

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ) _____

Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера (НОЦ Н.М. Кижнера) _____

Направление: 18.04.01 «Химическая технология» _____

Профиль: «Химическая технология неорганических веществ и материалов» _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

Получение металлических порошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника

УДК 621.762.2:669.35: 537.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовалов А.В.	к.т.н.		

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
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
НОЦ им. Н.М. Кижнера	Казьмина О.В..	д.т.н. профессор		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Запланированные результаты обучения по программе

18.04.01 «Химическая технология»

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические и инженерные знания для создания новых материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий химического производства для решения междисциплинарных инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на мировом рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования критериев заинтересованных сторон	ФГОС, и/или
P6	Внедрять, эксплуатировать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI	
<i>Универсальные компетенции</i>			
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI	
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI	
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI	
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI	
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, ПС рег. 853 от 19.09.2016	

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения и кредитная стоимость результатов обучения представлены в следующих таблицах.

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения

Результаты обучение	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P1	+	+	+	+	+
P2	+	+		+	+
P3	+	+	+	+	+
P4				+	+
P5			+		
P6	+	+		+	+
P7		+			
P8			+		+
P9		+			+
P10		+	+		+
P11			+	+	+

Кредитная стоимость результатов обучения

Профессиональные компетенции выпускника - 100 кредитов ECTS							Универсальные компетенции выпускника - 20 кредитов ECTS				
Кредиты	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
	19	20	9	19	21	12	2	4	6	4	4

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ) _____
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера (НОЦ Н.М. Кижнера) _____
Направление: 18.04.01 «Химическая технология» _____
Профиль: «Химическая технология неорганических веществ и материалов» _____

Утверждаю
Руководитель ООП

(подпись) _____ (дата) _____ Казьмина О.В.

Задание

На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич

Тема работы:

Получение металлических порошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 21.02.2018 № 1199/с

Срок сдачи студентом выполненной работы

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Исследовать процесс протекания электрического взрыва проводников состоящих из сплава Pt-Pd-Cu в среде аргона и гелия. Определить параметры ЭВП, обеспечивающие оптимальные режимы взрыва. Установить влияние гелия и аргона на свойства получаемых нанопорошков, а именно средний размер частиц и их структурные характеристики. Сравнить дисперсность частиц полученных в гелии и аргоне при равных давлениях. Все эксперименты выполнить на установке УДП расположенной в НПЛ «Чистая вода» ИШНПТ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; литературный обзор; объект и методы исследования; методика эксперимента; исследование ЭВП в среде Ar и He; исследование свойств полученных порошков ; расчет и аналитика;

	финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение.
Перечень графического материала	Презентация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения социально-гуманитарных наук, к.ф.н., Черепанова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Доцент отделения контроля и диагностики, к.т.н., Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент отделения иностранных языков, к.п.н., Парнюгин Александр Сергеевич

Названия разделов которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Literature review of methods for procurement powders

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Фролова И.В..	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ6В	Берендееву Владимиру Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	ООП	Научно-образовательный центр Н. М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление / Специальность	18.04.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов составляет: 2 740 рублей; амортизация специального оборудования за период НИР: 92 300 рублей. Итоговая плановая себестоимость научного исследования составила: 953 764,39.
2. Нормы и нормативы расходных ресурсов	Отчисления на социальные службы составляют: 1 254,48 рублей.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Перспективность НИР средняя
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график поведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование научно-технического проекта
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной, финансовой, социальной и экономической эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Подразделение	НОЦ им. Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	- 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 природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей деятельности:	- 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).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- 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).
3. Охрана окружающей среды: - экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды	- защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению;
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	- 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.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	- План эвакуации из рабочей лаборатории.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения контроля и диагностики	Волков Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 110 страниц, 21 рисунка, 23 таблиц, 66 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: электрический взрыв проводника, оптимальные режимы взрыва, нанопорошок сплава Pt-Pd-Cu, дисперсность, фазовый состав.

Объектом исследования является нанопорошок Pt-Pd-Cu полученный методом электрического взрыва проводника в среде гелия и аргона.

Цель работы - изучить возможность получения нанопорошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника, исследовать свойства полученных частиц.

В работе представлены результаты по возможности получения порошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника в среде гелия и аргона. А так же исследования влияния начальных условий ЭВП и состава газовой атмосферы на закономерности протекания процесса взрыва. Экспериментально определены параметры ЭВП, обеспечивающие режимы взрыва с максимальным уровнем энергии вводимой в проводник.

Изучены свойства порошков сплава Pt-Pd-Cu полученных в среде аргона и гелия.

Установлено, что порошки, полученные в среде гелия, имеют в 3 раза меньший размер частиц по сравнению с порошками, полученными в среде аргона. Частицы порошка состоят из сплава Pt-Pd-Cu.

ABSTRACT

Master's thesis consists of 110 pages, 21 figures, 23 tables, 66 references, 1 applications.

Key words: electric explosion of wire (EEW), optimal explosion conditions, nanopowder of Pt-Pd-Cu alloy, dispersity, phase composition.

The object of the study is the Pt-Pd-Cu nanopowder obtained by the electric explosion of a conductor in helium and argon.

The aim of the work is to study the possibility of ordering the preparation of a nanopowder composition. The argument of the Pt-Pd-Cu alloy is an argument by the method of composition of the electric explosion argument order of the conductor, the argument is to investigate the properties of the particles obtained.

The paper presents the results of the possible production of powders of the Pt-Pd-Cu alloy by the electric explosion of a conductor in helium and argon. And also studies of the influence of the initial conditions of the EVE and the composition of the gas atmosphere on the regularities of the course of the explosion process. The parameters of the EVP that provide explosion modes with the maximum energy level introduced into the conductor are determined experimentally.

The properties of powders of the Pt-Pd-Cu alloy obtained in argon and helium are studied.

It is established that the powders obtained in the helium medium have a 3 times smaller particle size compared to the powders obtained in the argon medium. The powder particles consist of a Pt-Pd-Cu alloy.

Обозначения и сокращения

В настоящей работе использовались следующие сокращения:

ЭВП – электрический взрыв проводника;

НП – нанопорошок;

ПЭМ – просвечивающий электронный микроскоп;

РФА – рентгенофазовый анализ;

УДП – установка для получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника;

Метод ВЕТ – метод низкотемпературной адсорбции азота;

e_s – энергия сублимации;

e/e_s – удельная энергия введенная в проводник;

η – коэффициент передачи энергии от накопителя к проводнику.

Оглавление

Введение	16
Глава 1. Получение металлических нанопорошков	18
1.1. Основные методы получения порошков в том числе порошков благородных материалов	18
1.2. Получение порошков методом электрического взрыва проводника	32
1.3 Заключение – формулировка целей и задач	35
Глава 2. Методика экспериментов	36
Глава 3. Электрический взрыв Pt-Pd-Cu проводника в среде Ar и He	39
Глава 4. Получение металлических порошков сплава Pt-Pd-Cu	44
Глава 5. Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент	52
5.1 Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования	52
5.2 Инициация проекта	56
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	58
Глава 6. Социальная ответственность	67
6.1 Описание рабочего места	67
6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	68
6.3 Электробезопасность	78
6.4 Освещенность	80
6.5 Шум и вибрация	83
6.6 Охрана окружающей среды	84
6.7 Защита в ЧС	85
6.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	88
Список используемых источников:	89
Приложение А	98
CD - Диск - Получение металлических порошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника	

Введение

Особые химические характеристики, а именно уникальные каталитические свойства, коррозионная стойкость, высокая электропроводность, высокая температура плавления, высокая твердость обеспечивают применение платины не только в качестве ювелирных изделий, но в автомобильной и электронной промышленности, а так же в медицине. Однако, платина является и одним из дорогих металлов, а ее твердость и высокие температуры плавления усложняют изготовление детали. Это в конечном итоге приводит и к удорожанию изделия. Переход от компактного металла, к платиновому порошку, несомненно, упрощает процессы изготовления детали, увеличивает коэффициент использования металла, а так же может привести к улучшению ряда свойств конечной детали. Например, использование платинового порошка при производстве фильерных питателей, для стекольной промышленности, увеличивает их стойкость более чем в два раза. За счет увеличения площади поверхности, при переходе от компактного металла к порошку, возможно уменьшение содержания платины в автомобильном катализаторе с одновременным повышением его производительности. Уменьшение температуры плавления частиц платны, приводит к расширению областей использования металла в качестве припоя. А развитие 3D печати металлом способствует удешевлению конечного изделия за счет снижения трудозатрат и расхода металла.

Существует множество методов получения металлических порошков, однако получение порошков платны, а тем более порошков сплава компонентом которого является платина в настоящее время затруднительно. Для решения этой задачи, хорошо подходит метод электрического взрыва проводника. Данный метод основан на разрушении металлической проволоки импульсом тока большой плотности. Основным продуктом разрушения является металлический пар, который в последствие конденсируется в наноразмерные частицы.

Не смотря на достаточно глубокие исследования как самого процесса ЭВП так и свойств получаемых продуктов, в литературе практически не встречаются публикации о получении порошка платины данным методом.

Цель работы: изучить возможность получения нанопорошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника, исследовать свойства полученных частиц.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать протекание электрического взрыва проводника состоящего из сплава Pt-Pd-Cu в атмосфере аргона и гелия;
2. Найти режимы электрического взрыва, обеспечивающие высокие уровни энергии вводимой в проводник.
3. Исследовать фазовый состав, дисперсность и морфологию порошков полученных в среде аргона и гелия.

Глава 1. Получение металлических нанопорошков

1.1. Основные методы получения порошков в том числе порошков благородных материалов

Все группы методов получения нанопорошков можно условно разделить на две группы (рисунок 1). К первой группе можно отнести технологии, основанные на химических процессах, а ко второй – на физических процессах. В соответствии с этим более подробно рассмотрим основные из используемых в настоящее время методов получения нанопорошков.

