.1

Параметры испытания на трибометре

Радиус трека	Скорость вращения диска	Нагрузка	Длина скольжения	Температура измерения	Среда
2 мм	25 мм/с	5Н	40м	25°С	Air

Для анализа размеров частиц методом лазерной дифракции в работе был использован лазерный анализатор размеров частиц SALD 7101, Shimadzu, Япония, изображенный на рисунке 2.7.

Метод лазерной дифракции позволяет определить размерные характеристики частиц порошка с широким распределением по размерам (от 1 нм до 100 мкм). Время измерение составляет несколько минут.

Однако, не смотря на достоинства метода, он обладает рядом недостатков:

- Зависимость результата от адекватности математической модели, положенной в основу корреляционного анализа.
- Сложность подбора в ряде случаев дисперсионной среды.
- Агломерация частиц в исследуемых суспензиях, которая приводит к тому, что оценивается не распределение частиц по размерам, а распределение агломератов частиц по размерам.



Рис. 2.7. Лазерный анализатор размеров частиц SALD 7101

Методика измерения заключается в следующем: лазерный пучок освещает кювету, через которую прокачивается суспензия частиц. Рассеянное частицами, излучение регистрируется под разными углами с помощью многоэлементного детектора – фотодиодной матрицы. По измеренной таким образом зависимости интенсивности рассеянного света от угла рассеяния осуществляется расчёт распределения по размерам частиц. Суспензия частиц создаётся введением исследуемого объекта (в виде порошка, суспензии или эмульсии) в заполненную жидкостью камеру центробежного насоса, где в условиях воздействия ультразвука осуществляется тщательное перемешивание. Пропущенная через кювету суспензия вновь поступает в камеру насоса. За время измерения все частицы многократно проходят через световой пучок [25].

Для определения удельной поверхности исследуемых в работе порошков был использован БЭТ-анализатор Sorbi, МЕТА, Россия, изображенный на рисунке 2.8.

БЭТ-анализатор прибор - предназначенный для измерения удельной поверхности дисперсных пористых материалов одноточечным и многоточечным методами БЭТ.

Метод БЭТ - метод математического описания физической адсорбции, основанный на теории полимолекулярной (многослойной) адсорбции.

Прибор позволяет измерять удельную поверхность дисперсных материалов достаточно быстро, точно и с высокой достоверностью результатов, так же он позволяет измерять текстурные характеристики дисперсных и пористых материалов методом низкотемпературной адсорбции газа.



Рис. 2.8.БЭТ-анализатор Sorbi

БЭТ-анализатор имеет возможность измерения высоко пылящих нанопорошков с размером частиц от 10 нанометров. Динамический метод определения текстурных характеристик материалов обеспечивает высокую скорость измерения.

Управление прибором происходит при помощи персонального компьютера.

Обработка результатов анализа производится автоматически. Отображения хода процесса адсорбции или десорбции выводится на монитор компьютера в реальном времени, в графическом виде.

БЭТ-анализатор применяется как средство контроля текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе

наноматериалов, при их производстве, для контроля качества, сертификации и паспортизации продукции, в научных исследованиях[26].

2.2 Материалы исследования

Материалами исследования является металлматричный композит АМг6-В4С-W с различными массовыми долями компонентов. Металломатричные композиты такого состава способны проявлять стабильность по основным физико-механическим и эксплуатационным свойствам при облучении их потоками электронов, что свидетельствует о возможности применения этих композитов в качестве радиационно-защитных материалов.

Для изготовления радиационно-защитного композита были выбраны порошок алюминиевого сплава АМг6 в качестве несущего механическую нагрузку материала матрицы, ультрадисперсный порошок карбида бора в качестве нейтронозащитного наполнителя и нанопорошок вольфрама в качестве дисперсного наполнителя для поглощения гамма и рентгеновского излучения.

Порошок АМг6

Для выплавки АМг6 подготавливают шихту и затем производят ее плавку. Загрузка шихтовых материалов в печь при приготовлении деформируемых алюминиевых сплавов должна производиться в соответствии с общими правилами и учетом наименьших потерь металла при плавке в виде угара и минимального загрязнения сплава неметаллическими включениями. Наиболее рациональным в этом отношении является следующий порядок загрузки шихты. Сначала в печь загружают чушковый первичный алюминий, потом бракованные слитки, затем отходы первого сорта и рафинированный переплав, затем лигатуры. Медь может быть введена в расплав как в виде алюминиевомедной лигатуры, так и в виде электролитической меди и отходов.

Температура расплава перед введением меди должна быть в пределах 710 - 750°C. Легкоокисляющиеся металлы (магний, цинк) вводятся в расплав

в чистом виде после полного расплавления всей шихты при температуре расплава 660 - 720°C.

Магний вводят в расплав с помощью колокольчика (дырчатой коробки), а цинк - погружают в расплав ложкой.

Перед введением легкоокисляющихся металлов расплав очищают от шлака.

Для обеспечения более равномерного распределения легирующих компонентов после введения каждого из них расплав тщательно перемешивают[27].

Сканирующая электронная микроскопия показала, что коммерческий порошок алюмомagneзиевого сплава АМг6 состоит из частиц формой, близкой к сферической, с широким (до 2 порядков величины) разбросом по их размерам (рисунок 2.9). Элементный состав сплава определен с помощью энергодисперсионного анализа (рисунок 2.10).

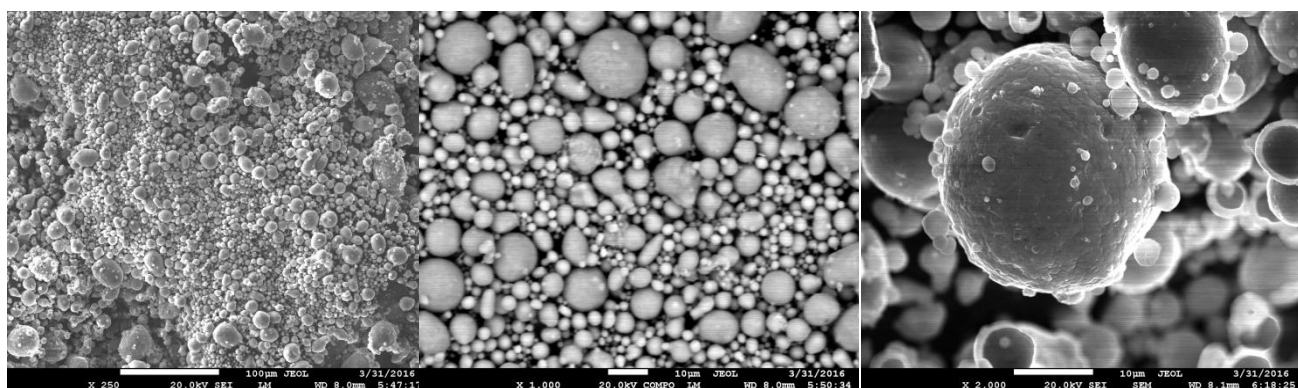


Рис. 2.9. СЭМ – изображение порошка АМг6

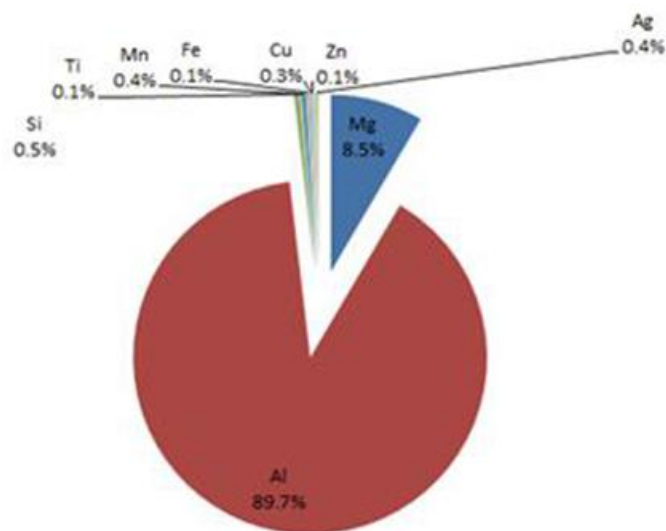


Рис. 2.10. Элементный состав сплава АМг6 по данным EDS.

Данные РФА показали, что порошок АМг6 содержит только кубическую фазу $Mg_{0.05}Al_{0.95}$, параметр решетки $a = 4.0646 \text{ \AA}$, посторонних примесей не обнаружено (рисунок 2.11).

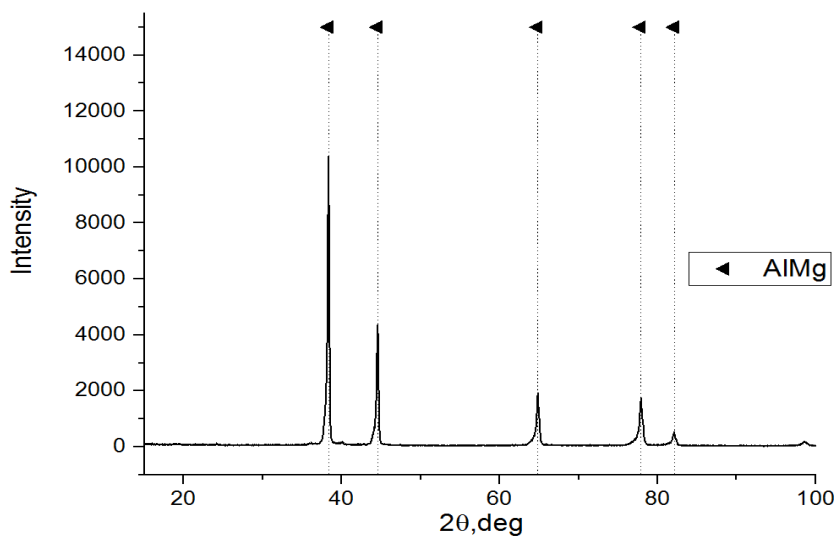


Рис. 2.11. Рентгенограмма порошка АМг6

Общая удельная поверхность, определенная по БЭТ-анализу составляет $0.35 \pm 0.02 \text{ м}^2/\text{г}$.

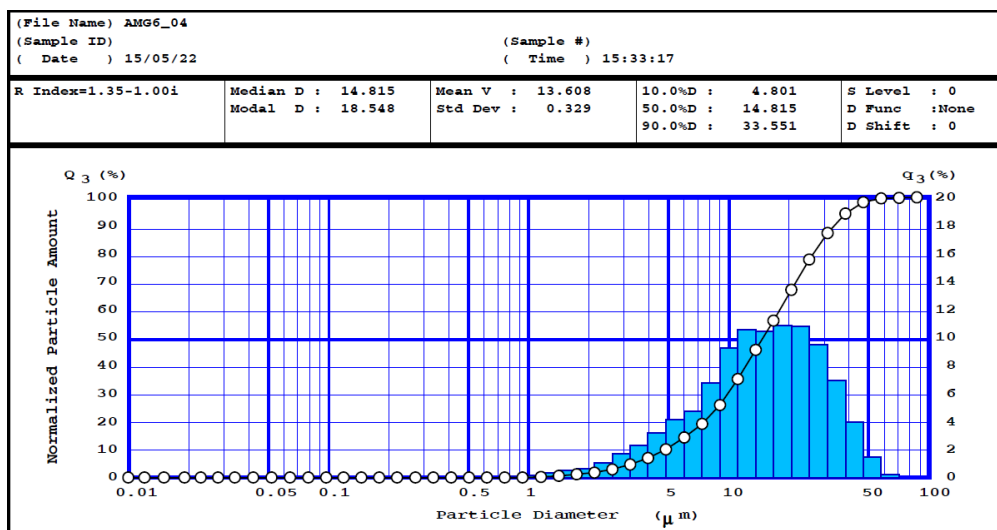


Рис. 2.12. Гранулометрический состав порошка АМГб

По данным лазерной дифракции порошка АМГб мы можем судить о том, что средний размер частиц: до 10% составляет 4.801 мкм; до 50% составляет 14,815 мкм; до 90% составляет 33,551 мкм.

Сопоставление результатов ЛД и БЭТ-анализа указывает на слабую (не более 2) степень агломерации порошка.

Порошок B_4C

Порошок карбида бора производства ООО «ОКБ-БОР» (г. Дзержинск) имеет близкую к равноосной форму частиц с широким (до 2 порядков величины) разбросом по размеру (рисунок 2.13).

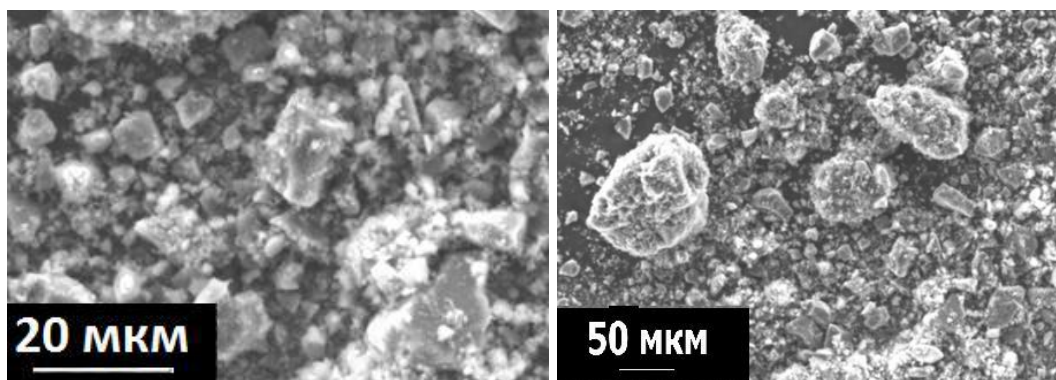


Рис. 2.13. СЭМ – изображение порошка B_4C

Рентгенофазовый анализ показал наличие в порошке 98% фазы $B_{13}C_2$, параметры решетки, $a=5.617\text{\AA}$ и $b=12.1171\text{\AA}$. Кроме того, было обнаружено

присутствие свободного углерода, параметр решетки $a=2.47\text{\AA}$ и $b =6.85\text{\AA}$ (рисунок 2.14).

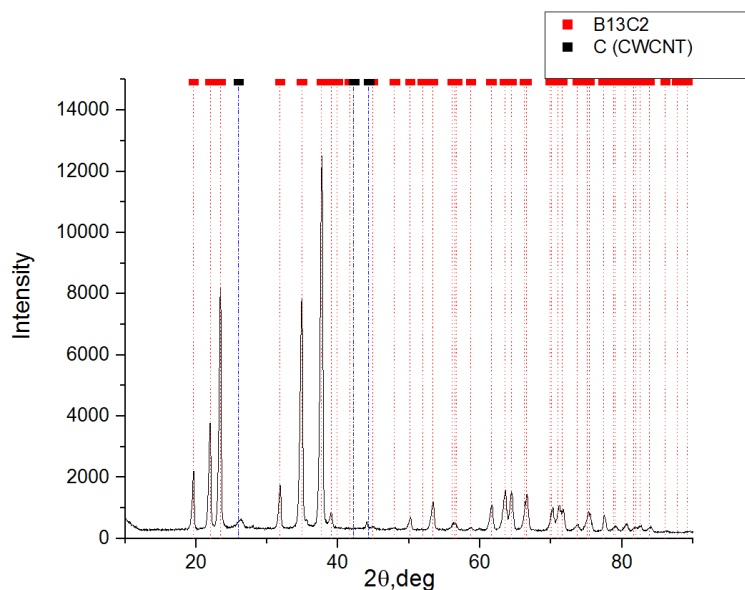


Рис.2.14. Рентгенограмма порошка B_4C

Общая удельная поверхность, определенная по БЭТ-анализу составляет $8.63 \pm 0.07 \text{ м}^2/\text{г}$.

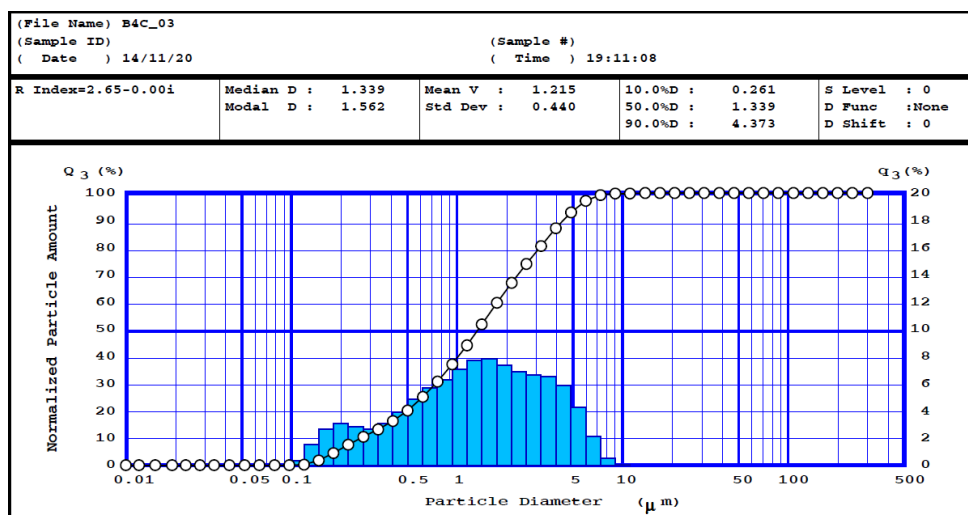


Рис. 2.15. Гранулометрический состав порошка B_4C

По данным лазерной дифракции порошка B_4C мы можем увидеть, что средний размер частиц: до 10% составляет 0,261 мкм; до 50% составляет 1,339 мкм; до 90% составляет 4,373 мкм (рисунок 2.15).

Результаты ЛД и БЭТ показали среднюю (не более 5) степень агломерации ультрадисперсной фракции порошка.

Элементный состав порошка W_4C , полученный методом энергодисперсионного анализа представлен на рисунке 2.16.

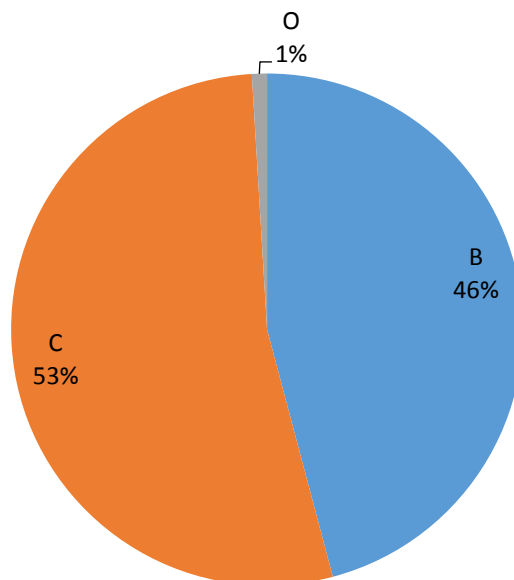


Рис. 2.16. Элементный состав порошка W_4C по данным EDS.

Порошок W

Наноразмерный порошок вольфрама был получен в ТПУ методом электрического взрыва проволоки из вольфрама. Суть метода заключается в том, что в реактор между электродами помещают проволоку металла (вольфрама) диаметром 0,1...1,0мм, далее на электроды подают импульс тока большой силы ($10^4...10^6$ А/см²), при этом происходит мгновенный разогрев и испарение проволок, пары металла разлетаются, охлаждаются и конденсируются. Процесс идет в атмосфере гелия и аргона. Процесс сопровождается потерей электропроводности проволоки, яркой вспышкой света, диспергированием металла и ударной волной, формирующейся в окружающем проводник газе.

Исследование порошков методами электронной микроскопии показало, что частицы порошка имеют сферическую форму и широкое (2,5 порядка

величины) мультимодальное распределение по размерам (рисунок 2.17). Кроме того, выявлено, что порошок W имеет оксидный слой (рисунок 2.17 в,г).

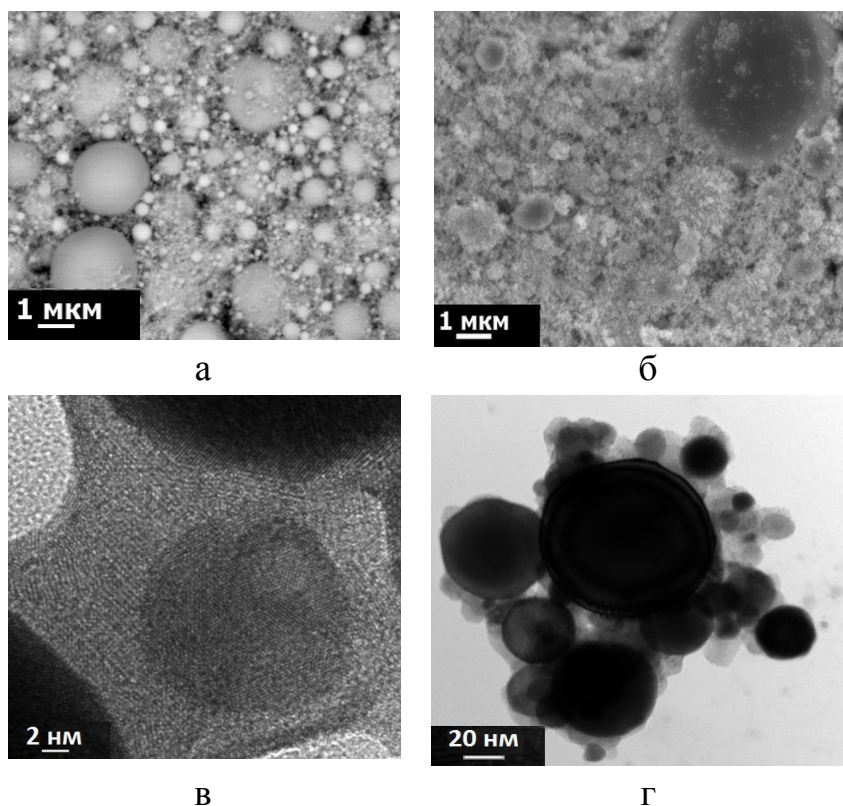


Рис. 2.17. Изображение порошка W полученное методами сканирующей (а, б) и просвечивающей электронной микроскопии. (в, г).

По данным рентгенофазового анализа посторонних примесей не обнаружено (рисунок 2.18). Фазовый состав порошка представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Фазовый состав порошка W

Фаза	Содержание, %	ОКР, нм	Напряжение	Параметры решетки, Å	Структура
W(PM3- N)_#52344	37,28	46.23	0.000427	5,0522	кубическая
W(IM3- M)_#44323	62,72	94.63	0.000109	3,1656	кубическая

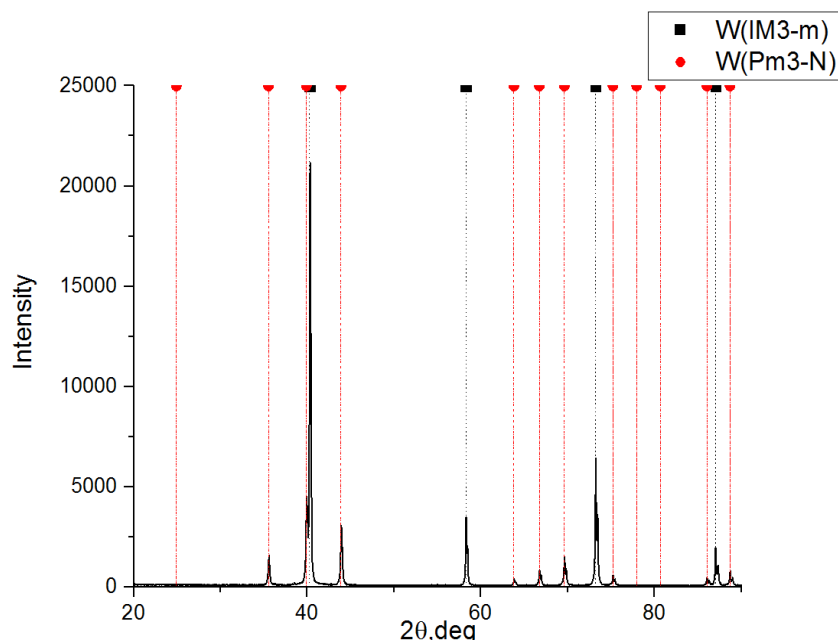


Рис. 2.18. Рентгенограмма порошка W

Общая удельная поверхность, определенная по БЭТ-анализу составляет $2.70 \pm 0.02 \text{ м}^2/\text{Г}$.

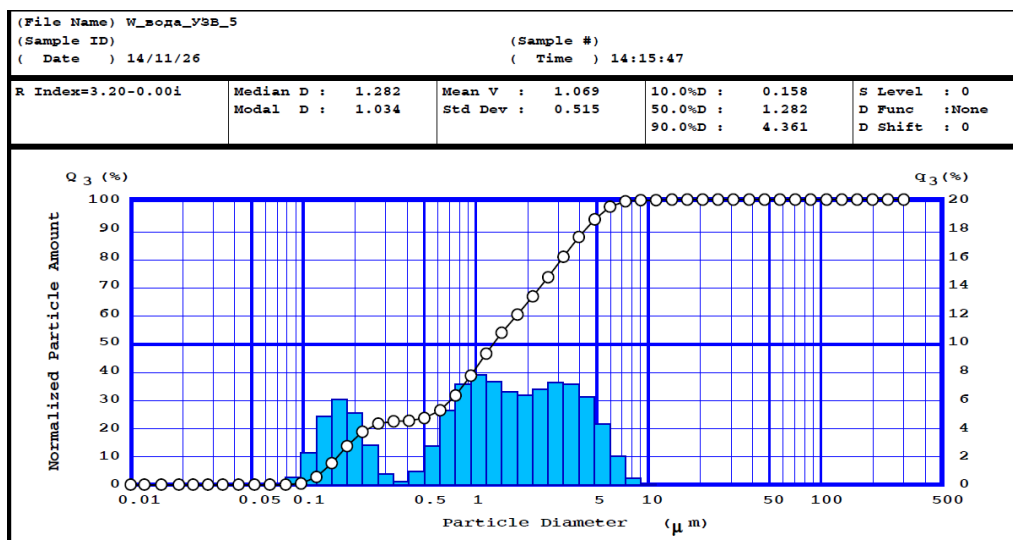


Рис. 2.19. Гранулометрический состав порошка W

По данным лазерной дифракции порошка W мы можем увидеть, что средний размер частиц: до 10% составляет 0,158 мкм; до 50% составляет 1,282 мкм; до 90% составляет 4,361 мкм (рисунок 2.19).

Результаты ЛД и БЭТ-анализа указывает на существенную (до 9) степень агломерации частиц порошка W.

Близкая к сферической и равноосная форма частиц используемых порошков, позволяет построить модель упаковки их частиц и оптимизировать соотношение компонентов смеси в модельных экспериментах по величинам среднего числа межчастичных контактов (координационное число N_c) и плотности их упаковки. Соотношение компонентов смеси, оптимальное по критерию максимума плотности упаковки всех частиц, имеет состав смеси **3 AMг6 – 74%; B4C – 6%; W – 20%**. Для частиц такого матричного сплава парциальное координационное число лежит в диапазоне от 3 (в свободно насыпанном состоянии) до 4 (после деформации частиц пластичных материалов), а парциальная плотность упаковки его частиц составляет от 43% до 67%. Образование непрерывной матрицы с увеличением индивидуального (парциального) координационного числа с 1,78 до 4,29 обеспечивается увеличением содержания порошка сплава на 9 масс. %. Полагая, что материал матрицы является единственным компонентом консолидированной смеси, способным нести механические нагрузки, а также условно принимая простейшую прямую зависимость прочности пористого материала от его плотности, можно заключить, что при этом прочность композита может быть повышена не менее чем в 2,5 раза. Для обеспечения аналогичных прочностных характеристик без существенного уменьшения содержания дисперсных наполнителей необходимо использовать более тонкодисперсный порошок карбида бора с частицами, способными эффективно заполнить пространство между плотно упакованными частицами матричного сплава [27]:

Состав смеси 4 AMг6 – 70%; B4C -12%; W – 18% был использован в работах коллектива центра «Радиозащита» при ОАО «ИМЦ Концерна «Вега» [28].

Кроме того, была изготовлена смесь 1, того же состава, что и смесь 2, но в качестве размольных тел использовались стальные шары. Смеси 2, 3 и 4 изготовлены с использованием корундовых мелющих тел. Аттестация смесей

1 и 2 не выявили различия между ними, поэтому для дальнейшего исследования использовали смесь 2.

Сухое смешивание порошковых компонентов АМг6-В₄С-W с выбранным массовым содержанием: 2 смесь 65-15-20 масс. %, 3 смесь 74-6-20 масс. %, 4 смесь 70-12-18 масс. %, проводили в шаровой мельнице с мелющими телами из корунда в течение 5 часов[29].

Для каждой смеси была подсчитана теоретическая плотность в зависимости от плотности компонентов смеси и их процентного содержания в ней (Таблица 2.3).

Таблица 2.3

Характеризация составов смесей АМг6-В₄С-W

Смесь 1/2			
Компонент	Плотность, г/см ³	Содержание, %	Плотность смеси, г/см ³
АМг6	2,599	65	3,125
В ₄ С	2,52	15	
W	19,25	20	
Смесь 3			
АМг6	2,599	74	3,136
В ₄ С	2,52	6	
W	19,25	20	
Смесь 4			
АМг6	2,599	70	3,065
В ₄ С	2,52	12	
W	19,25	18	

Полученную композитную смесь порошков подвергали консолидации методом искрового плазменного спекания (SPS) в цилиндрической пресс-форме а также, в качестве альтернативного метода компактирования, использовали метод холодного статического прессования в закрытых пресс-формах с приложением ультразвука и без него.

2.3 Методы получения композиционных материалов

2.3.1 Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах

Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах [30] является относительно простым по технологической реализации и универсальным для прессования изделий различной формы из порошков любых составов, позволяющим реализовать многоместную схему прессования в условиях массового производства. Поэтому метод достаточно широко распространен. На рисунке 2.22 представлена типичная схема холодного прессования.

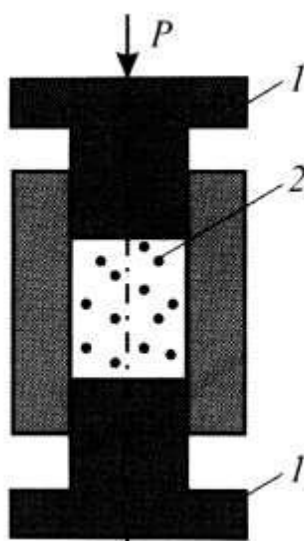


Рис. 2.22. Холодное прессование: 1 – пуансон, 2 – порошок [30]

Недостатки всех модификаций этого способа связаны с неравномерным распределением свойств формуемого изделия по объёму. Трение прессуемого материала о стенки пресс-формы приводит к анизотропии и неравномерности свойств изделия в различных направлениях, что может являться источником макродефектов в спекаемых изделиях.