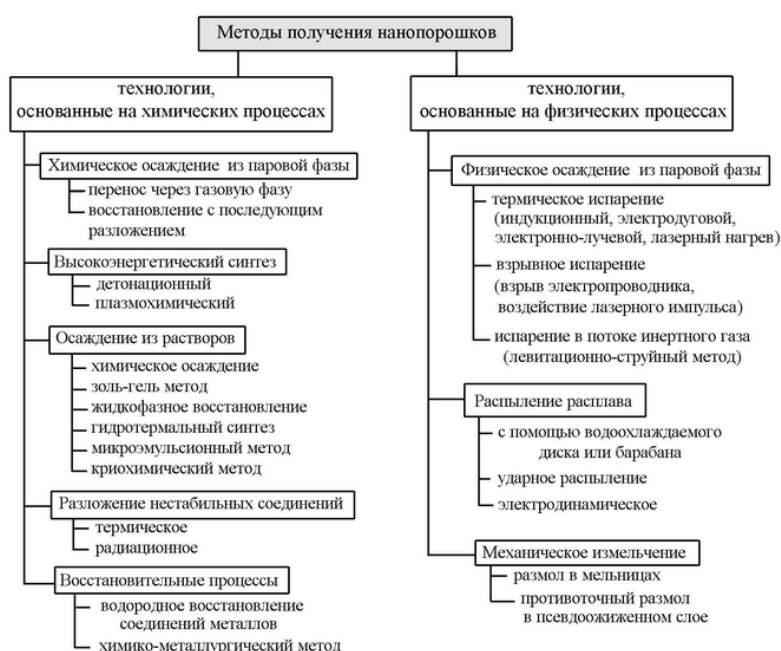


Рисунок 1.1 - Основные из используемых в настоящее время методов получения нанопорошков

Можно выделить ряд общих подходов, которые являются характерными для всех методов получения нанопорошков и отличают их от методов получения обычных порошков:

- высокая скорость образования центров зарождения частиц;
- малая скорость роста частиц;
- наибольший размер получаемых частиц не более 100 нм;
- узкий диапазон распределения частиц по размерам

- стабильность получения частиц заданного размерного диапазона,
- воспроизводимость химического и фазового состава частиц,
- повышенные требования к контролю и управлению параметрами процесса получения [1].

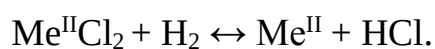
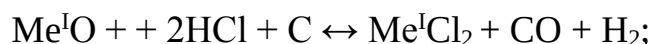
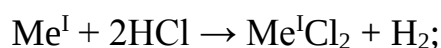
Общей особенностью наночастиц порошков, полученных любым методом, является их склонность к объединению в агрегаты и агломераты. В результате необходимо учитывать не только размеры отдельных наночастиц, но и размеры их объединений. Четкого терминологического различия между агрегатами и агломератами провести нельзя, однако считается, что в агрегатах связь между кристаллитами прочнее, а межкристаллитная пористость меньше. При последующем компактировании для достижения заданной пористости материала агрегатированные порошки требуют больших температуры и/или давления по сравнению с неагрегатированными [2].

Химические методы получения.

Технологии химического осаждения из паровой фазы

Данная группа технологий основана на использовании химических реакций соединений металлов, находящихся в газовой фазе. При этом эти соединения в определенной зоне реакционной камеры термически разлагаются с образованием твердого осадка в виде нанопорошка и газообразных веществ или вступают в химические реакции также с образованием порошка и газообразных веществ. В качестве исходного сырья могут использоваться галогениды (главным образом хлориды) металлов, алкильные соединения, карбонилы, оксихлориды. Размер получаемых частиц может регулироваться температурой и скоростью осаждения. По такой технологии получены нанопорошки кремния, бора, оксидов титана, циркония, алюминия, нитриды, карбиды и карбонитриды кремния и диборид титана с размером частиц от 20 до 600 нм.

В рассматриваемой группе технологий можно выделить два основных метода: *перенос через газовую фазу и восстановление с последующим разложением* [1]. Примером первого метода может служить процесс, основанный на последовательности ряда повторяющихся химических реакций с участием хлоридов металлов:



Примером второго метода может быть процесс основанный на реакциях синтеза и последующего разложения карбониллов:



Недавно разработанным методом, который тоже можно отнести к технологиям химического осаждения из паровой фазы, является метод высокотемпературного гидролиза. Он основан на взаимодействии соединений, преимущественно хлоридов, в водородно-кислородном пламени. Им можно получать многокомпонентные соединения. В частности, получены нанопорошки SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 [3].

Технологии осаждения из растворов

В случае метода *химического осаждения* после приготовления растворов солей металлов создают подходящие условия для осаждения и добавляют вещество-осадитель и проводят осаждение порошка оксида металла при отделении осадка гидрооксида. Условия осаждения регулируют путем изменения pH, температуры, добавления буферных растворов. В качестве осадителя наиболее часто используют растворы аммиака, углекислый аммоний, щавелевую кислоту, оксалат аммония, а в качестве осаждаемых веществ предпочтительно используют растворимые азотнокислые соли. В результате

получают нанопорошки оксидов. При необходимости путем их термообработки в восстановительной среде можно получать металлические нанопорошки. Метод нашел достаточно широкое применение для получения многокомпонентных порошков, когда из многокомпонентных растворов осаждают сразу несколько соединений. Основным недостатком метода является использование больших объемов, значительное содержание примесей в порошках и большой разброс частиц по размерам.

Метод жидкофазного восстановления из растворов используется для получения только нанопорошков металлов с невысокими значениями восстановительного потенциала (медь, серебро, никель). Он заключается в приготовлении раствора органической соли металла с последующим добавлением сильного восстановителя и отделением выпавшего в осадок металлического нанопорошка. Размер частиц получаемого порошка составляет 20-40 нм и разброс частиц по размеру очень низкий. Примером использования этого метода может служить получение нанопорошка меди при использовании водного раствора гидразингидрата с сульфатом лития и раствора нитрата меди в 4-метилпентаноле. Эти растворы смешивают и получают эмульсию, после расслоения которой нанопорошок меди находится в органической фазе. Для получения собственно порошка ее отделяют, фильтруют и сушат [4].

Технология разложения нестабильных соединений

В настоящее время эта технология рассматривается как перспективный способ получения нанопорошков с размером частиц 20-300 нм.

Наиболее изученным является *термическое разложение* азидов, оксалатов, перхлоратов, стифнатов, перманганатов, карбонатов, гидратов, цитратов, ацетатов, гидрооксидов, алкоголятов. Процесс включает три реакции: термолиз, окисление и гидролиз. К преимуществам этого метода относится низкая температура процесса, малые реакционные объемы, отсутствие трудоемких и малоэффективных операций промывки и фильтрования конечных

продуктов, регулируемая дисперсность, хорошая спекаемость и высокая чистота получаемых порошков. Недостатком рассматриваемого метода является сложность контроля и регулирования размеров частиц при одновременном конкурентном протекании двух процессов – разложения исходного соединения и спекания частиц конечного продукта под воздействием температуры. Тем более, что получаемые этим методом порошки отличаются высокой химической активностью. Для получения нанопорошков оксидов металлов перспективно использование в качестве исходных продуктов алкоголятов (спиртовых производных металлов). При этом имеется возможность глубокой очистки алкоголятов от соединений других металлов вследствие их летучести и растворимости в органических растворителях. Другими примерами использования метода могут служить получение нанопорошка оксида магния термическим разложением тригидрата углекислого магния и получение нанопорошков железа, кобальта, никеля и меди с размерами частиц 100-300 нм пиролизом их формиатов при температуре 470-530 К [4].

Другим методом, относящимся к этой группе, является *радиационное разложение соединений*. Таким методом путем разложения азида серебра получали нанопорошок серебра в котором присутствовали в основном две группы частиц с размером 5-30 нм и 170-220 нм. При этом частицы размером до 100 нм имели сферическую форму, а большие частицы – граненую. Этим же методом можно получать также нанопорошки Pd и Cd, обладающие очень высокой химической стойкостью.

Использование восстановительных процессов

Наиболее известным из этой группы является *метод водородного восстановления соединений металлов*. Соединения металлов (гидрооксиды, хлориды, нитраты, карбонаты) вступают в реакцию восстановления в токе водородом при температуре порядка 500 К. Химическую реакцию

восстановления на примере хлорида металла можно записать в виде: $\text{MeCl}_2 + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{Me} + 2\text{HCl}$. Таким методом можно получать обычно порошки железа, вольфрама, никеля, рения, молибдена, меди, кальция; существует также возможность получения порошков легированных сплавов и сталей. Получаемые нанопорошки металлов отличаются низким содержанием примесей и узким распределением части по размерам.

К этой же группе можно отнести *химико-металлургический метод*. В соответствии с этим методом сначала проводится реакция синтеза маловодных гидроксидов путем газофазного взаимодействия, а затем проводится термообработка полученных гидроксидов в восстановительной среде, например, в водороде. В результате получают нанопорошки железа, никеля, кобальта, молибдена, вольфрама, меди. Если термообработку проводят на воздухе, то получают нанопорошки оксидов, например, Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 или их композиции. Достоинствами метода являются малый разброс частиц нанопорошка по размерам, низкое содержание примесей, сравнительно недорогое технологическое оборудование, легкий переход с выпуска одного порошка на выпуск другого [5].

Физические методы получения порошков

Технологии высокоэнергетического синтеза

Данная группа технологий основана на использовании реакций, протекающих с высокой скоростью в условиях далеких от равновесия при высокоэнергетическом воздействии. Для получения нанопорошков нашли применение два метода – детонационный и плазмохимический.

Детонационный синтез основан на воздействии ударной волны с давлением до нескольких десятков ГПа на смесь исходных реагентов. По этому методу, например, получают алмазный нанопорошок со средним размером частиц 4 нм из смеси графита с металлами порошок под действием взрыва органических веществ с высоким содержанием углерода и низким содержанием

кислорода. Получены также нанопорошки различных морфологических форм углерода и оксидов Al, Mg, Zr, Zn.