Уплотнение порошкового тела в процессе такого прессования может описываться уравнениями логарифмического, степенного или экспоненциального вида, в зависимости от используемых моделей уплотнения – континуальных, дискретных, моделей конечных или граничных элементов.

Уменьшить влияние сил трения в порошке можно применением смазок и пластификаторов. Применение пластификаторов значительно улучшает равномерность изделия и увеличивает срок службы прессформ, однако является источником загрязнения материала или остаточной пористости при спекании, усложняет технологию производства [31].

Причиной возникновения перепада плотности прессовок по высоте являются потери усилия прессования на преодоление сил пристенного трения, которые весьма существенны для нанопорошков с развитой удельной поверхностью (порядка 10–100 м²/г).

Эффективным способом, позволяющим снизить силы трения без внесения посторонних веществ в прессуемый материал, является применение колебаний [32].

2.3.2 Ультразвуковое квазирезонансное прессование

Многообразие сфер применения ультразвука, при которых используют различные его особенности, можно условно разбить на три направления. Первое связано с получением информации посредством ультразвуковых волн, второе – с активным воздействием на вещество и третье – с обработкой и передачей сигналов [33]. При каждом конкретном применении используются колебания определённого частотного диапазона. В случае применения ультразвуковых колебаний в практике производства изделий из порошковых материалов могут использоваться все перечисленные направления. Важным вопросом является изучение влияния ультразвукового воздействия на вещество в твёрдом состоянии.

Основной причиной, влияющей на неравномерное распределение плотности по объёму порошкового изделия, прессуемого в закрытой жёсткой пресс-форме, являются процессы трения. При компактировании нанопорошков, имеющих большую удельную поверхность, эффекты трения проявляются в значительно большей степени, чем для крупнодисперсных порошков. Равномерность распределения плотности вдоль оси прессования определяется в основном процессами пристенного трения, а способность

порошка перемещаться в ортогональном оси прессования направлении определяется коэффициентом гидростатичности ζ который, в свою очередь, зависит от пластичности частиц порошка и процессов межчастичного трения. Добиться удовлетворительной равномерности распределения плотности по объёму формуемого порошкового тела можно, если исключить влияние процессов пристенного трения[30].

Обычно эта задача решается путём прессования с пластификаторами и связками или в условиях пластического течения при повышенных температурах, но в этих случаях необходимы стадии удаления примесных компонентов в процессе спекания и использование дополнительного оборудования и дорогих недолговечных пресс-форм для горячего прессования. Для решения проблемы разрабатываются два метода компактирования сухих поли- и нанодисперсных порошков, позволяющих прессовать компакты сложной формы с равномерным распределением плотности по объёму: метод прессования под мощным УЗ- воздействием (УЗВ – powerful ultrasound action, PUA) и метод «коллекторного прессования».

Снизить степень негативного влияния пристенного трения без использования примесных пластификаторов возможно механическими УЗ-колебаниями формообразующих поверхностей пресс-формы достаточной интенсивности, когда в паре трения «стенка-прессовка» будет возникать периодический отрыв поверхностей, и силы трения будут действовать только в моменты их соприкосновения[30].

Коэффициент пристенного трения, таким образом, будет снижен пропорционально отношению периодов времени отрыва и контактирования. За счёт такого воздействия возможно также уменьшить силы трения между НЧ, что важно для повышения плотности их упаковки.

Кроме того, мощное УЗВ является способом деагломерации и механоактивации наночастиц в процессе компактирования непосредственно перед спеканием.

В экспериментах по УЗ-компактированию фиксированная навеска исследуемого порошка 4 загружается в полость матрицы 1 ультразвуковой пресс-формы (рисунок 2.23). Для сохранения исходной чистоты порошков пластификаторы и смазки не применяются. Осуществляется плавная передача усилия прессования P порошковому телу 4 с одновременной передачей в зону прессования УЗ-колебаний от магнитострикционного преобразователя 6 через концентратор 5. Текущее давление оценивается по шкале манометра пресса с определённой точностью и шагом регистрации. Величина давления в поршне пресса пересчитывается в значение давления прессования. По окончании прессования производится плавное снижение давления, разборка пресс-формы и извлечение полученного компакта.

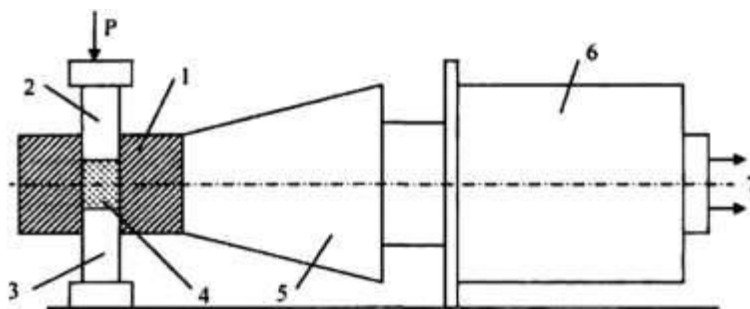


Рис. 2. 23. Установка для сухого прессования порошков под УЗ-воздействием:

1 – матрица с пуансонами (2,3), 4 – порошок, 5 –УЗ-концентратор, 6 – магнитострикционный преобразователь с резонансной частотой 21 кГц, соединённый с 7 – УЗ-генератором [34].

УЗВ осуществляется на протяжении всего процесса уплотнения. Уровень УЗВ контролируется измерением электрической мощности W , подводимой к УЗ-преобразователю. Контрольные образцы прессовок ($W=0$ кВт) изготавливаются в тех же условиях и оснастке.

Для определения оптимальных режимов УЗ-компактирования на последующих стадиях экспериментов исследуются эксплуатационные характеристики изделий. Стандартными методами определяются плотность изделия и распределение пор по размерам, зернистость, прочностные

характеристики, микротвёрдость и трещиностойкость, кристаллическая структура и фазовый состав.

Ультразвуковое воздействие на прессуемые сухие порошки эффективно снижает силы внутреннего (межчастичного) трения и при оптимальной амплитуде УЗ-волны способствует равномерному уплотнению нано- и полидисперсных порошков в отсутствие каких-либо пластификаторов [35].

2.3.3 Спекание в разряде плазмы (метод SPS)

В настоящее время интенсивно развиваются электроимпульсные методы спекания порошков, их принцип заключается в совместном воздействии на порошковый материал кратковременным (10^{-3} – 10^{-5} сек) мощным электрическим разрядом между двумя электродами (энергия в разряде 1–100 кДж) и механическим давлением. Материал в зоне воздействия разогревается до очень высоких температур вплоть до плазменного состояния [30].

При импульсном облучении плотным пучком электронов в неметаллических материалах возникают высокие плотности электронов и дырки в макроскопически большом объёме диэлектрика может генерироваться электронно-дырочная плазма. Свойства неметаллических материалов при средних и высоких плотностях ионизации, плазмы, создаваемой электрическим разрядом, существенно изменяются. Материал в зоне воздействия разогревается до очень высоких температур (плазменное состояние).

Схематическая модель установки спекания в разряде плазмы представлена на рисунке 2.24. В аппарате для обеспечения хорошего электрического контакта устанавливается графитовый слой. Графитовая пресс форма закрывается керамической ватой для обеспечения термической изоляции [36].

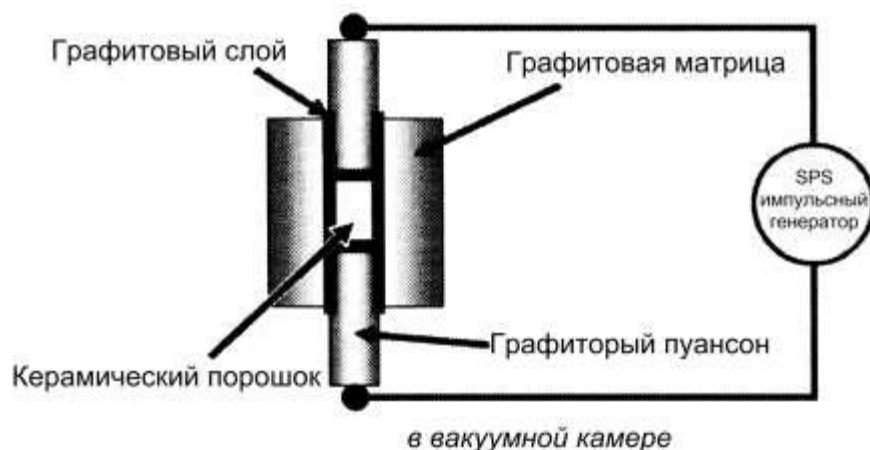


Рис. 2.24. Схематическая модель SPS аппарата [36]

Спекания образцов композитных материалов проводилось на установке искрового плазменного спекания SPS-515S, Sumitomo, Япония, изображенная на рисунке 2.25.

Данная установка спекания в плазме искрового разряда имеет следующие характеристики: усилие прессования до 5 тонн, рабочий ток 1 кА. Позволяет проводить спекания при температуре до 2200°C.

Изготовление образцов керамики методом спекания в плазме искрового разряда происходит следующим образом [37]:

- Отбирается необходимая масса порошка спекаемого материала и засыпается пресс-форму, полость которой проложена графитовой бумагой для избегания припекания порошка к стенкам пресс-формы.
- Пресс-форма помещается в камеру установки SPS.
- Устанавливается требуемый режим спекания, производится запуск установки.
- После спекания, пресс-форма охлаждается.
- Образец извлекается из пресс-формы.



Рис. 2.25. Установка спекания в плазме искрового разряда SPS-515S.

Консолидация порошков проводилась методом искрового плазменного спекания, на установке SPS-515S, Sumitomo (Япония).

2.4 Импульсная электронно-пучковая установка «СОЛО»

В ИСЭ СО РАН (г. Томск) создана импульсная электронно-пучковая установка, с электронным источником на основе импульсного дугового разряда низкого давления с сеточной стабилизацией границы катодной плазмы и открытой границей анодной плазмы, позволяющая генерировать электронный пучок с током до 300 А, энергией электронов до 25 кэВ, длительностью импульса 20—200 мкс, плотностью энергии в импульсе до 80 Дж/см², частотой следования импульсов до 15 с⁻¹[38]. Все параметры данной установки, получившей название «СОЛО», можно регулировать плавно и независимо друг от друга. Использование ускоряющего напряжения до 25 кВ (при толщине стальных стенок рабочей камеры ≥ 5 мм) не требует наличия дополнительной радиационной защиты.

В состав установки входят: импульсный электронный источник на основе плазменного катода с сеточной стабилизацией плазменной границы, вакуумная камера прямоугольной формы со смотровым окном из свинцового стекла и двухкоординатным столом-манипулятором, блоки питания электронного источника, система управления установкой на основе

персонального компьютера и работающих под его управлением блоков на основе микроконтроллеров, система газового питания, система диагностики параметров электронного источника и электронного пучка[39].

Основные технические характеристики установки «СОЛО»:

1. Размеры установки - 1350 x 2150 x 2000 мм;
2. Размеры рабочей вакуумной камеры - 600 x 500 x 400 мм;
3. Амплитуда тока электронного пучка - 20-300 А;
4. Энергия электронов - 5-25 кэВ;
5. Длительность импульса тока электронного пучка - 20-200 мкс;
6. Частота следования импульсов - 0,3-15 с⁻¹;
7. Рабочее давление - 0,01-0,05 Па;
8. Рабочий газ - Ar, N₂;
9. Диаметр отпечатка (зона поверхностного оплавления) — 2—5 см;
10. Размер области сканирования манипулятором - 200x200 мм.

Общий вид установки «СОЛО» приведен на Рис. 2.26.

Конструктивно установка состоит из трех модулей:

1) Стойка управления и контроля, включающая управляющий компьютер (ПК), контроллеры вакуумной системы, системы газового питания и контроллеры манипулятора. Работа с управляющей программой ПК возможна как с помощью клавиатуры и манипулятора мышь, так и с использованием сенсорного экрана, при нажатии на соответствующие элементы установки, отображаемые на экране монитора.

2) Блок, включающий вакуумную камеру с системой вакуумной откачки и манипулятором, электронный источник, вертикально установленный на верхней стенке камеры, и накопительные емкости высоковольтного источника ускоряющего напряжения.

3) Стойка с блоками питания импульсного электронного источника. Управление блоками питания возможно как в автономном режиме (с панели контроллера), так и под управлением ПК.

Вакуумная камера откачивается посредством пластинчато-роторного насоса со скоростью откачки 5 л/с и турбомолекулярного насоса со скоростью откачки 500 л/с. Использование турбомолекулярного насоса позволяет стабилизировать скорость откачки системы и значительно снизить поступление паров масла в рабочий объем камеры, что необходимо для устойчивой работы электронного источника[39]. Для контроля за вакуумом в установке используются цифровые вакуумметры на основе термодинамических вакуумных преобразователей ПМТ-2 (вакуумметр АТВ- 2.1) и ионизационных ПМИ-51 (АИВ-51.1), включенные в состав системы управления. Для обеспечения напуска рабочего газа (Ar, N_2) и регулировки его давления используется газовый натекатель типа РРГ-10. На рисунке 2.26. представлен общий вид установки «СОЛО», на рисунке 2.27 представлена блок-схема установки.



Рис. 2.26. Общий вид установки «СОЛО» для импульсной модификации поверхности металлов и сплавов, металлокерамических и керамических материалов электронным пучком[39].

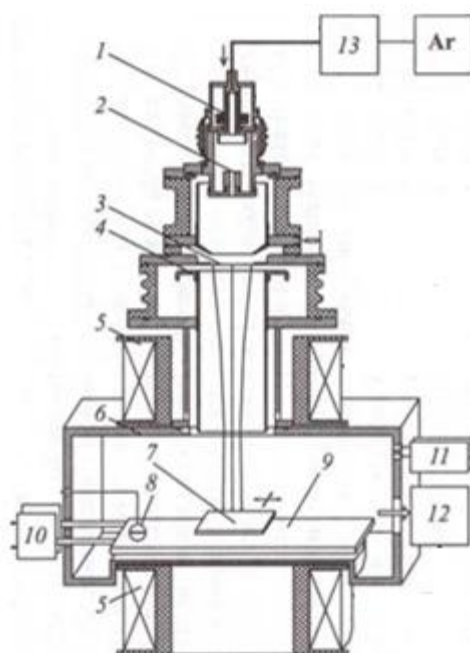


Рис. 27. Блок-схема установки «СОЛО» [39].

Генерация импульсного электронного пучка производится в плазмонаполненном диоде с транспортирующим магнитным полем на основе вакуумной дуги низкого давления, зажигаемой между электродами 2 и 3 с помощью иницирующего разряда, предварительно созданного между электродами 1 и 2. Электроны, извлекаемые через ячейки сетки электрода 3, проходя в трубе дрейфа 4 в транспортирующем магнитном поле (0,03-0,1 Тл), создаваемом соленоидами 5, попадают в вакуумную камеру 6 и на обрабатываемые детали 7. Детали крепятся на столе манипулятора 9 и могут перемещаться при помощи двух шаговых двигателей 10. Откачка рабочей камеры производится вакуумной системой 12. Контроль за давлением в элементах вакуумной системы осуществляется с помощью цифровых вакуумметров 11. Напуск рабочего газа (Ar, N₂) и регулировка давления в рабочей камере в рабочем режиме производится с помощью газового натекателя 13.