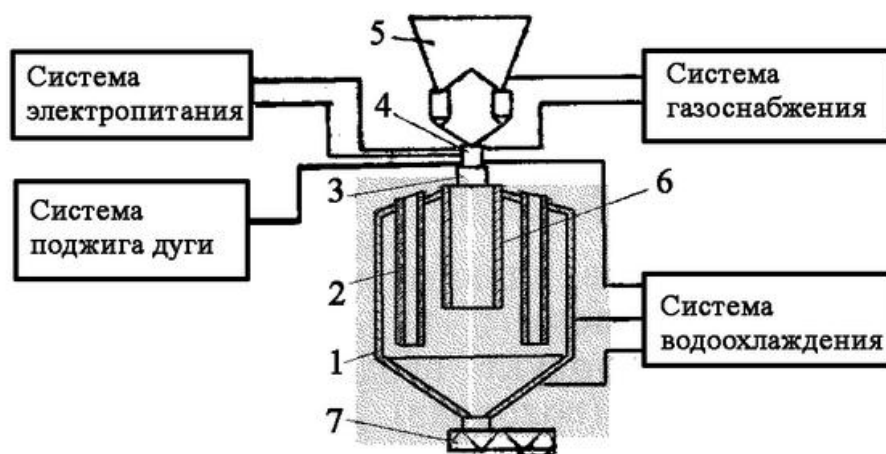


Рисунок 1.2 Схема установки для получения порошков тугоплавких металлов методом плазмохимического синтеза (восстановление оксидов):

1-корпус установки, 2-рукавные фильтры, 3-реакционная камера, 4-лазмотрон, 5-устройство ввода восстанавливаемого продукта в плазменную струю, 6-труба отжига порошка, 7-разгрузочное устройство.

Плазмохимический синтез осуществляется с использованием низкотемпературной плазмы дугового или тлеющего разрядов (обычного, высокочастотного или сверхвысокочастотного разрядов). В качестве исходного сырья используются металлы, галогениды или другие соединения. За счет достаточно высокой температуры плазмы (до 10000 К) и высоким скоростям взаимодействия обеспечивается переход практически всех исходных веществ в газообразное состояние и их последующим взаимодействием и конденсацией продуктов в виде нанопорошка с частицами правильной формы, имеющими размеры от 10 до 200 нм. Наиболее высокие температуры и мощность обеспечивается при использовании установок с дуговыми плазмотронами, а наиболее чистые и однородные нанопорошки получаются при использовании СВЧ-плазмотронов. При использовании активных сред, содержащих углерод,

азот, бор или кислород плазмохимическим синтезом получают нанопорошки карбидов, нитридов, боридов и оксидов разных элементов, а также многокомпонентные соединения. При использовании восстановительных сред возможно получение порошков тугоплавких металлов из оксидов (рисунок 2). В качестве источника создания и поддержания плазмы нагревом может использоваться и лазерный нагрев. Таким способом получают нанопорошки фуллеренов [6].

Осаждение из паровой фазы

Данные методы получения нанопорошков в настоящее время используются наиболее широко. Это связано с тем, что технологии испарения вещества с помощью различных высокоинтенсивных источников энергии и последующего осаждения его из паровой фазы являются достаточно отработанными, легко контролируются и обеспечивают высокие требования по чистоте получаемого нанопорошка, особенно при использовании камер с контролируемой атмосферой. В последнем случае чаще всего используются вакуумные камеры или камеры, заполненные инертными газами – гелием и аргоном. При испарении металлов в вакууме или инертном газе атомы металла, перешедшего в газовую фазу (пар) стремятся к объединению в частицы порядка нескольких нанометров, которые затем осаждаются на охлаждаемую подложку. Данная группа методов позволяет получать сложно легированные порошки, причем сплавы заданного состава можно получать как испарением предварительно легированного материала, так и одновременным испарением отдельных компонентов. Размер частиц получаемых порошков в зависимости от разновидности метода и технологических параметров может составлять от 5 до 100 нм [7].

В зависимости от вида процесса испарения можно выделить следующие разновидности методов.

Термическое испарение

При данном методе проводят нагрев испаряемого вещества в тигле. В настоящее время используются разные способы нагрева, как правило, с использованием высокоинтенсивных источников энергии: высокочастотный индукционный, электронно-лучевой, электродуговой, плазменный, лазерный. Типичная принципиальная схема получения нанопорошка этим методом показана на рисунке 3.

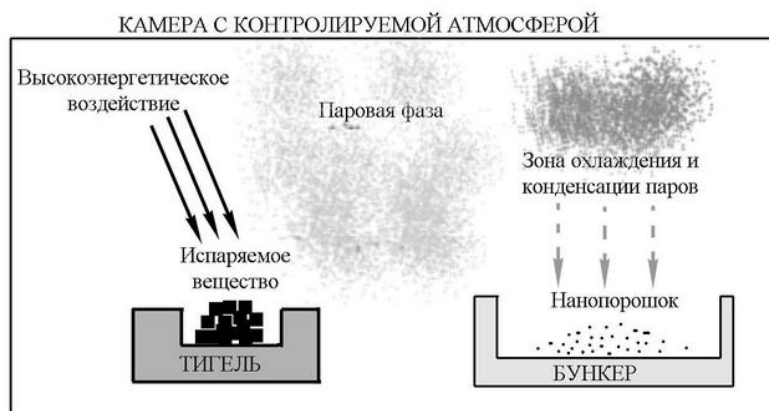


Рисунок 1.3 Принципиальная схема получения нанопорошка методом термического испарения и конденсации материала из паровой фазы [8]

Получаемые этим методом порошки имеют сферическую или ограниченную форму и могут быть, как металлическими, так и представлять собой интерметаллиды или другие соединения. Так по данным термическим испарением массивных оксидов электронным пучком в инертной атмосфере получали порошки аморфных Al_2O_3 и SiO_2 и кристаллического Y_2O_3 .

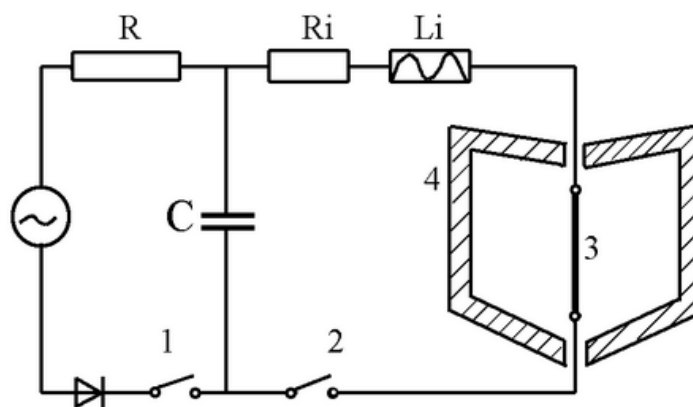


Рисунок 1.4 Схема получения порошка из проволоки взрывным испарением:

1- зарядный контур, 2- разрядный контур, 3- взрывающаяся проволока, 4- камера с инертным газом.

Взрывное испарение

Данный метод в настоящее время быстро развивается. Он основан на выделении очень большого количества энергии за малый промежуток времени. При этом материал испаряется, и затем за счет быстрого увеличения объема охлаждается с конденсацией паров в частицы малого размера. В ряде случаев часть материала может не успеть испариться, расплавляется и взрывным образом разделяется на жидкие капли. Дополнительным фактором, содействующим распылению может являться выделение растворенных в исходном материале газов. Для подвода необходимого количества энергии используются мощный импульс электрического тока. Наибольшее распространение получил вариант подобной технологии при котором используют взрыв проволоки диаметром 0,1-1 мм под действием импульса тока длительностью 10^{-5} - 10^{-6} с, напряжением 10-15 кВ и плотностью тока 10^4 - 10^6 А/мм². Схема получения порошка из проволоки взрывным испарением приведена на рис. 4.5. В данном случае разряд тока создается конденсатором. Управление размером и структурой частиц происходит в основном за счет изменения плотности и скорости подводимой энергии. Метод позволяет изготавливать порошки высокой чистоты сферической формы с размерами частиц до 5-10 нм,

в том числе из металлов с высокой температурой плавления и большой химической активностью [9].

Испарение в потоке инертного газа (левитационно-струйный метод)

При данном методе испарение металла проводится в потоке инертного газа, например, из капли расплава на конце проволоки, разогреваемой высокочастотным магнитным полем. Схема установки для получения нанопорошков испарением в потоке инертного газа показана на рисунке 5. Размер получающихся частиц зависит от скорости потока газа – с увеличением скорости он может уменьшаться с 500 до 10 нм с одновременным уменьшением разброса частиц по размерам. Рассматриваемым методом получают, в частности, нанопорошки Mn и Sb. Последний порошок вследствие большой скорости заковки в струе газа был аморфным. Имеется вариант рассматриваемого метода, называемый методом *криогенного плавления*. Он заключается в том, что плавление проволоки проводят в жидкости с очень низкой температурой, например, в жидком азоте.

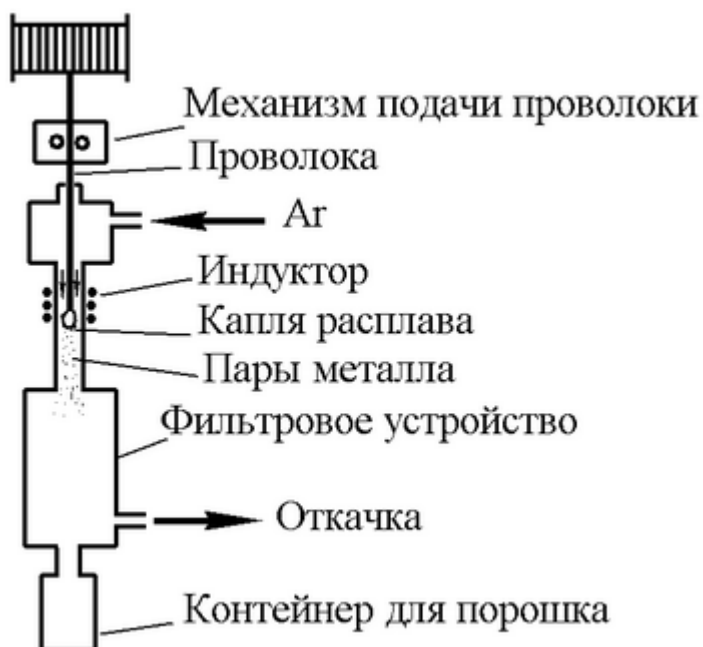


Рисунок 1.5 Схема установки для получения нанопорошков испарением в потоке инертного газа.

Распыление расплава

Данная группа методов основана на быстром распылении и охлаждении расплава исходного материала. Эта технология позволяет получить порошки размером частиц не меньше 100 нм. Вместе с тем, получаемые порошки с размером частиц 0,5-10 мкм имеют нанокристаллическую (а в ряде случаев и аморфную) структуру и, следовательно, могут также быть отнесены к наноматериалам. Процессы получения порошка можно вести в защитной атмосфере. В настоящее время для получения нано- и/или нанокристаллических порошков используются в основном три следующих варианта этой технологии.

Контактное охлаждение при помощи водоохлаждаемого диска или барабана

Этот метод основан на подаче расплавленного материала на быстро вращающийся водоохлаждаемый диск или барабан, которые изготовлены из материалов с высокой теплопроводностью. Как правило в качестве такого материала используют медь. При этом обеспечивается скорость охлаждения до 10^8 К/с. Поверхность барабана или диска выполняется шероховатой (зубчатой), так как в случае гладкой поверхности будет обеспечиваться получение фольги, полосы или проволоки толщиной порядка 10-50 мкм с аморфной или нанокристаллической структурой. Получаемый порошок отличается хлопьевидной формой частиц. Такая форма частиц может приводить к неоднородной структуре и анизотропии свойств у изделий, сформированных из подобных порошков. В связи с этим получаемые рассматриваемым методом порошки обычно дополнительно подвергают механическому измельчению. Это и является главным недостатком метода [13].

Ударное распыление расплава

При этом методе струя или капли расплава механически разбиваются на мелкие частицы при соударении с интенсивно охлаждаемыми, быстро вращающимися металлическими лопатками. Обеспечивается скорость

охлаждения до 10^7 К/с. Как и в предыдущем методе частички порошка имеют неправильную форму и для получения при последующем формовании качественных изделий с однородной структурой необходимо дополнительно подвергать порошок механическому измельчению.



Рисунок 1.6 Принципиальная схема процесса ударного распыления расплава

Электрогидродинамическое распыление расплава

В этом методе для распыления расплава используются электростатические силы. Струя расплава подается в сопло с диаметром отверстия порядка 80 мкм, перед которым расположен кольцевой электрод. К нему прикладывается постоянное напряжение 3-20 кВ. В результате из сопла вылетают положительно заряженные мелкие капли расплава, образующие после охлаждения частицы порошка. Размер частиц в зависимости от материала и технологических параметров может составлять 100 нм – 10 мкм. Недостатком этого метода является очень низкая производительность (2 г/ч с одного сопла).

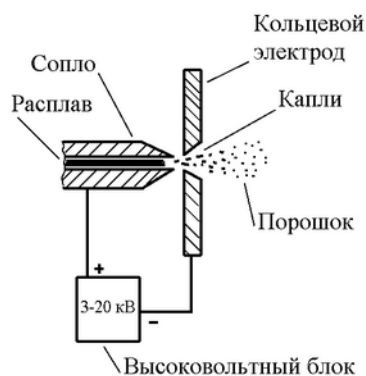


Рисунок 1.7 Принципиальная схема процесса электрогидродинамическое распыления расплава

Способы получения порошков благородных металлов

В общем случае методы синтеза наночастиц благородных металлов делятся на две категории: методы, основанные на диспергировании объемного образца, и методы, основанные на синтезе коллоидных частиц из солей и/или кислот с использованием химических восстановителей или облучения. Также для получения порошков из благородных металлов и сплавов используют электроэрозионный метод, суть которого заключается в импульсном испарении части металла под действием микро разрядов происходящим между гранулами благородных металлов помещенных в водный раствор следующего состава: углекислая соль аммония 2 - 10 л; гидроксилламин солянокислый 0,1 - 1,0 г/л; вода - остальное. Недостатком способа является низкая производительность процесса и малая скорость осаждения продуктов диспергирования.

Известен [10] способ получения металлического порошка платины путем восстановления комплексных хлоридов платины муравьиной кислотой при добавлении к реакционной массе раствора аммиака [15]. Раствор аммиака добавляется порционно до установления рН 6 - 6,5. Процесс восстановления ведут при нагревании до температуры 80 - 90°C и перемешивании. Сухой

порошок на 100% представлен металлической платиной. Содержание платины в маточном растворе не более 2 мг/л.

В работе [11] описан метод получения порошкообразного золота методом химического осаждения из водных растворов золотохлористоводородной кислоты и позволяет повысить воспроизводимость процесса при сохранении размера частиц не более 2,5 мкм, насыпной плотности 3,5-6,0 г/см³.

Таким образом, получение металлических нанопорошков возможно осуществлять различными способами, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки - производительность, чистота получаемого продукта, его дисперсность.

1.2. Получение порошков методом электрического взрыва проводника.

Существует способ получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника, суть которого – испарение металлического проводника импульсом тока большой плотности.

Основным достоинством метода является:

1. Формирование частиц сферической формы наноструктурированных по объему, что обеспечивает их высокую химическую активность.

2. Энергозатраты ниже, чем в других известных нам методах получения сферических металлических наночастиц. Это связано с тем, что в ЭВП-технологии энергия вводится в металл импульсно и объёмно, а не с поверхности, поэтому расход энергии на нагрев окружающей среды относительно низок.

3. Возможность тонкого и гибкого управления параметрами технологического процесса и соответственно свойствами получаемых порошков.

4. Получение широкой гаммы нанопорошков любых металлов и сплавов, которые выпускаются или могут быть изготовлены в виде проволоки или фольги. В некоторых случаях можно взрывать и струи расплавленного металла.

На рисунке 8 представлена схема установки для получения металлических порошков методом ЭВП [14].

На рисунке 1.8 приведена схема установки для получения металлических порошков методом электрического взрыва проводника.

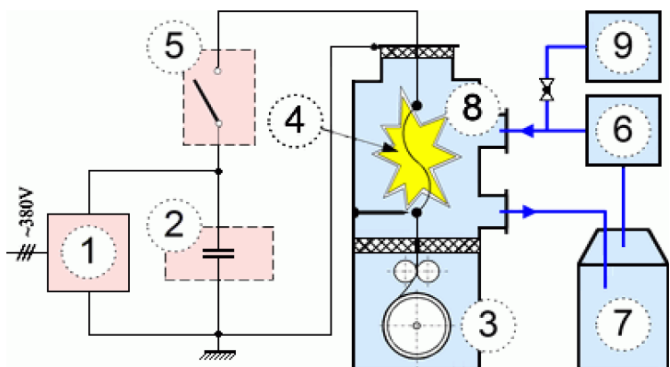


Рисунок 1.8 - схема установки для получения металлических порошков методом ЭВП;

Установка работает следующим образом: от высоковольтного источника питания (1), происходит заряд конденсаторов (2). Механизм подачи проводника (3) обеспечивает автоматическую непрерывную установку взрываемого отрезка проводника (4) между двумя электродами. Как только отрезок проводника занимает нужное расположение, срабатывает коммутатор (5), происходит разряд накопителя на этот отрезок, и происходит процесс его взрыва. Нанопорошок полученный в результате взрыва вместе с газовой атмосферой, транспортируется системой циркуляции (6), в фильтр-накопитель (7), где происходит пассивация и откуда порошок идет на дальнейшую переработку. Перед началом работы, внутренний объем установки: взрывная камера (8), механизм подачи (3), система циркуляции (6), фильтр-накопитель порошка (7), трубопроводы - вакуумируются и в дальнейшем заполняется необходимой газовой средой. Данные функции выполняет система газоснабжения (9).

В качестве газовой среды чаще всего используют инертные газы такие как аргон и гелий. Реже используют водород, азот или смеси газов, например, аргон + кислород [15].

Порошки, полученные в инертной среде, являются пирофорными, то есть воспламеняются при контакте с воздухом. Их пассивацию проводят медленным окислением компонентами воздуха или нанесением специального покрытия на поверхность частиц. Следует отметить, что свойства электровзрывных НП в сильной степени зависят не только от электрических параметров их получения, но и от условий пассивирования [16].

На рисунке 9 представлены фотографии алюминиевых порошков полученные данным методом. Частицы имеют сферическую форму, размер частиц находится в интервале от 10 до 300 нм, но, так же присутствуют крупные частицы размером до 1,5 мкм.

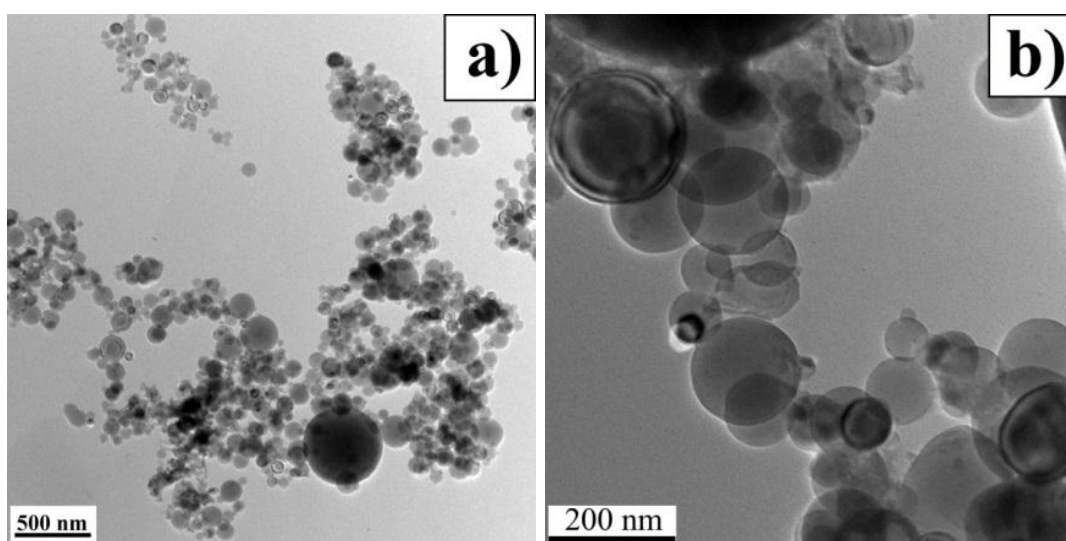


Рисунок 1.9 – ПЭМ фотографии Al порошка полученного методом электрического взрыва проводника.