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Влияние параметров искрового плазменного спекания на свойства композитных материалов

Для выявления режимов, дающих максимальную плотность при спекании, были проведены предварительные пробные спекания смеси состава 1.

3.2 Влияние ультразвукового компактирования на плотность композиционного материала

Для получения образцов композитных материалов без применения температурного воздействия, использовали метод одноосного прессования в закрытых жестких пресс формах с приложением ультразвука и без него.

3.3 Влияние импульсного электронно-пучкового обработки на свойства композитных материалов

Электронно-пучковую обработку образцов осуществляли на установке «СОЛО» в едином вакуумном цикле, включающем предварительный прогрев образцов до температуры в несколько сотен градусов частотно-импульсным электронным пучком со средней мощностью в сотни ватт и последующую обработку электронным пучком.

3.4 Трибологические свойства композитов

Трибологические исследования композитов проводились на трибометре Pin-On-Disc. Трибологические исследования композитов проводились при постоянных скорости скольжения и нормальной нагрузке.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	Наноматериалов и нанотехнологий
Уровень образования	магистратура	Направление	150100 Материаловедение и технологии материалов

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<p>1. Потенциальные потребители результатов исследования</p> <p>2. Анализ конкурентных технических решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p> <p>3. SWOT-анализ</p> <p>4. Оценка готовности проекта к коммерциализации</p>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<p>Бюджет научно – технического исследования (НТИ)</p> <p>1. Расчет материальных затрат НТИ</p> <p>2. Расчет амортизационных выплат</p> <p>3. Основная заработная плата исполнителей темы</p> <p>4. Отчисления на социальные нужды</p> <p>5. Амортизационные отчисления и затраты на электроэнергию</p> <p>5. Накладные расходы</p> <p>6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</p>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка научно-технического уровня проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Н.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время, все большее распространение в мире получают композиционные материалы конструкционного назначения. Это связано с уникальным сочетанием механических и физических свойств таких материалов.

Кроме того, благодаря этим материалам, можно значительно облегчить вес изготавливаемой конструкции.

Композитные материалы находят применение в ряде отраслей, основными из которых являются: автомобилестроение, аэрокосмическая и электротехническая промышленности. Из них изготавливаются детали двигателей внутреннего сгорания, тормозных систем, элементы транспортных, авиационных и ракетных конструкций.

Потенциальные потребители изготавливаемых мной изделий будут предприятия производящие контейнеры для хранения и транспортировки источников ионизирующего излучения.

Карта сегментирования показана в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Карта сегментирования рынка услуг по изготовлению контейнеров и оптимизации режимов синтеза.

		Традиционное спекание	Горячее прессование	Искровое плазменное спекание
Размер детали	Маленький	//	//	
	Средний			
	Большой			

Компания «Квант» -,компания «ЭКОМЕТ-С»- , компания «РАДОН»

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основными конкурентами в оптимизации режимов изготовления и производстве композиционных материалов являются германская корпорация «JLGoslarGmbH» и российский концерн «ВЕГА».

Таблица 4.2.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	0,2	0,25	0,25
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	4	4	0,25	0,25	0,2
3. Помехоустойчивость	0,01	4	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Энергоэкономичность	0,04	5	4	4	0,25	0,2	0,15
5. Надежность	0,05	5	5	4	0,2	0,25	0,2
6. Уровень шума	0,05	5	4	3	0,2	0,15	0,2
7. Безопасность	0,03	5	5	5	0,25	0,25	0,25
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	5	4	4	0,25	0,2	0,2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,01	4	4	4	0,2	0,2	0,2
10. Простота эксплуатации	0,04	4	5	5	0,2	0,2	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	5	5	4	0,25	0,2	0,25
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	4	5	4	0,2	0,25	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	3	4	4	0,25	0,2	0,2
3. Цена	0,05	5	3	4	0,25	0,25	0,25
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	5	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,02	5	4	4	0,2	0,2	0,2
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	0,2	0,25	0,2
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	92	87	85	4,55	4,2	4,25

K_1 – корпорация «JLGoslarGmbH»; K_2 - концерн «ВЕГА».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (4.1)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

Исходя из таб. 4.2 видно, что такие критерии как помехоустойчивость, энергоэкономичность, уровень проникновения на рынок и потребность в ресурсах памяти выше, чем у конкурентов, тем самым наш проект, является более перспективным. Преимуществом конкурентов перед нашим проектом является простота в эксплуатации.

4.1.3 SWOT-анализ

1. *Сильные стороны.* В настоящей работе, предложено использовать метод искрового плазменного спекания. В отличие от существующих в настоящее время других методов синтеза композитов, предложенный метод является одностадийным, быстрым. За счет относительно короткого времени спекания, в сравнении с традиционными методами, искровое плазменное спекание требует меньших энергозатрат. Так как метод одностадийный требуется меньшее количество людских ресурсов. К работе допускается только квалифицированный персонал

2. *Слабые стороны.* В установке искрового плазменного спекания используются графитовые пресс-формы, которые разрушаются при высоких нагрузках (давлении). Метод ограничен сложностью формы изделий.

3. *Возможности.* Исследование процессов формования в режиме реального времени. Снижение стоимости изделий.

4. *Угроза.* Появление новых конкурентов – производителей с более развитыми технологиями и низкими издержками. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.

Полученные в научной работе результаты могут быть устаревшими при возникновении на рынке материала с лучшим сочетанием цены и свойств.

Таблица 4.3

Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Возможности проекта	B1	-	-	+	-	-	-
	B2	+	-	-	-	+	+

Таблица 4.4

SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>C2. Экологичность технологии.</p> <p>C3. Квалифицированный персонал</p> <p>C4. Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>C5. Исследование процессов формования в режиме реального времени</p> <p>C6. Быстрое спекание.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Разрушение пресс-форм.</p> <p>Сл2..Метод ограничен сложностью формы изделий.</p>
<p>Возможности:</p> <p>B1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>B2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»-</p> <p>Развитая производственная, научная, энергетическая, инфраструктура</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>- Недостаточно широкий круг потребителей</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых конкурентов – производителей с более развитыми технологиями и низкими издержками</p> <p>У2. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>- Сравнительно низкие издержки производства относительно западных аналогов</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>- Нехватка инвестиционных средств, что не позволяет производить продукцию в нужном объеме</p>

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются первичные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Настоящая информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы имеет следующую структуру:

1. Цели и результат проекта. Информация по сторонам заинтересованным в проекте представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Компания «Квант»	Оптимизация режимов спекания и создание высокоплотного композиционного материала для обеспечения защиты от ионизирующих излучений
Сотрудники кафедры НМНТ ТПУ	Проведение эксперимента, апробация новой технологии
Студенты кафедры НМНТ ТПУ	Защита магистерской диссертации, присвоение степени магистра

В таблице 4.5 представлена информация иерархии целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 4.6 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Создание высокоплотного алюмоматричного композиционного материала с добавлением наноразмерного порошка вольфрама и ультрадисперсного порошка карбида бора для обеспечения защиты от ионизирующих излучений
Ожидаемые результаты проекта:	Методика синтеза беспористой структуры композитов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Применимость метода для композиционных материалов
	Высокие механические и радиационно-защитные свойства получаемых материалов (превышающие свойства материалов-конкурентов)
	Облегченные материалы
Критерии приемки	Опытные образцы, обладающие повышенными эксплуатационными свойствами по сравнению с уже имеющимися в мире аналогами

2. Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 4.7).

Таблица 4.7

Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Петюкевич М.С. инженер кафедры НМНТ	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Досеке У.А., магистрант кафедры НМНТ	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

3. Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта включает в себя все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках настоящего проекта.

Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	Финансирование за счет грантов и проектов. Другое финансирование отсутствует
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	23.03.2016г.
3.2.2. Дата завершения проекта	22.06.2017г.
3.3. Прочие ограничения и допущения*	Ограничение времени нахождения в лаборатории

Примечания: К прочим ограничениям могут относиться ограничения на количество ресурсов (например, ограничения по времени использования научного оборудования, времени работы участников проекта), ограничения, связанные с законодательством, окружающей средой и т.д.

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.

Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ (ИСР) - детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. 4.1 представлены ИСР по проекту разработки технологии получения беспористой структуры композитов.

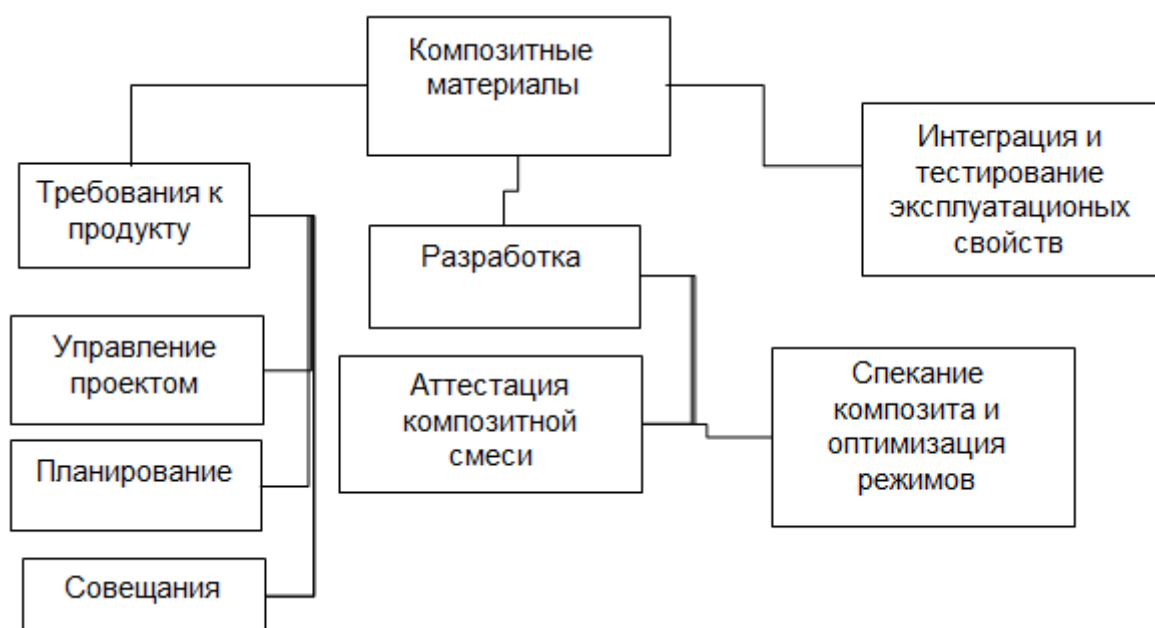


Рисунок 4.1 – ИСР по проекту.

4.3.1 Контрольные события проекта

В рамках планирования проекта, необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Данная информация представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Литературный обзор по теме проекта	15.10.2015	Определены рекомендуемые режимы синтеза композитных материалов методом искрового плазменного спекания
2	Аттестация исходных порошков	20.12.2015	Определены размеры частиц исходных порошков, рассчитана поверхностная площадь частиц, определен стехиометрических состав
3	Аттестация порошков композитной смеси	18.15.2015	Определены размеры частиц исходных порошков, рассчитана поверхностная площадь частиц, определен стехиометрических состав
4	Оптимизация режимов синтеза композитного материала	21.12.2016	Определены оптимальные диапазоны режимов синтеза композитного материала

4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 4.10.

Таблица 4.10

Календарный план проведения проекта

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Требования к продукту	45 дней	01.09.15	15.10.15	Досеке У.А. Петюкевич М.С.
2	Аттестация порошков	30 дней	16.10.15	17.11.15	
3	Аттестация композитной смеси	30 дней	18.11.15	18.12.15	
4	Планирование	7 дней	19.12.15	26.12.15	
5	Совещания	14 дней	21.12.15	28.12.15	
6	Спекание композита	90 дней	01.02.16	01.05.16	
7	Оптимизация режимов	90 дней	06.09.16	21.12.16	
8	Управление проектом	90 дней	01.02.17	01.05.17	
9	Интеграция и тестирование эксплуатационных свойств	30 дней	08.05.17	22.06.17	
	ИТОГО	426 дней			

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

График строится в виде таблицы 4.11, с разбиением по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.11

Календарный план-график проведения проекта

Код работы	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
			сен	окт	ноя	дек	фев	март	апр	май	...			
			2015					2016					2015-2017	
1	Инженер (магистрант)	45	■	■										
2	Инженер (магистрант)	30			■	■								
3	Инженер (магистрант)	30				■	■							
4	Инженер (магистрант)	7					■							
5	Руководитель, инженер	14					■	■					□	
6	Инженер (магистрант)	90						■	■	■				
7	Инженер (магистрант)	90										■	■	
8	Инженер (магистрант)	90											■	
9	Инженер (магистрант)	30											■	

4.3.3 Бюджет научного исследования

Затраты на сырье и материалы определяются по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^n G_i \cdot C_i \quad (4.3)$$

где Z_m – сумма затрат на сырье и материалы, руб.;

G_i – расход i -го компонента, ед.;

C_i – цена i -го компонента, руб./ед.

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12

Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Кол-во, кг(л)	Цена за единицу, руб/кг(л)	Сумма, руб.
AMgb	20	49	980
B ₄ C	10	96	960
W	5	200	1000
Всего за материалы			2940
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			112
Итого по статье C_m			3052

Расчет фонда заработной платы. Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом.

Для инженера 11 разряда по тарифу зарплата составляет $Q_{инж}=9000$ руб/мес, для руководителя (инженера) 15 разряда $Q_{рук}=15000$ руб/мес.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} , \quad (4.4)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M = 4,6$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3.

Для инженера по тарифу зарплата составляет $Q_{\text{инж}} = 6250$ руб./мес., для руководителя (инженер) $Q_{\text{рук}} = 15000$ руб./мес.

$$Z_{\text{м.рук}} = 15000 \cdot 1,3 = 19500 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{м.маг.}} = 6250 \cdot 1,3 = 8125 \text{ руб.}$$

Среднедневная ЗП:

$$Z_{\text{дн.рук.}} = 19500 \cdot 11,2 / 251 = 870 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн. маг.}} = 8125 \cdot 11,2 / 251 = 363 \text{ руб.}$$

Основная ЗП:

$$Z_{\text{осн.рук.}} = 11900 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн. маг.}} = 149556 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Фонд заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель (Инженер)	15000	1,3	19500	850	14	11900
Магистрант (Инженер)	6250	1,3	8125	363	412	149556

Амортизация.

Для реализации проекта использована установка СПС 515S.

Установка использовалась на 6 и 7 этапах реализации проекта, общая продолжительность использования-180 дней.

Первоначальная стоимость установки составляет 2500000 рублей. Таким образом, величина амортизационных отчислений составит:

$$C_A = (2500000 / (10 * 365)) * 180 = 123288 \text{ руб.}$$

Электроэнергия:

$$C_э = 0.5 * 8 * 180 * 4.36 = 3139 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,12$);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Инженер 11 разряда: $Z_{\text{доп}} = 0,12 * 149556 = 17947$ руб.

Руководитель (инженер 15 разряда) $Z_{\text{доп}} = 0,12 * 11900 = 1428$ руб.

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где $k_{\text{внеб}} = 0,27$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = 48824 \text{ руб.}$$

Накладные расходы. В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены

непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов ($k_{\text{накл}}=0,9$).

$$C_{\text{накл}} = 162747 \text{ руб.}$$

В таблице 4.14 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.14

Бюджет проекта

Зарботная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	11900	149556
Дополнительная зарплата	1428	17947
Зарплата исполнителя	13328	167503
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	180831	
Отчисления на соц. Нужны $C_{\text{внеб}}$	48824	
затраты на материалы	3052	
Расходы на электроэнергию	3139	
Амортизация оборудования	123288	
Накладные расходы $C_{\text{накл}}$	162747	
Итого бюджет проекта	521881	

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл. 4.15). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.9)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (4.10)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.15

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения.