По данным авторов работ [17, 18] наночастицы образуются в результате конденсации из паровой фазы. Микронные частицы образуются путем диспергирования части металлического проводника.

1.3 Заключение – формулировка целей и задач

Таким образом, не смотря на большое количество литературных данных о ЭВП в различных газах, а так же физико-химических свойств продуктов взрыва, в литературе не достаточно описан процесс получения порошков компонентом которого является платина.

Цель работы: изучить возможность получения нанопорошков сплава Pt-Pd-Cu методом электрического взрыва проводника, исследовать свойства полученных частиц.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать протекание электрического взрыва проводника состоящего из сплава Pt-Pd-Cu в атмосфере аргона и гелия;
2. Найти режимы электрического взрыва, обеспечивающие высокие уровни энергии вводимой в проводник.
3. Исследовать фазовый состав, дисперсность и морфологию порошков полученных в среде аргона и гелия.

Глава 2. Методика экспериментов

Порошки получали на установке для получения металлических порошков методом электрического взрыва проводника. Схема установки приведена на рисунке 2.1.

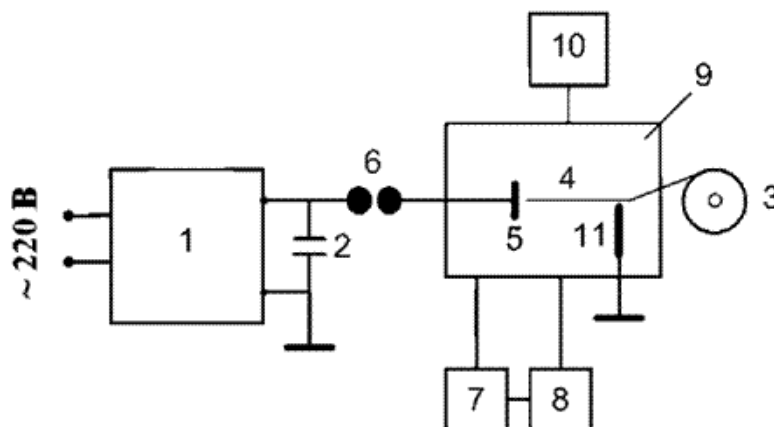


Рисунок 2.1 Принципиальная схема установки для производства нанопорошков методом ЭВП

Работа установки описана в литературном обзоре.

Для состав экспериментов довод использовали заказ проволоку довод состоящую довод из довод сплавов - Pt-Pd-Cu. Состав заказ проволоки довод следующий Pt – 60%, Pd – 32%, Cu - 8

Эксперименты проходили при следующих начальных условиях:

- Суммарная емкость конденсаторов - 1,48 мкФ;
- Рабочее напряжение - 20-30 кВ;
- Индуктивность контура - 75 мкГн;
- Газовая среда - Ar и He;
- Длина взрываемого проводника - 50 – 150 мм;
- Диаметр проводника - 0,25 мм

В каждом эксперименте регистрировали осциллограмму тока ЭВП, которую обрабатывали согласно методике [26]. В последствие, все полученные данные обрабатывали и строили графики зависимости энергии вводимой в проводник от начальных условий взрыва. По полученным графикам определяли условия ЭВП обеспечивающие оптимальные режимы взрыва в среде аргона и гелия. В этих условиях получали около 25 грамм порошка.

Полученные порошки анализировали:

- по площади удельной поверхности;
- на дисперсный состав и морфологию;
- на фазовый состав порошка.

Определение площади удельной поверхности по методу БЭТ.

Удельную поверхность измеряли с помощью анализатора «Сорбтометр-М» методом БЭТ (низкотемпературной адсорбции азото-гелиевой смеси). Предварительно обезвоженную при температуре 30°C (в течении 30 минут) навеску образца массой 50 - 100 мг поместили в реактор установки. Далее проводили измерение по пяти различным концентрациям компонентно-газовой смеси. На основании полученных результатов вычисляли среднеповерхностный диаметр (d_s) частиц порошка по уравнению [27]:

$$d_s = \frac{6}{S_{уд}\rho} \quad (2.1)$$

где $S_{уд}$ – площадь удельной поверхности м²/г; ρ – плотность металла – 18 г/см³.

Изучение морфологии частиц с помощью Просвечивающего и сканирующего электронного микроскопа.

Для определения морфологии образцов использовался электронный микроскоп JEM-100CXII. Образцы приготавливались следующим образом. Подготовленную навеску порошка массой около 10 мг растворяли в 100 мл этилового спирта, после чего обрабатывали суспензию в ультразвуковом поле

частотой 23 кГц и мощностью 400 Вт. Затем образцы фиксировались на подложке, закрепленной на медной сетке. Для каждого исследуемого образца выполнялось около 20 снимков, которые далее обрабатывали в программе “AdobePhotoshopCS3”.

Определение фазового анализа.

Рентгенофазный анализ проводили с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-7000. Диапазон углов сканирования: от 0° до 100° с шагом $0,5^{\circ}$ и скоростью сканирования 1 град/мин. Для получения достаточно хороших рентгенограмм образец тщательно измельчается – растирается в агатовой ступке агатовым пестиком (для исключения загрязнения пробы).

Глава 3. Электрический взрыв Pt-Pd-Cu проводника в среде Ar и He

На рисунке 3.1 представлены осциллограммы тока электрического взрыва Pt-Pd-Cu проводников в среде аргона при давлении 2 атм и различных длинах взрываемого проводника. Характер протекания взрыва схож со взрывами проводников, обладающих высокими коэффициентами электропроводности – например ЭВП Al или Cu. Все исследуемые режимы можно разделить на три группы [21]. Первая – ЭВП с паузой тока (рис. 3.1. а). В данном режиме наблюдается две явно выраженные стадии взрыва, первая сам процесс ЭВП (нагрев проводника, его плавление, дальнейший нагрев и разрушение), вторая – дуговая стадия, вызванная пробоем расширяющихся продуктов взрыва остаточным напряжением на конденсаторе.

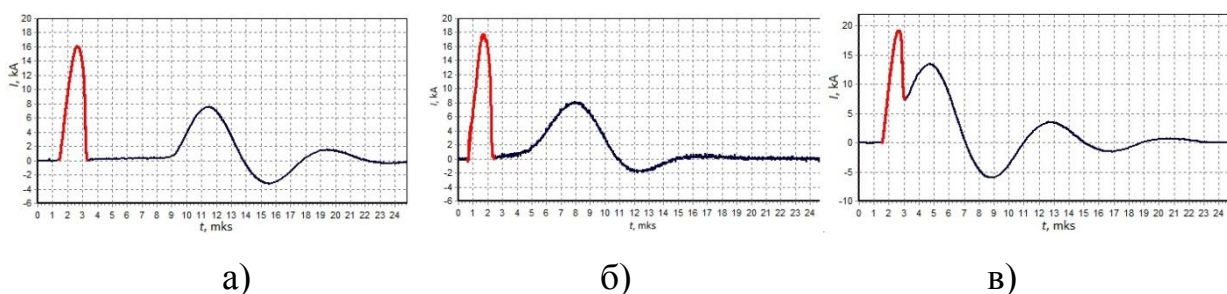


Рисунок 3.1 – Осциллограммы тока ЭВП Pt-Pd-Cu. $C = 1,48$ мкФ, $U = 25$ кВ, среда – Ar, давление – 2 атм.

а) взрыв с паузой тока, $l = 170$ мм, $\epsilon/\epsilon_c = 0,95$; б) критический режим взрыва, $l = 150$ мм, $\epsilon/\epsilon_c = 1,12$; в) взрыв без паузы тока, $l = 90$ мм, $\epsilon/\epsilon_c = 1,3$

При уменьшении длины проводника, с сохранением остальных условий ЭВП, длительность паузы тока сокращается, и в конечном результате ЭВП переходит в режим с нулевой паузой тока, называемый в литературе «критическим» режимом взрыва (рис. 3.1.б.). Дальнейшее уменьшение длины проводника приводит к переходу в режим без паузы тока (рис. 3.1.в). Обработка осциллограмм тока позволила установить, что с уменьшением длины взрываемого проводника уровень удельной энергии, вводимой в проводник,

повышается. Так ЭВП с паузой тока, обеспечивает уровень вводимой энергии – $0,95e_c$ (e_c – удельная энергия сублимация платины – $58,2 \text{ Дж/мм}^3$). В критическом режиме в проводник вводится – $1,12e_c$, а в режиме без паузы тока – $1,3e_c$. Следует отметить, что с повышением уровня энергии, вводимой в проводник, повышается и энергия, выделяемая в дуговой стадии разряда.

Данные по исследованию результатов ЭВП в более широком диапазоне напряжений (от 20 до 30 кВ), позволили построить графики зависимостей энергии, вводимой в проводник при взрыве от длины взрывающегося проводника при различных начальных напряжениях заряда конденсатора (рис. 3.2)

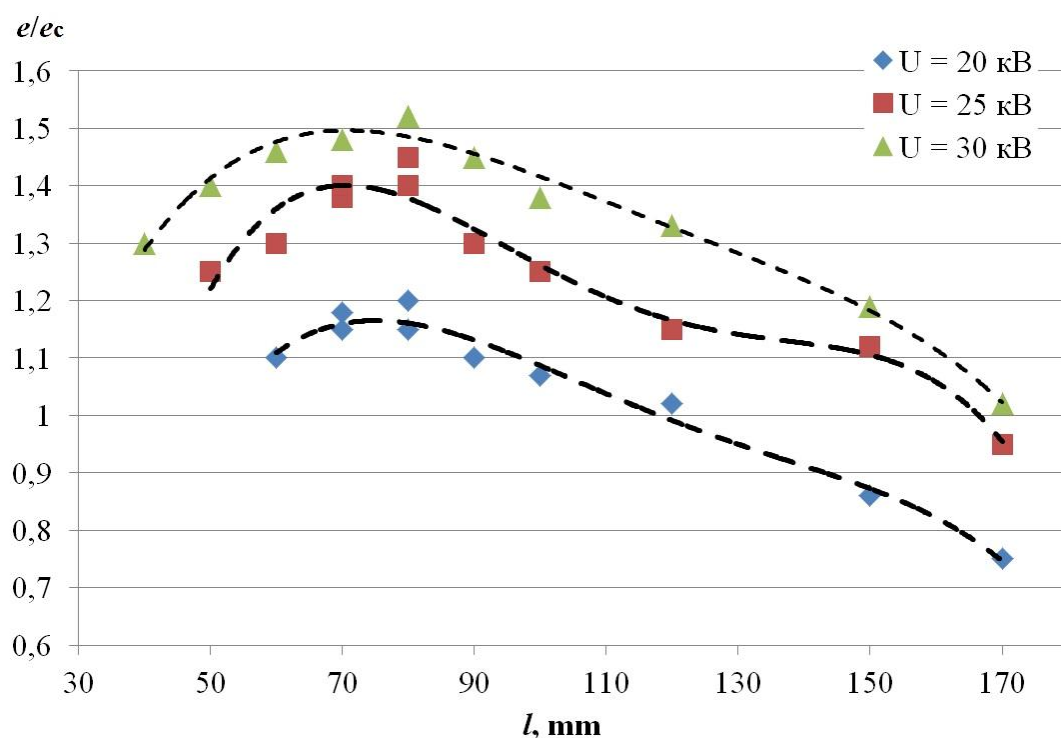


Рисунок 3.2. Зависимость энергии, вводимой в проводник от его длины. $C = 1,48 \text{ мкФ}$

Из графика (рис 3.2), следует, что возрастание энергии, вводимой в проводник, наблюдается при уменьшении его длины с 170 мм до примерно 70-80 мм. Дальнейшее уменьшение длины взрывающегося проводника приводит к снижению уровня e/e_c , что вызвано ранним возникновением дуговой стадии

разряда – шунтированием проводника дуговым разрядом, характерная осциллограмма ЭВП в таком режиме взрыва приведена на рисунке 3.3.

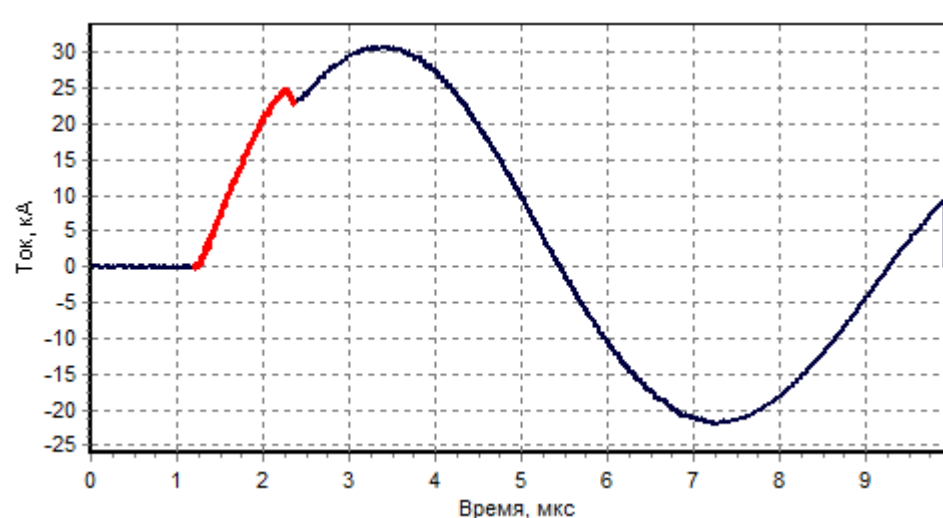


Рисунок 3.3. Осциллограмма ЭВП в режиме «шунтирования» проводника. $C = 1,48$ мкФ, $U = 30$ кВ, $l = 50$ мм.

Основывая на данных авторов [27, 28], для получения металлических порошков следует применять режимы с максимальным уровнем энергии вводимой в проводник. Т.к. увеличение количества энергии, выделяемое в дуговой стадии разряда, не позволяет существенно уменьшить средний размер получаемых порошков.

На следующем этапе работы были проведены исследования ЭВП Pt-Pd-Si в среде гелия при давлении 2 атм и тех же условиях, что и ЭВП в аргоне (рис 3.4).

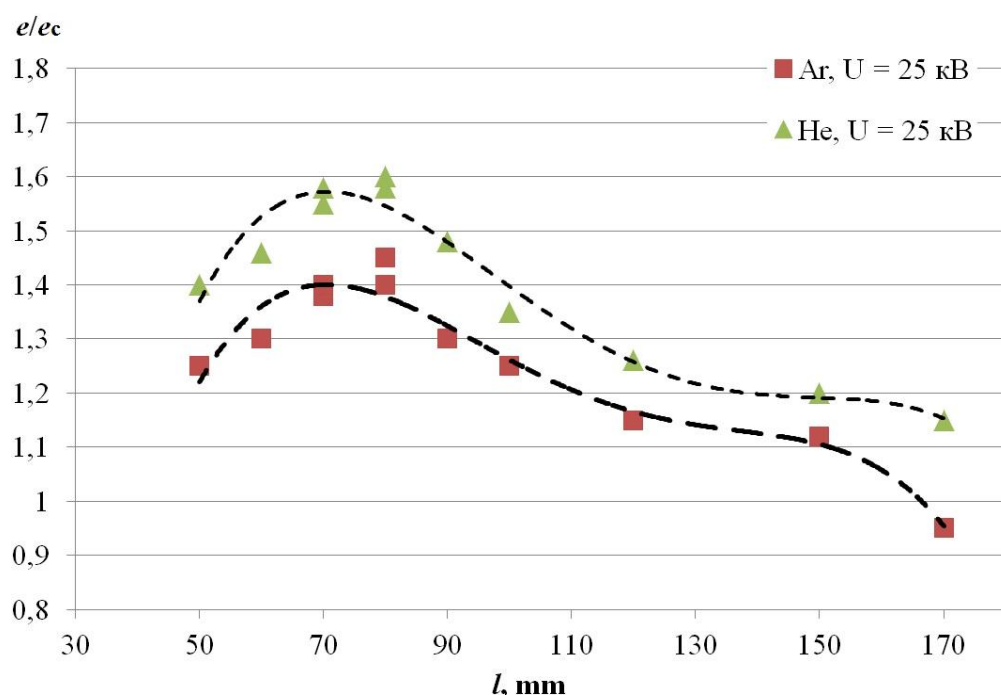


Рисунок 3.4. Зависимость энергии, вводимой в проводник от его длины.

$$C = 1,48 \text{ мкФ}, U = 25 \text{ кВ}.$$

Исследования показали, что характер взрыва проводника в среде гелия аналогичен ЭВП в среде аргона, но энергия, вводимая в проводник, при одинаковых параметрах эксперимента увеличивается. Так при ЭВП в среде аргона при давлении 2 атм и длине проводника 80 мм обеспечивает уровень энергии примерно $1,4e_c$, в среде гелия при тех же условиях уровень энергии составляет – $1,6e_c$, что на 15% выше. Энергия, выделяемая в дуговой стадии разряда, уменьшается соответственно с $1,1e_c$ до $0,9e_c$.

Анализируя полученные данные, были сделаны следующие выводы:

1. Характер протекания электрического взрыва проводника, состоящего из сплава Pt-Pd-Cu схож с электрическим взрывом проводников обладающих высоким коэффициентом электропроводности (Cu, Al). Были определены условия, при которых ЭВП наблюдалась в режимах с паузой тока, критическом режиме взрыва и режимах без паузы тока.

2. Определены зависимости уровня удельной энергии, вводимой в проводник от длины взрываемого проводника, установлены условия ЭВП

обеспечивающие наибольший уровень удельной энергии, вводимой в проводник.

3. Закономерности протекания ЭВП Pt-Pd-Cu в среде гелия, схож ЭВП в среде аргона. Однако уровень удельной, энергии вводимой в проводник при взрыве примерно на 15% больше, чем в аргоне при тех же условиях эксперимента.

Глава 4. Получение металлических порошков сплава Pt-Pd-Cu

Основываясь на данных полученных в главе 3, были выбраны режимы, обеспечивающие ЭВП с наибольшим уровнем энергии вводимой в проводник, а именно:

- суммарная емкость конденсаторной батареи 1,48 мкф;
- начальное напряжение заряда конденсаторов – 27 кВ;
- диаметр взрываемого проводника – 0,25 мм;
- длина взрываемого проводника 70 мм.

Электрический взрыв осуществлялся в среде аргона и гелия при давлении 2 атм. В каждом эксперименте получали около 15 г порошка.

В таблице 4.1 собраны результаты экспериментов и результаты анализа свойств полученных порошков.

Таблица 4.1. Результаты ЭВП и свойства порошков.