ПО к	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Традицио нное спекание	Горячее прессован ия
1. Способствует росту производи- тельности труда пользователя	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	3
3. Энергосбережение	0,20	4	3	3
4. Эффективность	0,25	5	3	4
5. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	4,5	3	3,65

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4БМ5Б	ФИО Досеке Улантай Алибекулы
------------------------	--

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	Наноматериалов и нанотехнологий
Уровень образования	магистратура	Направление	150100 Материаловедение и технологии материалов

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"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Закрытое сухое помещение, с хорошими условиями освещения. В помещении установлены: установка спекания в плазме искрового разряда, рабочий стол, полировальная машина, 4 ПК, где происходит обработка данных и выполнение исследовательских работ. Помещение оснащено вентиляционной системой и имеет естественное освещение.</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"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Исследовательские работы проводятся в помещении с нормальным уровнем освещенности (люминесцентные лампы с суммарным уровнем освещенности не ниже 300 люкс, в соответствии со СНиП 23-50-95). Уровень шума находится в пределах нормы.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>При выполнении работ на установке спекания в плазме искрового разряда, полировальной машине и ПК, возможно короткое замыкание электропроводки (внешняя электропроводка с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке). Для избегания возникновения коротких замыканий, в электрическую цепь установлены автоматические предохранители, разрывающие электрическую цепь. Кроме того в помещении имеется огнетушитель химический порошковый ОП ручной 5 литров. Вся электрическая цепь помещения оснащена заземлительным контуром, выполненным в соответствии ГОСТ 12.1.013-78.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу 	<p>Установка спекания в плазме искрового разряда, ПК и полировальная машина не несут опасных и вредных воздействий на</p>

<p>(выбросы);</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу). Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с ГОСТ 12.2.007.13-88.</p>
<p>4. Особенности законодательного регулирования проектных решений.</p>	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства</p>
<p>5. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется огнетушитель химический порошковый ОП ручной 5 литров.</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • План помещения • План размещения светильников

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы		

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

Научно-исследовательская работа проводилась в лаборатории кафедры наноматериалов и нанотехнологий Национально-Исследовательского Томского политехнического университета. Помещение имеет размеры 8×5×3 м, общей площадью 40м² удовлетворяет требованиям. Пол покрыт плиткой, а стены покрыты водоэмульсионной краской. Потолок побелен. Помещение имеет одно окно, выходящее на юг. Освещение используется естественное и искусственное.

В лаборатории расположено следующее оборудование:

- Установка спекания в плазме искрового разряда (SPS-515S)
- УЗ-генератор (ИЛ 100-6/10);
- Испытательный пресс ИП-500М Авто;
- Испытательный пресс WK18;
- Весы аналитические, с точностью до 0,001 г на рабочем столе;
- 1 вытяжной шкаф;
- Полировальная машина;
- 2 шкафа для хранения инструментов и прессовой оснастки;
- 1 шкаф для хранения нанопорошков;
- 2 рабочих стола;
- 2 раковины;

Схема помещения представлена на рисунке 5.1

Методика проведения экспериментальных работ заключается в синтезе композитных образцов, которые подвергаются полировке и передаются в другие лаборатории для исследования. Обработка экспериментальных данных полученных в ходе спекания производится на ПК.

Источником шума в лаборатории является вытяжной шкаф и установка спекания в плазме искрового разряда.

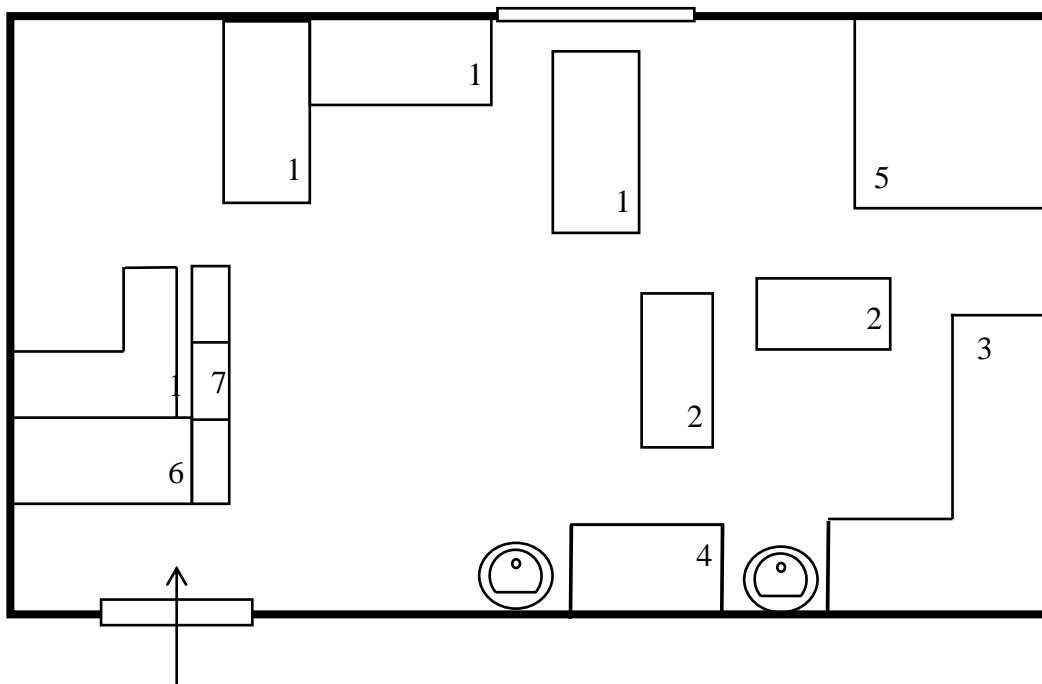


Рисунок 5.1 – Схема лаборатории: 1 – рабочий стол с ПК; 2 – Испытательный пресс; 3 – рабочий стол; 4 – рабочий стол с полировальной машиной; 5 – установка спекания в плазме искрового разряда; 6 – вытяжной шкаф; 7 – Шкафы для хранения сырья и оснастки;

5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды и средства защиты

5.2.1 Микроклимат

Согласно общим санитарным нормам, под микроклиматом производственной среды, подразумевается сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают значительное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, надежность работы.

Работы подразделяется на три категории тяжести, в основе которых лежат общие энергозатраты организма на совершаемую работу. Работа, относящаяся к инженерам – исследователям, относится к категории легких работ Ib. Оптимальные значения микроклимата для этого случая приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Оптимальные показатели микроклимата [40]

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

Помещение, где находится рабочее место работника, отапливается в зимнее время года и соответствует данным нормам.

Помещение и его размеры (площадь, объем) должны соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы [41] устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м² площади помещения и 20 м³ объема воздуха.

Помещение лаборатории имеет следующие параметры:

- длина помещения - 8 м;
- ширина - 5 м;
- высота - 3 м.

Исходя из этих параметров, площадь данного помещения составляет:

$$S = 8 \cdot 5 = 40 \text{ кв.м.};$$

объем:

$$V = 8 \cdot 5 \cdot 3 = 120 \text{ куб.м.}$$

В лаборатории работает 4 человека. Значит, на каждого человека приходится 10 м² рабочей площади и 30 м³ объема воздуха, что удовлетворяет санитарным нормам.

5.2.2 Вредные вещества

В работе используются композиция АМg6-В₄С-W содержащие нанопорошки W, а так же этиловый спирт, ацетон, техническое

масло. Вредными веществами являются пары этилового спирта, ацетона и технического масла.

В соответствии с санитарными нормами [42] предельно допустимые концентрации (ПДК) выявленных вредных веществ составляют:

1. Пары этилового спирта - 200 мг/м^3 ;
2. Пары ацетона - 200 мг/м^3 ;
3. Пары технического масла - 300 мг/м^3 .

Мероприятия по защите человека от воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе, должны обеспечивать концентрацию выявленных вредных веществ не выше указанных значений.

Для защиты от воздействий паров химических веществ необходимо: хранить химические вещества в специальных закрытых контейнерах, имеющих вытяжку на улицу. При работе с летучими химическими веществами необходимо надевать респиратор. При опасности попадания химических веществ на кожу использовать специальную одежду и перчатки. Тщательно проветривать помещение после окончания работы.

При поражении кожи органическими растворителями (ацетон, бензин), обмыть тёплой водой с мылом, наложить повязку из 2% раствора двууглекислой соды или смочить слабым раствором марганцовокислого калия.

Композиция АМg6-В₄С-W является малоопасными веществами. По [43] не классифицируются как опасная продукция. При попадании внутрь организма, порошки вызывают раздражение органов дыхания и слизистые оболочки. Кумулятивными свойствами не обладают.

ПДК используемого порошка:

- АМg6-В₄С-W – 2 мг/м^3 ;

Средства индивидуальной защиты. Специальная одежда по [44] ботинки кожаные по [45], Респираторы газопылезащитные РПГ-67. Хлопчатобумажные перчатки. При высоких концентрациях в воздухе рабочей зоны фильтрующий противогаз марки А.

Средства коллективной защиты – вытяжной шкаф, вентиляция [46,47].

5.2.3 Расчет искусственного освещения

В лаборатории, где проводилась работа, используют искусственное и естественное освещение, поскольку помещение является полуподвальным и имеет одно окно, при площади в 40 м^2 , то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

Правильно спроектированное и выполненное освещение позволяет обеспечить высокий уровень работоспособности, кроме того, оно оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. При выборе типа светильников и ламп следует учитывать такие факторы как: светотехнические требования, экономические показатели и условия среды.

В помещении в качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ОДР. Лампы ОДР (двухламповые, с защитной решеткой) предназначены для помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной влажности и запыленности. Согласно санитарно – гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Работник, часто работает за ПК, при этом, зрение сильно напрягается. По нормам освещения [48] и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется 300 - 500 лк при общем освещении.

Помещение имеет размеры:

- а - длина помещения - 8 м;
- b - ширина - 5 м;
- h - высота - 3 м.

Методика расчёта освещения описана в литературе.

Рекомендуемая освещенность помещения, при среднем контроле различия с тёмным фоном, составляет $E=300\text{лк}$.

Коэффициент отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны: $q_n=70\%$, $q_c=50\%$, $q_3=10\%$. Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$H = h - h_p - h_c$$

$$H = 3\text{ м} - 0,80\text{ м} - 0\text{ м} = 2,20\text{ м}$$

где h_p - высота рабочей поверхности;

h_c - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используются светильники типа ОДР мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет $\lambda=1.4$.

Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda * h = 1,4 * 2,2 = 3,08\text{ м}$$

Число рядов светильников:

$$n = B/L = 5/3,08 = 1,62$$

где B – ширина помещения.

Выбираем $n=1$ ряда светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = S/(A+B) * n = 40/(8+5) * 1 = 3,33$$

Зная коэффициенты отражения световых потоков от потолка, стен, пола в лаборатории, можно определить коэффициент использования светового потока:

$$\eta = \frac{q_n + q_c + q_3}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43\%$$

Световой поток лампы ЛБ-40 составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОДР, состоящего из двух ламп: $F=2 * F_0=2 * 2480=4960$ лм.

После чего, рассчитаем, необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E * S * Z * K}{n * F * \eta * \gamma} = \frac{300 * 40 * 1,15 * 1,5}{2 * 4960 * 0,43 * 1} = 4,85,$$

где $Z=1,15$ -коэффициент неравномерности освещения;

$\gamma=1$ – коэффициент затемнения;

$K=1,5$ – коэффициент запаса.

При длине светильника $l_{св}=0,933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{общ} = N * l_{св} = 5 * 0,933 = 4,665\text{ м}.$$

Расстояние между светильниками:

$$l = \frac{A-l_{\text{общ}}}{N+1} = \frac{8-4,665}{4,85+1} = 0,57 \text{ м,}$$

Таким образом, в лаборатории необходимо установить пять светильников в два ряда. План системы освещения представлен на рисунке 5.2.

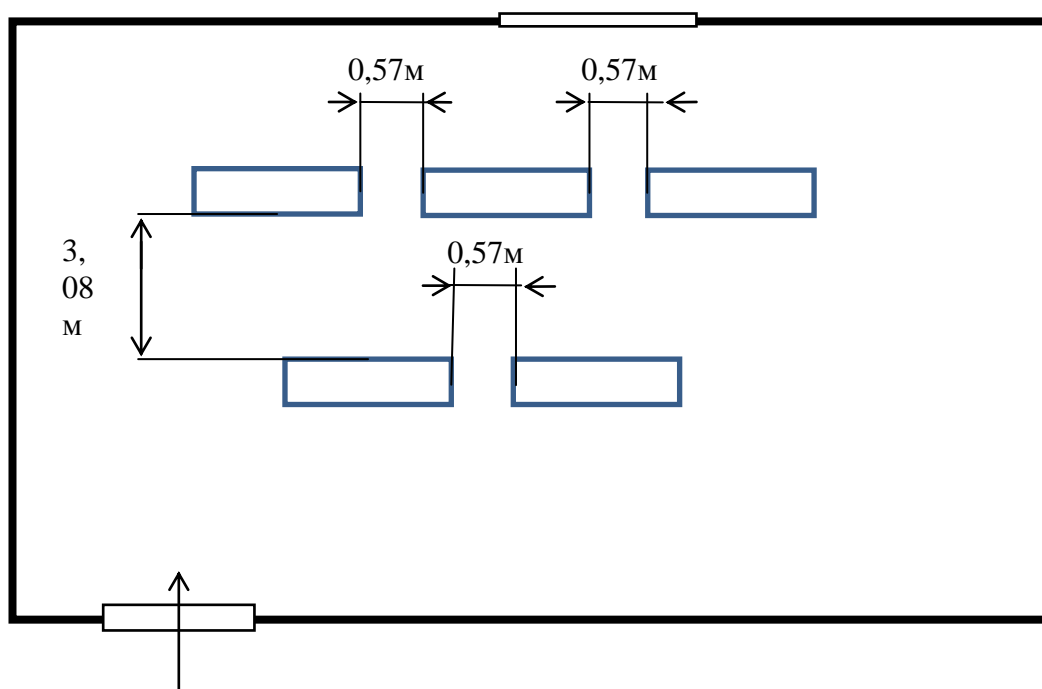


Рисунок 5.2 – План системы освещения

5.2.4 Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение с частотой 60 Гц или выше могут вызывать различные изменения в клетках животных. Воздействие рентгеновского излучения зависит от его интенсивности, а электромагнитное обладает следующим свойством: при снижении интенсивности излучения опасность воздействия не уменьшается, а наоборот некоторые поля действуют на клетки тела только при малых интенсивностях или на конкретных частотах. Также переменное электромагнитное поле, совершающее колебания с частотой порядка 60 Гц, вовлекает в аналогичные колебания молекулы любого типа, независимо от того, находятся они в мозге человека или в его теле. При таком воздействии происходит изменение

активности ферментов и клеточного иммунитета, причем сходные процессы наблюдаются в организмах при возникновении опухолей.

Источниками электромагнитного излучения, в настоящей работе, являются компьютеры.

Защита от электромагнитных излучений осуществляется следующими способами:

1. Время работы - не более 4 часов;
2. Расстояние - не менее 50 см от источника;
2. Экранирование;
3. Расстояние между мониторами - не менее 1,5 м;
4. Не находиться слева от монитора ближе 1.2 м, и сзади не ближе 1 м.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

5.3.1 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [49].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

1. Конструкцией электроустановок;
2. Техническими способами и средствами защиты;
3. Организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы:

- Защитные ограждения (временные или стационарные) в соответствии [50].
- Безопасное расположение токоведущих частей;
- Изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);

- Защитное отключение в соответствии [51].
- Знаки безопасности (надписи к выключателям, рубильникам, розеткам, указывающие о величине напряжения, знаки «ОПАСНО» в местах повышенной опасности поражения электрическим током и т. д.).

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяются следующие способы:

- Защитное заземление в соответствии [52].
- Изоляция нетоковедущих частей;
- Средства индивидуальной защиты.
- Помещение должно быть сухими, иметь влажность не выше 70%.

Температура воздуха должна быть в пределах $+ (17 \div 35)^{\circ}\text{C}$.

Технические способы и средства защиты применяют отдельно или в сочетании друг с другом, так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

5.3.2 Пожарная безопасность

Пожары представляют собой особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Поэтому для предотвращения пожаров необходимо выполнять следующие меры предосторожности:

1. Все сотрудники должны знать местонахождения средств пожаротушения и уметь пользоваться ими;
2. Не допускать перегрева электропроводов, плохих контактов в местах соединения;
3. Запрещается использование открытого огня для обогрева помещения;
4. Не допускается загромождать проходы к средствам пожаротушения и пожарной сигнализации;
5. Запрещается хранение вблизи источников тепла легковоспламеняющихся материалов и жидкостей;

6. При возникновении пожара необходимо немедленно вызвать пожарную охрану и начать эвакуацию людей и оборудования;

7. До прибытия пожарной охраны необходимо обеспечить тушение пожара при помощи первичных средств пожаротушения.

5.4 Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны. Лаборатория находится в учебном корпусе томского политехнического университета, рядом с которым, находятся другие учебные корпуса. Расстояние до ближайшего жилого дома составляет около 630 м.

Концентрации веществ, используемых в лаборатории, не превышают предельно допустимых концентраций в воздухе. ПДК приведены в разделе 5.2.2.

5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений.

Нормальная продолжительность рабочего времени для работников предприятия не должна превышать 40 часов в неделю. Сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается для работников в возрасте от 16 до 18 лет - 36 часов в неделю, а для лиц в возрасте от 15 до 16 лет (учеников в возрасте от 14 до 15 лет, которые работают в период каникул) - 24 часа в неделю. Для работников, занятых на работах с вредными условиями труда не больше 26 часов в неделю. Продолжительность работы накануне праздничных нерабочих дней сокращается на один час. Ночным считается время с 22 часов вечера до 6 часов утра. При работе в ночное время установленная продолжительность работы сокращается на один час. Охрана труда женщин и лиц моложе 18 лет. Действующее законодательство предусматривает запрет труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда. Перечень таких работ утвержден приказом Министерства здравоохранения от 29 декабря 1993 года №256. 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, которые не достигли 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, утвержденным приказом Министерства здравоохранения от 31 марта 1994 года №46.

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации в лаборатории: пожар.

К мерам, позволяющим уменьшить масштабы чрезвычайных ситуаций, можно отнести соблюдение правил охраны труда и техники безопасности. Кроме того, необходимо проводить плановые мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций. В лаборатории необходимо соблюдать технику безопасности при работе с нанопорошками. План эвакуации представлен на рисунке 5.3.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы были синтезированы высокоплотные композиционные образцы, обладающие минимальной пористостью. Выполнено исследование влияния параметров искрового плазменного спекания, ультразвукового компактирования и импульсной электронно-пучковой обработки на свойства композиционных материалов.

Сделаны следующие выводы:

1. Для порошков, используемых в экспериментальных исследованиях, близким к оптимальному соотношению компонентов является состав смеси 74%АМг6 - 6%B₄C 20%W, который имеет максимально плотную упаковку частиц всех компонентов со средним координационным числом прочных контактов более 4. Образцы, изготовленные из смеси состава 74%АМг6 - 6%B₄C 20%W достигают наибольшей плотности при меньшей температуре спекания, чем образцы, изготовленные из состава 2 и 4.

2. Легкий металлокерамический композит состава АМг6-В₄С-W с выбранным массовым содержанием 74-6-20 масс. %, спекается методом SPS до 100% плотности (3,14 г/см³) при температуре 490°C, давлении подпрессовки 30 МПа.

3. Методом статического одностороннего прессования смеси (800 МПа) порошков композита достигается плотность прессовки 91,6%, а прессованием под ультразвуковым воздействием достигается плотность 93,63%.

4. Установлено, что у всех образцов с увеличением энергии облучения наблюдается увеличение износоустойчивости до 10 раз. Образцы, обработанные в режиме 30Дж/см² из смеси 3 достигают наибольшей износоустойчивости.

Результаты полученные в работе позволят улучшить качество и характеристики производимых композитных материалов, снизить экономические затраты на их производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев М.Ю., Бернштейн Л.М., Лобов Л.А. Достижения в области композиционных материалов. Под.ред. Дж. Пиатти. М., Металлургия, 1982.-304с.
2. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы (ПКМ) // Соросовский Образовательный Журнал. 1995. № 1. С. 57–65.
3. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник.– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.–384с
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Изд. Центр «Академия», 2005. – 192с.
5. Композиционные материалы: Справочник/Под ред. Карпиноса Д.М.. – Киев: Наукова думка, 1985.-592с.
6. Справочник по композиционным материалам: В 2кн. – Кн.1/ Под ред. Любина Дж.. –М.: Машиностроение.1988. – 488с.
7. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана,1998. – 516 с.
8. Юдин М.Ф., Фоминых В.И., Нейтронная дозиметрия. М., Стандартгиз, 1964.- 215с.
9. Гуревич И.И., Тарасов Л.В. Физика нейтронов низких энергий. М., «Наука», 1965.-607с.
10. Артемьев В.А., Об ослаблении рентгеновского излучения ультрадисперсными средами, Письма в ЖТФ, 1997, т.23, номер 6, стр. 5-9.
11. Евстратов Е.В., Алымов М.И., Трегубова И.Б., Поварова К.Б., Анкудинов А.Б. Разработка физико-химических основ синтеза нанопорошков на основе вольфрама с регулируемыми свойствами. // Металлы. 2006. № 3.
12. Zhang J., Alpas A.T. Wear regimes and transitions in Al₂O₃ particulate-reinforced aluminum alloys, Material Science Engineering A 161 (1993) 273-284.

13. Chang S., Hwang B.H. A microstructural study of the wear behavior of SiCp/Al composite, Tribol. Int. 27 (1994) 307-314.
14. Zhang Z.F., Zhang L.C., Mai Y.-W. Particle effects on friction and wear of aluminium matrix composites, J. Mater. Sci. 30 (2006) 5999-6004.
15. Ravikiran A., Surappa M.K., Effect of sliding speed on wear behavior of A356 Al-30 wt.%SiCp MMC, Wear 206 (1997) 33-38.
16. Iwai Y., Honda T., Miyajima T., Iwasaki Y., Surappa M.K., Xu J.F., Dry sliding wear behavior of Al₂O₃ fiber reinforced aluminum composites, Compos. Sci. Technol. 60 (2000) 1781-1789.
17. Tang F., Wu X., Ge Sh., Ye J., Zhu H., Hagivara M., Schoenung J.M., Dry sliding friction and wear properties of B₄C particulate-reinforced Al-5083 matrix composites, Wear 264 (2008) 555-561.
18. Барабанно-шаровая мельница // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. Прохоров А. М.. — 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1969—1978.
19. Громилов С. А. Введение в рентгенографию поликристаллов: учеб. пособие / Громилов С. А. – Новосибирск, 2008.-50с.
20. Штольц А. К., Медведев А. И., Курбатов Л. В. Рентгеновский анализ микронапряжений и размера областей когерентного рассеяния в поликристаллических материалах: учеб. пособие. - ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ - Екатеринбург, 2004. - 23с.
21. Хейкер Д. М., Зевин Л. С. Рентгеновская дифрактометрия, М., 1963.-122с.
22. Хейкер Д. М. Рентгеновская дифрактометрия монокристаллов, Л., 1973. - 99с.
23. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в двух книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. 303 с.

24. Усеинов С.С., Соловьев В.В., Гоголинский К.В., Усеинов А.С., Львова Н.А. Методы измерения механических свойств наноразмерных // Научное мнение. - 2008.-№4.- С.8-12.
25. Альмяшева О.В., Федоров Б.А, Смирнов А. В. Размер, морфология и структура частиц нанопорошка диоксида циркония, полученного в гидротермальных условиях. // Наносистемы: физика, химия, математика. 2010, Т. 1, № 1. С. 26-36.
26. ЗАО «МЕТА» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.meta.su/items/341>
27. Dvilis E. S., Khasanov O.L., et al. Spark Plasma Sintering of Aluminum-Magnesium-Matrix Composites with Boron Carbide and Tungsten Nano-powder Inclusions: Modeling and Experimentation [Electronic resource] // The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society: Scientific Journal. — 2016. — Vol. 68, iss. 3. — [P. 908-919].
28. Гульбин В.Н., Петрунин В.Ф. Исследование радиационно-защитных нанокompозитов. Физикохимия ультрадисперсных (нано-) систем. Материалы VIII Всероссийской конференции. М.:Белгород, 2008.
29. Bhatta J., Balachandera N., Shekhera S., Karthikeyan R., Peshwea D.R., Murtyb B.S. "Synthesis of nanostructured Al–Mg–SiO₂ metal matrix composites using high-energy ball milling and spark plasma sintering" Journal of Alloys and Compounds 536S (2012) S35– S40
30. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Бикбаева З.Г. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий /— Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 212 с.
31. Гузеев В.В. Регулирование температуры спекания керамики на основе диоксида циркония // Стекло и керамика. – 1995. – №10. – С.25 – 29.
32. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
33. Ультразвук: Маленькая энциклопедия / Гл. ред. И.П. Голямина. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

34. Хасанов О.Л. Структура и свойства циркониевой керамики, изготовленной ультразвуковым компактированием нанопорошков // Конструкции из композиционных материалов.– 2007.– Вып.1.– С.60–72.
35. Хасанов О.Л., Соколов В.М., Двилис Э.С., Похолков Ю.П. Ультразвуковая технология изготовления конструкционной и функциональной нанокерамики// Перспективные материалы. – 2002.– №1. – С. 76 – 83.
36. Toshihiro I., Keiji D., Toshihiro S. end al. Spark plasma sintering technique for reaction sintering of Al₂O₃/ Ni nanocomposite and its mechanical properties // Ceramics International.– 2008.– Vol. 34.–P. 213–217.
37. Mechanism of sparkplasma sintering [Электронныйресурс]. – URL: <http://www.sumitomocorp.co.jp/english/business/index.html>
38. Grigoriev S.V., Koval N.N., Devjatkov V.N., Teresov A.D. The automated installation for surface modification of metal and ceramic-metal materials and products by intensive pulse submillisecond electron beam // Proc. 9th Intern. Conf. on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. - Tomsk, 2008.-P. 19-22.
39. Ковал Н.Н., Иванов Ю.Ф. Электронно-ионно-плазменная модификация поверхности /Э453цветных металлов и сплавов / под общ.ред. - Томск: Изд-во НТЛ, 2016. -312 с.
40. 1. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999
41. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01.
42. СН 245-71.
43. ГОСТ Р 53856-2010.
44. ГОСТ 12.4.103-83.
45. ГОСТ 12.4.137-84.
46. Грудзинский В.Ю. Гигиена труда и охрана окружающей среды в химической промышленности. Н.Новгород, 1991. - с. 114-118,

47. З. Тихомиров Ю.П. и др. Гигиена труда и охрана окружающей среды в химической промышленности. М, 1987. - С. 62-65
48. СНиП 23-05-95.
49. ГОСТ 12.1.009-76.
50. ГОСТ 12.4.154-85 «ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры».
51. ГОСТ 12.4.155-85 «ССБТ. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования».
52. ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Раздел (2.2)
RESEARCH MATERIALS

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ5Б	Досеке Улантай Алибекулы		

Консультант – лингвист кафедры **ИЯФТИ**:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Квашнина О.С.	-		

The metal matrix composite AMG6-B₄C-W with various mass fractions of the components is the material under study. Metal-matrix composites of this composition are capable of exhibiting stability with respect to the basic physico-mechanical and operational properties when irradiated with electron beams. This indicates the possibility of using these composites as radiation-protective materials.

Powder of AMg6 aluminum alloy as a load-bearing matrix material, ultradisperse powder of boron carbide as a neutron-protective filler and tungsten nanopowders as dispersed filler for absorbing gamma and X-ray radiation were chosen for the production of a radiation-protective composite.

AMg6 powder

The charge is prepared for melting AMg6 and then it is melted. Loading of charge materials into the furnace during the preparation of deformable aluminum alloys should be carried out in accordance with general rules and allowance for the smallest metal losses during melting in the form of fumes and minimal contamination of the alloy with nonmetallic inclusions. Following the boot order of the charge is most efficient in this respect. First ingot of primary aluminium, then the defective bars, then the waste is first-class and refined remelting, and then alloys are loaded into the furnace. Copper can be introduced into the melt as an aluminium alloy, and in the form of electrolytic copper and waste.

The temperature of the melt must be in the range of 710 - 750°C before the introduction of copper. Easily oxidizable metals (magnesium, zinc) are added to the melt in pure form after complete melting of the entire batch at the melt temperatures of 660 - 720°C.

Magnesium is introduced into the melt with a bell (perforated boxes) while zinc is immersed into the melt with a spoon.

The melt is cleaned from slag before the introduction of the easily oxidizable metals.

The melt is thoroughly stirred to ensure a more uniform distribution of the alloying elements after their introduction [33].

Scanning electron microscopy shows that the commercial magnesium aluminum alloy powder AMg6 consists of particles with a shape close to spherical, with a wide (up to 2 orders of magnitude) spread in particle sizes (Fig. 2.9). The elemental composition of the alloy is determined by the energy dispersive analysis (Figure 2.10).