Среда	e/e_c	$S_{уд}, м^2/г$	$d_s, нм$	$a_n, нм$	$d_{ОКР}, нм$
Ar – 2 атм	1,5	2,3	145	150	86
He – 2 атм	1,7	5,5	60	30	25

где $S_{уд}$ – площадь удельной поверхности порошка;

d_s – среднеповерхностный размер частиц, рассчитанный из площади удельной поверхности порошка по уравнению (14);

a_n – среднечисловой размер частиц рассчитанный из гистограммы распределения частиц по размерам;

$d_{ОКР}$ – размер областей когерентного рассеяния (размер кристаллитов) рассчитанный по уравнению Дебая-Шерара [65].

Электрический взрыв проводника в среде гелия, обеспечил на 12% больший уровень удельной энергии, вводимой в проводник, но площадь удельной поверхности порошка, полученного в He более чем в 2 раза больше по сравнению с порошком полученным в аргоне при аналогичных условиях (5,5 $м^2/г$ и 2,3 $м^2/г$ соответственно). Среднеповерхностный размер частиц,

рассчитанный из $S_{уд}$, также отличается более чем в 2 раза. Скорее всего это вызвано не только увеличением уровня энергии, вводимой в проводник, а более низкой плотностью и более высоким коэффициентом теплопроводности гелия по сравнению с аргоном (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Свойства газов.

Газ	Плотность, г/л	Коэффициент теплопроводности, 10^{-2} Вт/(м·°С)	Электрическая прочность, кВ/см
Аргон	1,78	1,65	5,4
Гелий	0,178	14,3	5,3

На рисунках 4.1 и 4.2 приведены фотографии образцов полученные с помощью сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов.

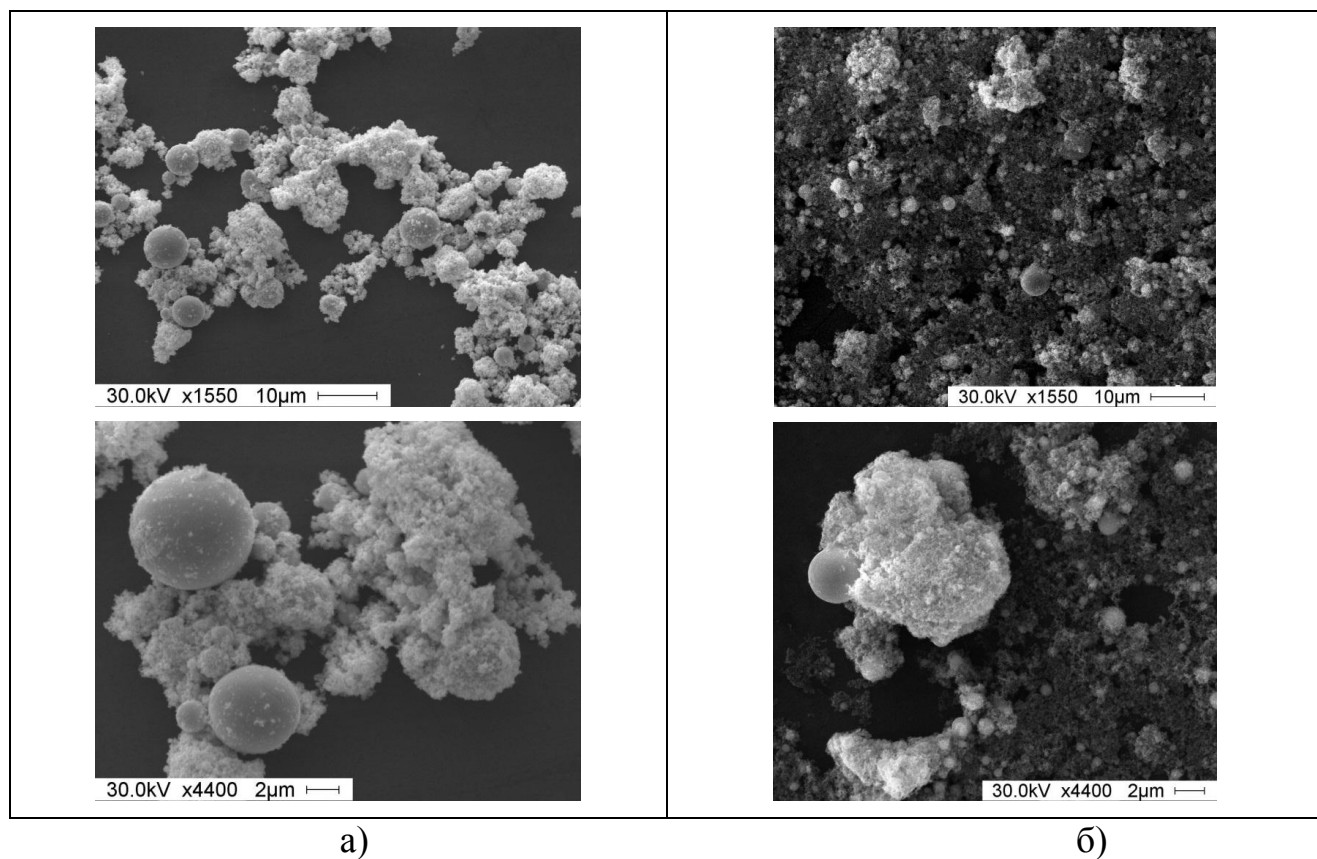


Рисунок 4.1 СЭМ фотографии образцов. а) Ar; б) He

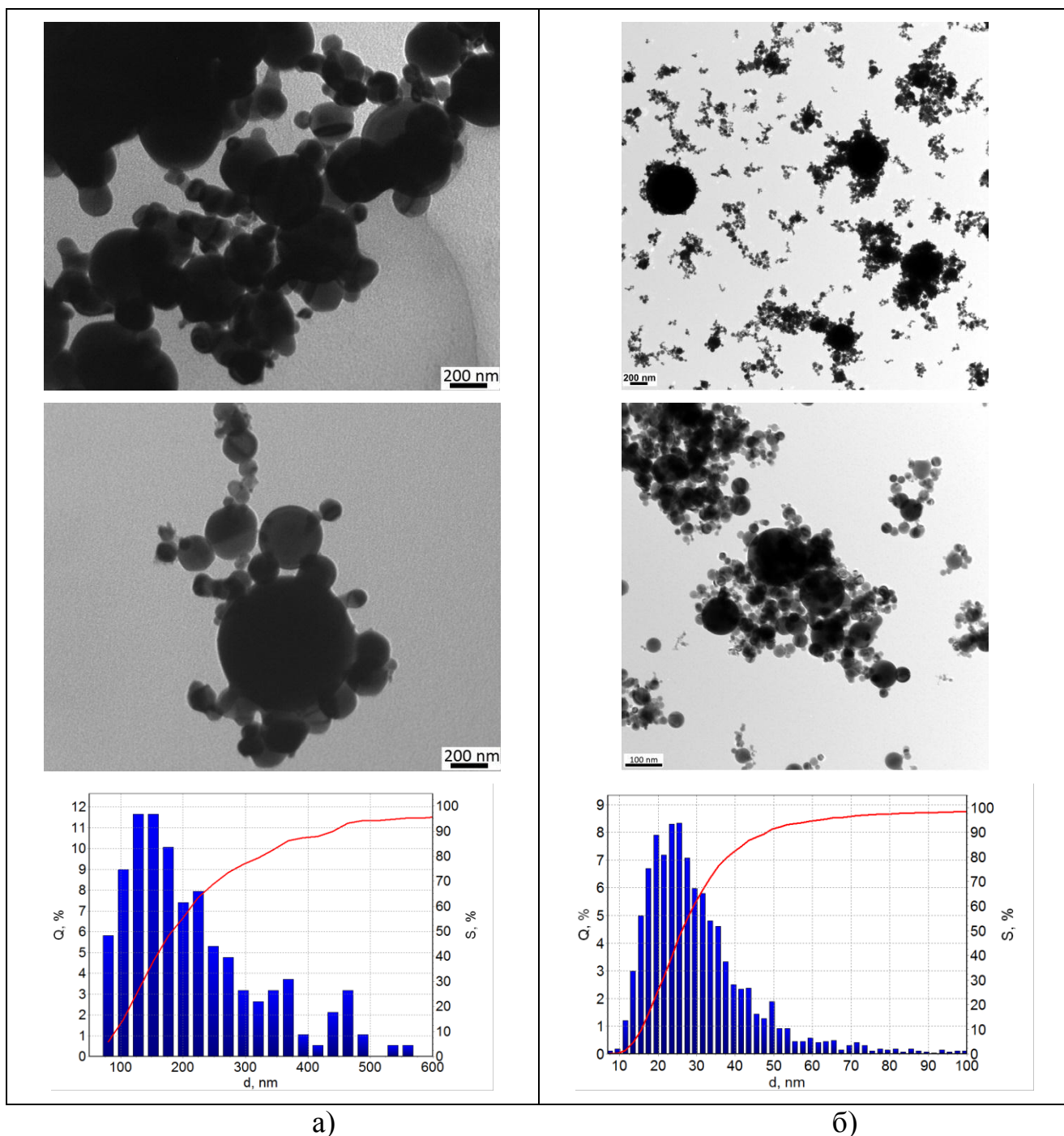


Рисунок 4.2 ПЭМ фотографии образцов и гистограммы распределения частиц по размерам. а) Ar; б) He

Порошки состоят из двух фаз. Первая – микронные частиц образующиеся при плавлении части проводника, вторая – нанометровые частицы, образующиеся при конденсации паровой фазы продуктов взрыва. Размеры и микронных и нанометровых частиц, полученных в среде гелия,

меньше. Если максимум нанометровых частиц, полученных в среде аргона, приходится на размер 150 нм, то максимум распределения частиц, полученных в аргоне – 25-30 нм.

На рисунке 4.3 приведены данные EDS анализа образца полученного в среде гелия, выполненного на просвечивающем электронном микроскопе.