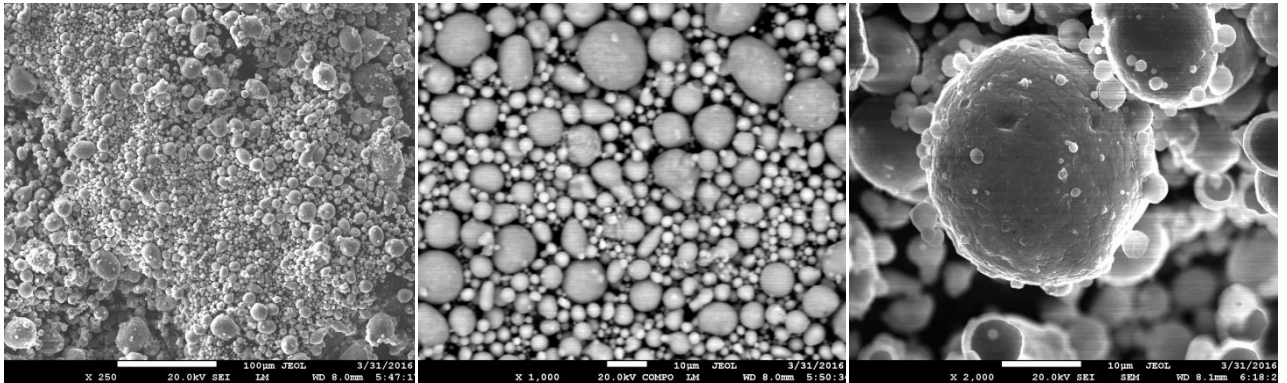


Fig. 2.9. SEM image of AMg6 powder

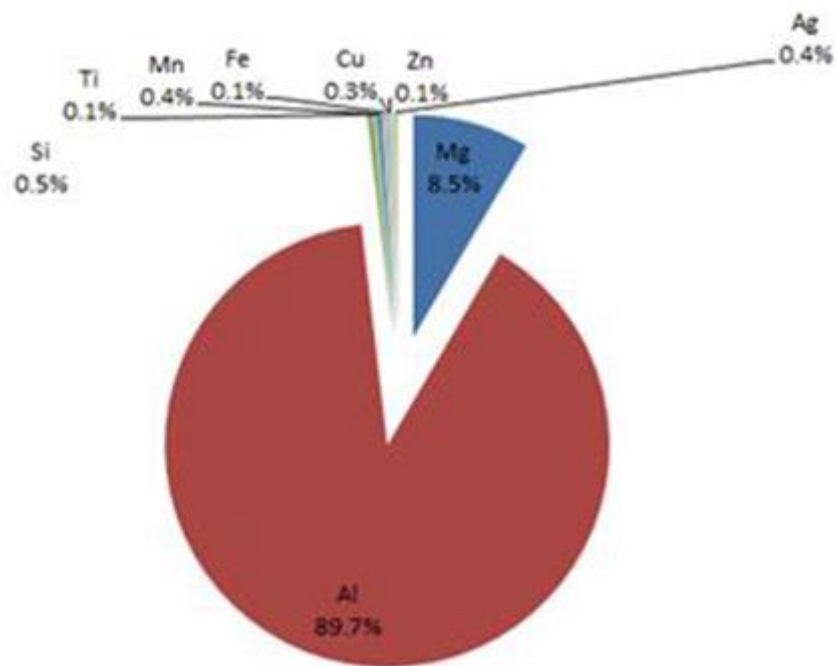


Fig. 2.10. Elemental composition of AMg6 powder according to EDS.

The XRD data show that AMg6 powder contains only cubic phase $Mg_{0.05}Al_{0.95}$, the lattice parameter $a = 4.0646 \text{ \AA}$, impurities are not detected (Figure 2.11).

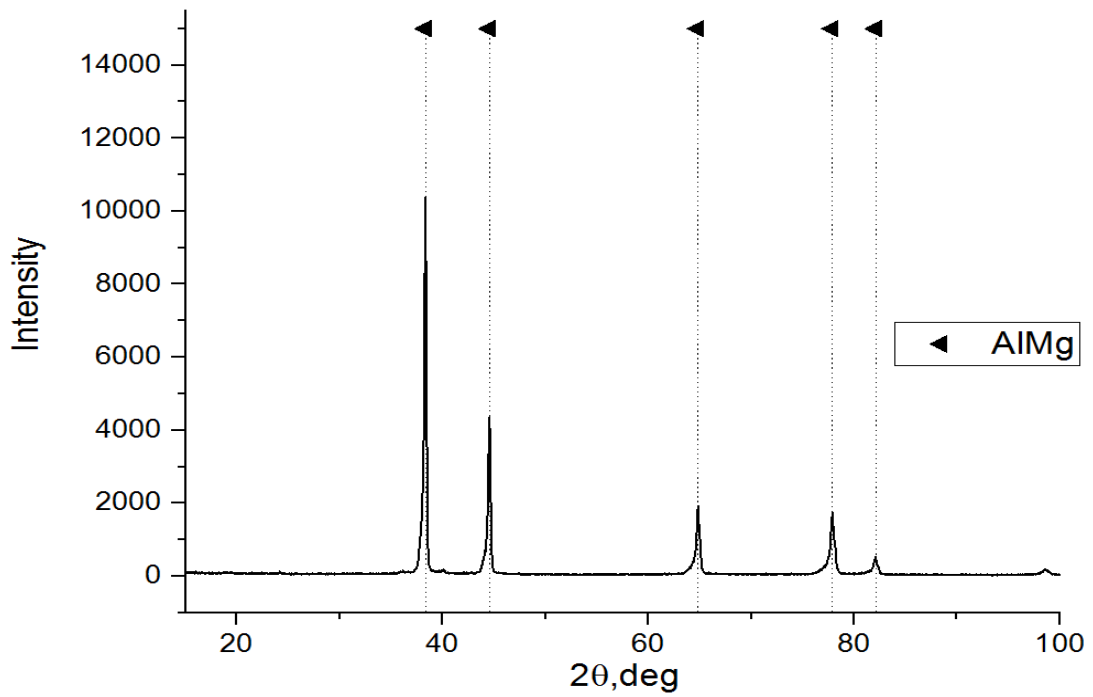


Fig. 2.11. XRD patterns of AMg6 powder

The total specific surface area is determined by the BET analysis is $0.35 \pm 0.02 \text{ m}^2 / \text{g}$ (Figure 2.12).

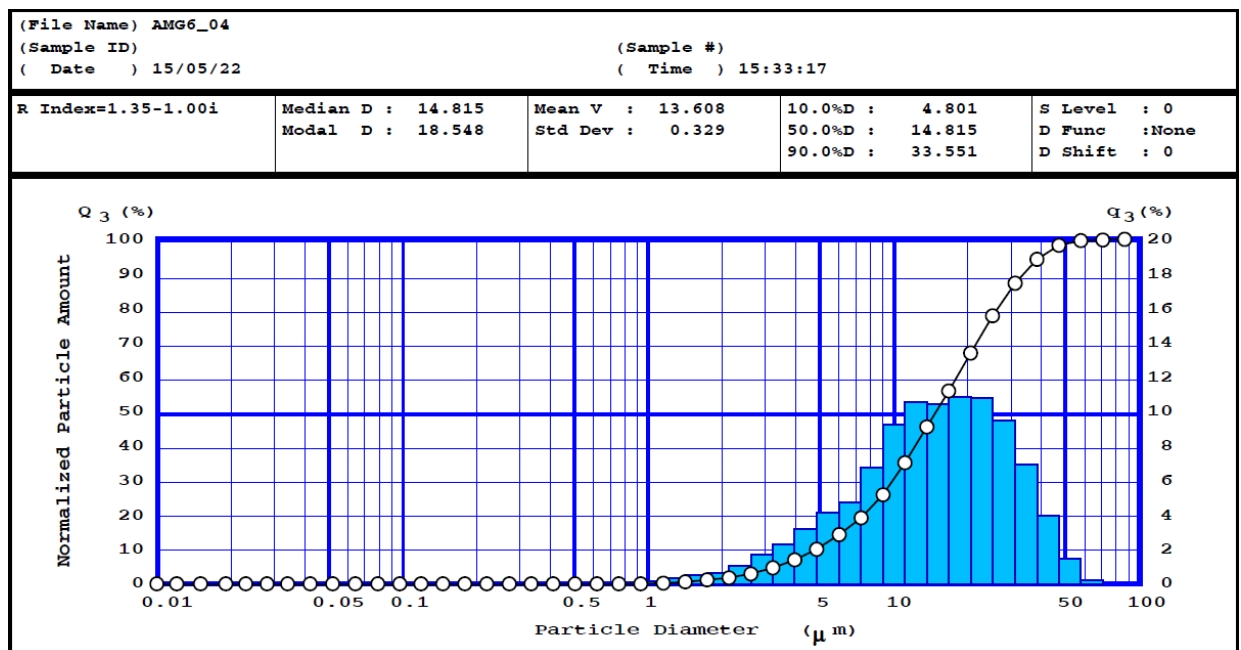


Fig. 2.12. Size distribution of AMg6 powder

We can say that according to laser diffraction data of AMg6 powder, the average particle size: up to 10% is $4.801 \mu\text{m}$, up to 50% is $14.815 \mu\text{m}$, up to 90% is $33.551 \mu\text{m}$.

Comparison of the results of LD and BET analysis indicates a weak (not more than 2) degree of agglomeration of the powder.

B₄C powder

The boron carbide powder produced by “OKB-BOR” (Dzerzhinsk) has a nearly equiaxed particle shape with a wide (up to 2 orders of magnitude) spread in particle sizes (Fig. 2.13).

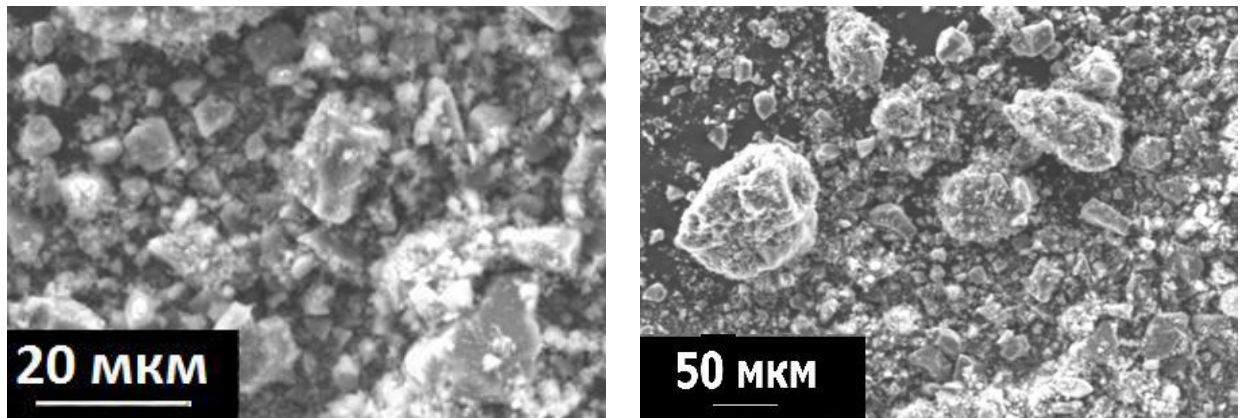


Fig. 2.13. SEM image of B₄C powder

XRD analysis showed the presence in the powder of 98% phase B₁₃C₂, the lattice parameters, $a=5.617 \text{ \AA}$ and $b = 12.1171 \text{ \AA}$. In addition, the presence of free carbon with a lattice parameter $a=2.47 \text{ \AA}$ and $b = 6.85 \text{ \AA}$ was discovered (Figure 2.14).

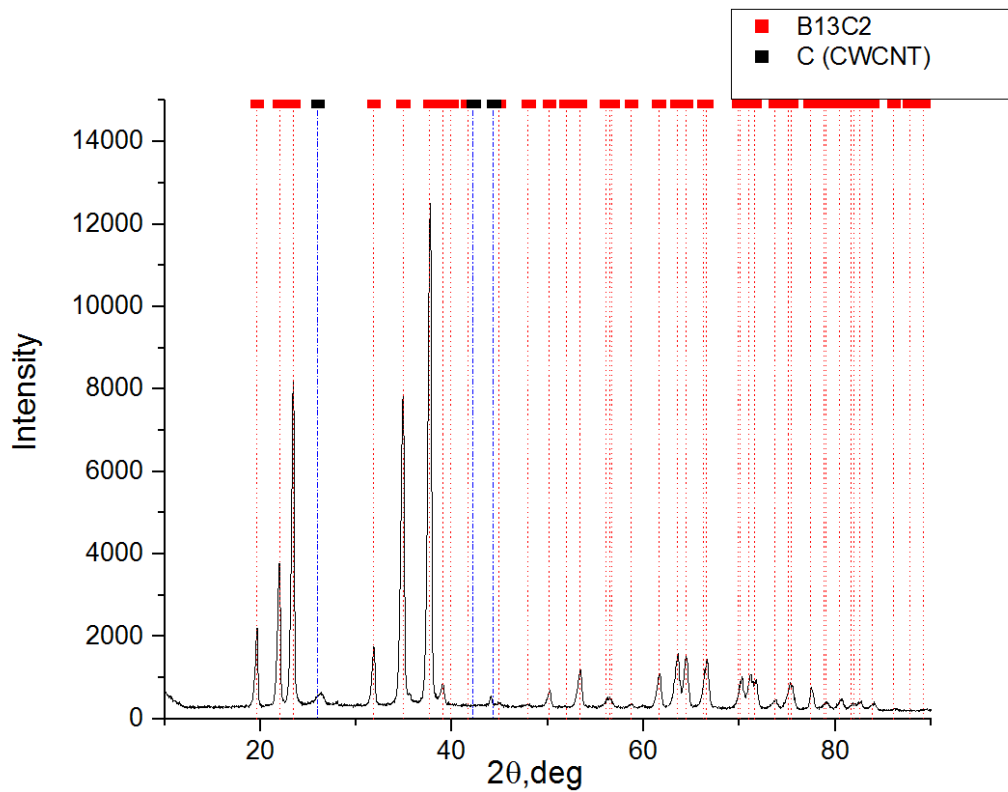


Fig. 2.14. XRD patterns of B₄C powder

The total specific surface area determined by the BET analysis is 8.63 ± 0.07 m² / g (Figure 2.15).

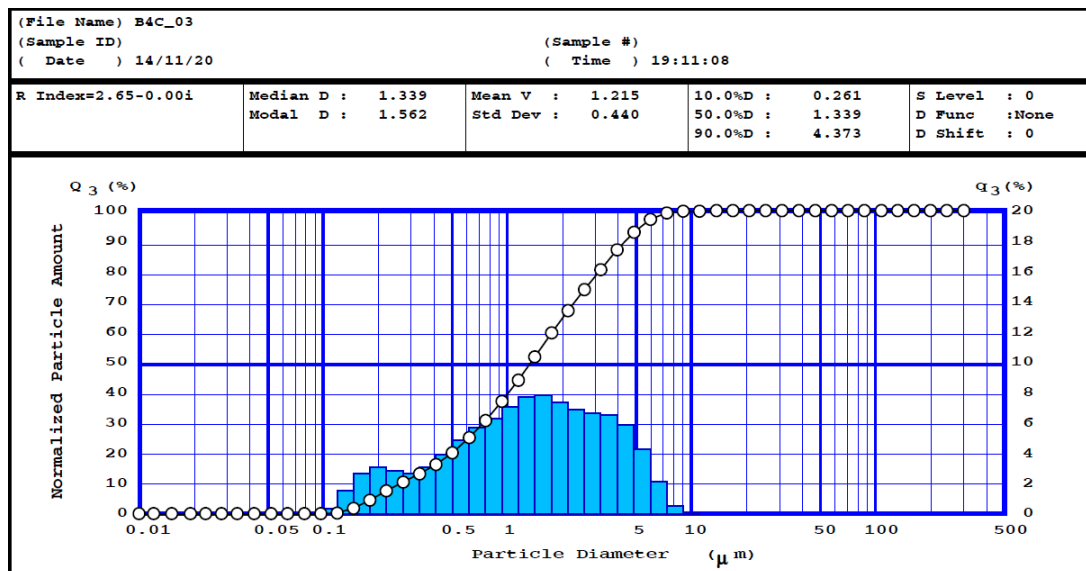


Fig. 2.15. Size distribution of B₄C powder

We can see that according to laser diffraction data of B₄C powder, the average particle size: up to 10% is 0.261μm, up to 50% is 1.339μm, up to 90% is 4.374μm(Figure 2.15).

The results of LD and BET showed an average (no more than 5) degree of agglomeration of the ultrafine fraction of the powder.

The elemental composition of B_4C powder is shown in Fig. 2.16, obtained by the energy-dispersion analysis method.

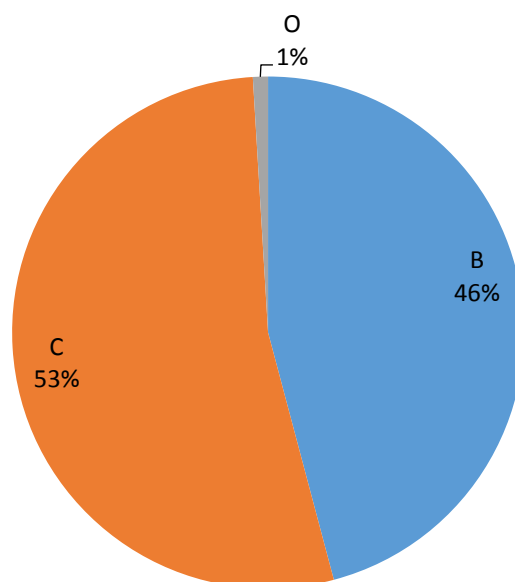
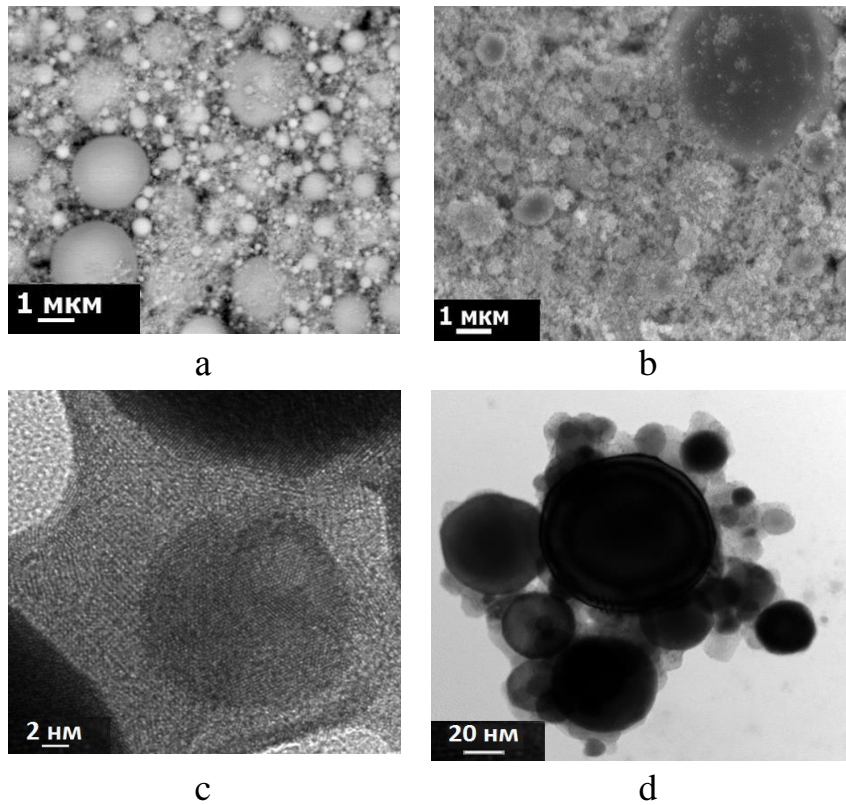


Fig. 2.16. Elemental composition of B_4C powder according to EDS.

W powder

Nanostructured tungsten powder was prepared at TPU by the electric explosion of tungsten wire. The essence of the method is that the metal wire (tungsten) with a diameter of 0.1 to 1.0 mm is placed in a reactor between electrodes, then a current pulse of large power (10^4 ... 10^6 A/cm²) serves to the electrodes. When this occurs, the instantaneous heating and vaporization of wires, a pair of metal fly, cooled and congenerous.

The study of powders by electron microscopy showed that the powder particles have a spherical shape and wide (2.5 order of magnitude) multimodal size distribution (Figure 2.17). In addition, it is revealed that the W powder has an oxide layer (Figure 2.17 c, d)



According to XRD analysis impurities were not detected (Figure 2.18). The phase composition of the powder is presented in Table 2.2.

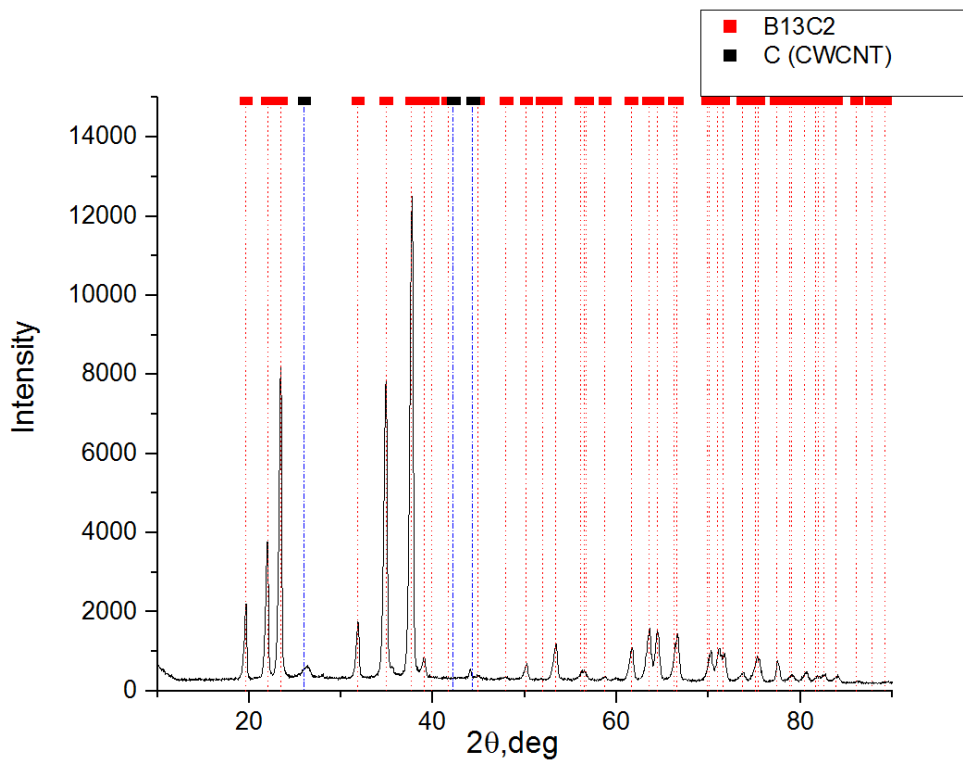


Fig. 2.18. XRD patterns of W powder

Phase composition of W powder

Phase	Content, %	CSR, nm	Stress	Lattice parameters, Å	Structure
W(PM3-N)_#52344	37.28	46.23	0.000427	5.0522	cubic
W(IM3-M)_#44323	62.72	94.63	0.000109	3.1656	cubic

The total specific surface area determined by BET analysis is 2.70 ± 0.02 m²/g.

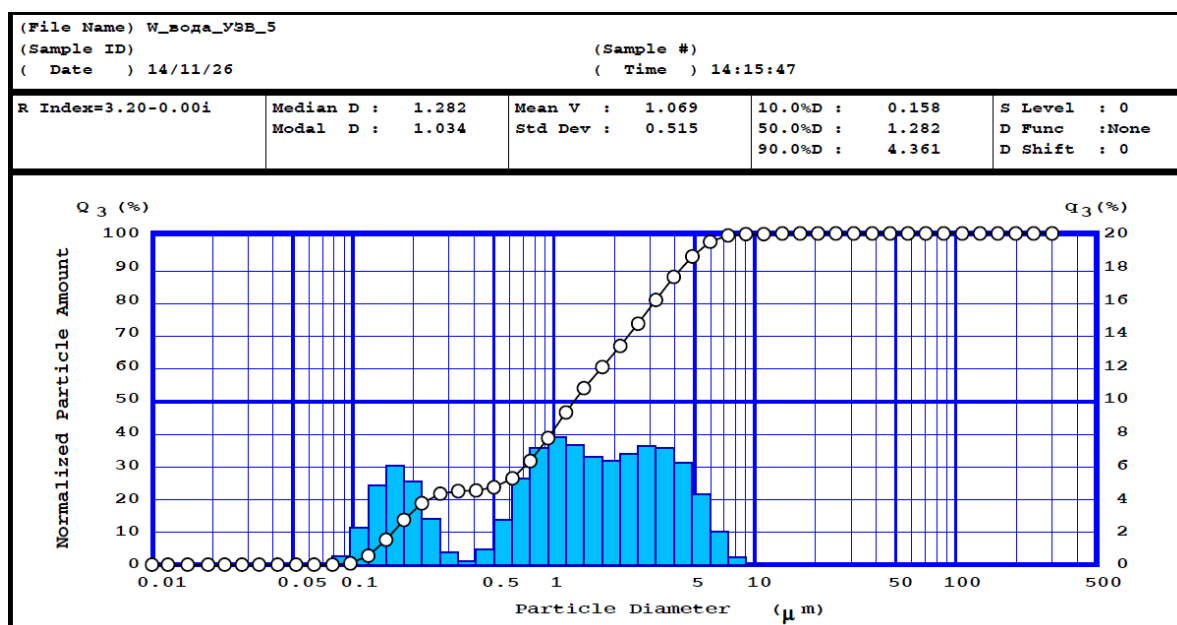


Fig. 2.19. Size distribution of W powder

We can see according to laser diffraction of W powder, the average particle size is: up to 10% 0.158 μm; up to 50% 1.282 mm; up to 90% 4.361 μm (Figure 2.19).

The results of the LD and BET analysis indicate a significant (up to 9) the degree of agglomeration of powder particles W.

The elemental composition of the powder W according to energy dispersive analysis showed a small amount of iron, sulphur and oxygen (Figure 2.21).

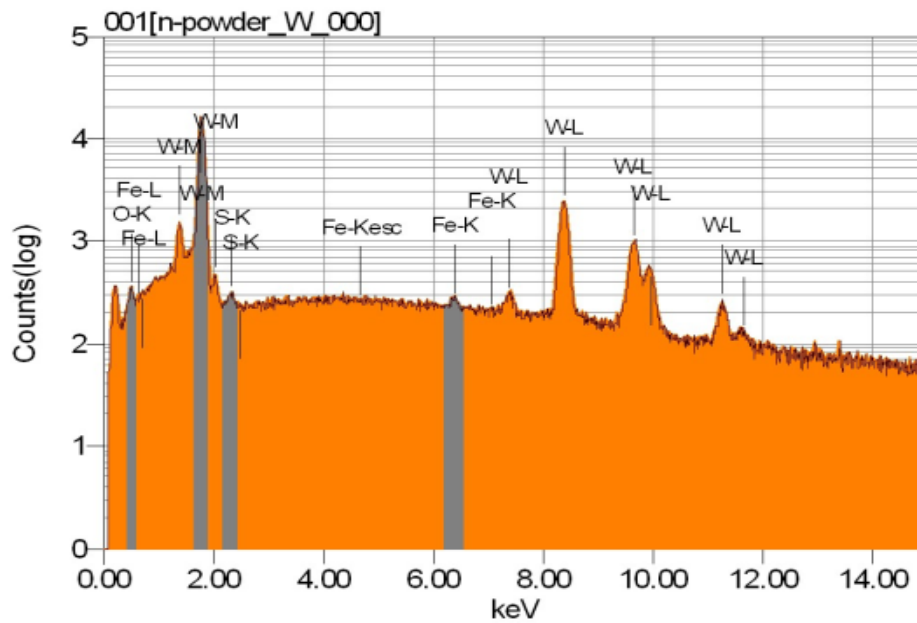


Fig. 2.20. Energy-dispersive spectrum of W powder

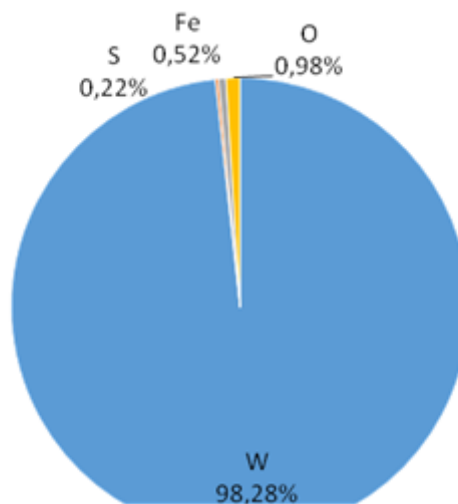


Fig. 2.21. Elemental composition of powder W according to EDS.

Description of mixtures:

In the work, 3 mixtures AMg6-B₄C-W with different mass content of components were investigated.

The minimum content for the formation of a continuous matrix of aluminum alloy at optimal for dense filling of particles of boron carbide and tungsten the ratio of the components is the composition of the mixture: mixture of 2 AMg6 – 65%; B₄C -15%; W – 20%.

Close to the spherical and equiaxed shape of the particles of the powders used, it is possible to construct a packing model for their particles and optimize the

mixing ratio in model experiments based on the average number of interparticle contacts (coordination number N_c) and the packing density. The ratio of the components of the mixture, optimal by the criterion of the maximum packing density of all particles, has a mixture composition of 3 AMg6 - 74%; B₄C -6%; W - 20%. For particles of such a matrix alloy, the partial coordination number lies in the range from 3 (in the freely poured state) to 4 (after the deformation of particles of ductile materials), and the partial packing density of its particles ranges from 43% to 67%. The formation of a continuous matrix with an increase in the individual (partial) coordination number from 1.78 to 4.29 is provided by an increase in the alloy powder content by 9 mass. %. Assuming that the matrix material is the only component of the consolidated mixture, capable of carrying mechanical loads, and conditionally adopting a simple direct dependence of the strength of the porous material from its density, we can conclude that the strength of the composite can be increased not less than 2.5 times. To ensure similar strength characteristics without significantly reducing the content of particulate fillers you should use a more fine powder of boron carbide particles can effectively fill the space between the tightly Packed particles of the matrix alloy[27]:

The composition of the mixture 4 AMg6 – 70%; B₄C -12%; W – 18% was used in the work of the team of the center "Radiozaschita" at OJSC "EMC of Concern "VEGA"[28].

Besides, we obtained mixture 1 of the same composition as mixture 2, but as steel balls were used as the grinding bodies. Mixtures 2, 3 and 4 were manufactured using corundum grinding bodies. Certification of mixtures of 1 and 2 revealed no differences between them, so further studies used mixture 2.

Dry mixing of powder components AMg6-B₄C-W with the selected mass content: 2 mixture 65-15-20 wt. %, 3 mixture 74-6-20 wt. %, 4 mixture 70-12-18 wt. %, was carried out in a ball mill with grinding bodies of corundum for 5 hours[29].

For each mixture the theoretical density depending on the density of the mixture components and their percentage content were calculated (Table 2.3).

Table 2.3

Characterization of AMg6-B₄C-Wmixtures

Mixture 1/2			
Component	Density, g / cm ³	Content, %	Density of the mixture, g / cm ³
AMg6	2.599	65	3.125
B ₄ C	2.52	15	
W	19.25	20	
Mixture 3			
AMg6	2.599	74	3.136
B ₄ C	2.52	6	
W	19.25	20	
Mixture4			
AMg6	2.599	70	3,065
B ₄ C	2.52	12	
W	19.25	18	

The obtained composite powder mixture was subjected to consolidation by the method of spark plasma sintering (SPS) in a cylindrical mold.