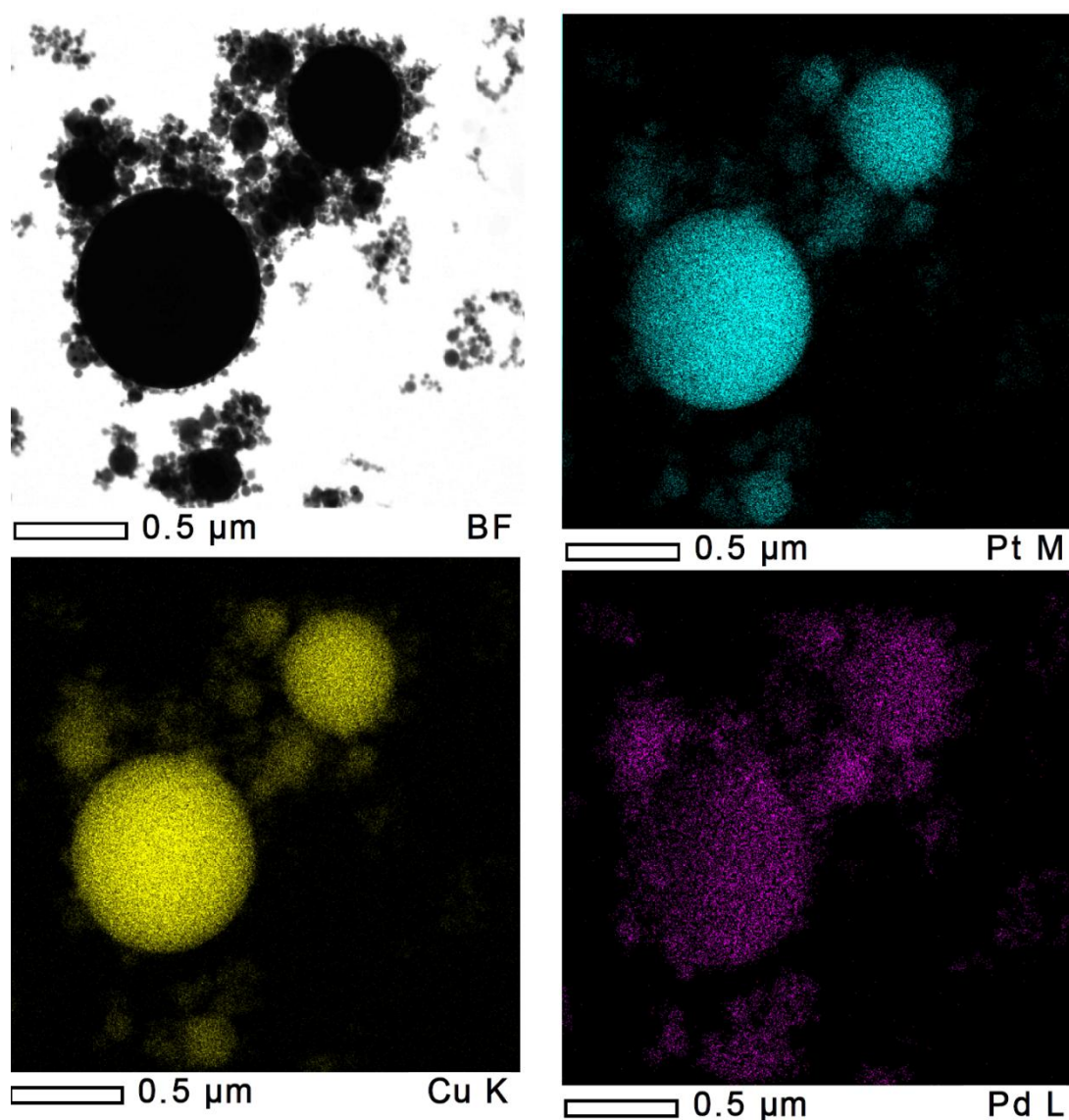


Рисунок 4.3 Данные элементного анализа образца полученного в He

Результаты анализа показали, что металлы Pt, Pd и Cu распределяются равномерно в частицах порошка.

На рисунке 4.4 приведены результаты рентгенофазового анализа полученных образцов.

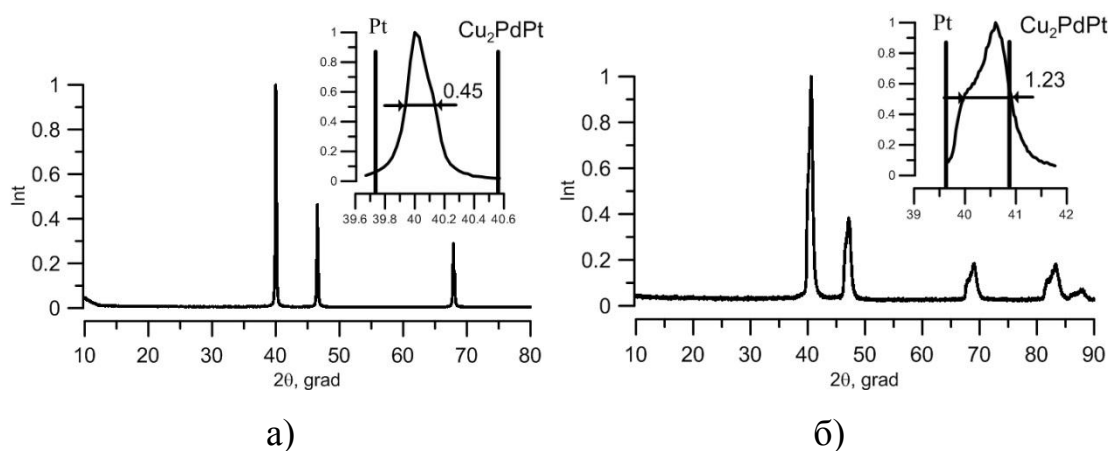


Рисунок 4.4 Рентгенограммы порошков, полученных в среде Ar (а) и He (б).

Результаты анализа показали, что рефлекс порошков, полученных как в среде аргона, так и в среде гелия находятся в промежутке между рефлексам платины и сплава Cu_2PdPt . Причем рефлекс порошка полученного в среде гелия сдвинуты к рефлексам сплава Cu_2PdPt сильнее чем для порошка, полученного в среде аргона. Заметни и существенное уширение основных пиков, так ширина основного пика на полувысоте для порошка полученного в среде аргона составляет 0,45 град, а для порошка полученного в среде гелия – 1,23 град. Расчеты областей когерентного рассеяния, выполненные по уравнению [66] показали, что величина кристаллитов у частиц, полученных в среде аргона составляет – 86 нм, а в среде гелия – 25 нм.

Таким образом, исследования показали, что ЭВП в среде гелия обеспечивает получение порошков большей дисперсности. Гелий благодаря своей низкой плотности газа, более высоким коэффициентом теплопроводности, по сравнению с аргоном, обеспечивает получение металлических порошков, состоящих из сплава Pt-Pb-Cu с размером частиц около 25-30 нм, что более чем в 5 раз меньше, чем размеры частиц, образующихся в аргоне.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ6В	Берендееву Владимиру Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	ООП	Научно-образовательный центр Н. М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление / Специальность	18.04.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. 22% - отчисления в ПФР, страховая и накопительная части; 2. 2,9% - отчисления в ФСС по временной нетрудоспособности и в связи с материнством; 3. 5,1% - отчисления в ФФОМС (в ТФОМС — 0%).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка инновационного потенциала проекта	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений

	3. SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Расчет материальных затрат НТИ 2. Основная заработная плата исполнителей темы 3. Отчисления на социальные нужды 4. Накладные расходы 5. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет коэффициента научно-технического уровня проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График проведения работ 2. Бюджет проекта (таблица) 3. Потенциальные потребители результатов исследования (таблица) 4. SWOT -анализ(таблица)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев Владимир Сергеевич		

Глава 5. Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент

5.1 Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования

Нанопорошки неорганических материалов являются самостоятельным объектом со своими характеристиками, которые определяются размерным фактором и структурными особенностями наночастиц. Поэтому широкое применение нанопорошков возможно только в технологиях, учитывающих или базирующихся на их специфических свойствах.

Основные области применения электровзрывных нанопорошков:

- 1) Применение нанопорошков в высокоэнергетических материалах и процессах.
- 2) Синтез сплавов и тугоплавких химических соединений.
- 3) Модификация эпоксидных клеев.
- 4) Катализаторы на основе электровзрывных нанопорошков.
- 5) Получение водорода с использованием нанопорошка алюминия.
- 6) Смазочные материалы, легированные нанопорошками.
- 7) Изготовление имплантирующих материалов.

Большая часть нанопорошков производится опытными партиями для собственных исследовательских целей, либо по специальным заказам, и лишь небольшое количество продается на рынке. Основные производители – научно-исследовательские институты и вузы.

Спрос на нанопорошки на внутреннем рынке еще достаточно ограничен, лишь небольшое число предприятий в настоящий момент приступили к их использованию при изготовлении собственной продукции. В основном нанопорошки закупаются различными научными организациями для проведения собственных исследований.

Позитивное развитие на рынок оказывает государственная поддержка в области нанотехнологий на государственном уровне, а также значительный объем поступающих инвестиций в данные программы по различным правительственным программам поддержки нанотеха.

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Получение нанопорошков можно осуществить механическими, химическими и физико-химическими методами. Однако на промышленном уровне получение нанопорошков можно получить механическим дроблением мономатериалов и плазмохимическим методом. В 12 лаборатории ТПУ университета разработан уникальный способ получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника. Данный метод является наиболее конкурентоспособным.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{к1}	Б _ф	К _{к1}	К _ф
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности	0,15	3	4	0,45	0,6
2. Простота изготовления	0,1	3	4	0,3	0,4
3. Энергоэкономичность	0,05	2	3	0,1	0,15
4. Надежность	0,05	4	4	0,2	0,2
5. Экологичность технологии и материала	0,1	3	4	0,15	0,2
6. Материалоемкость	0,15	4	5	0,3	0,75
7. Широта области	0,15	3	4	0,45	0,5

применения					
------------	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 5.1

Экономические критерии оценки эффективности					
8.Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	0,3	0,5
9. Цена	0,15	3	3	0,45	0,45
10.Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
Итого	1.0	37	41	3.65	3,95

K_1 - механическое дробление. K_{ϕ} - электрический взрыв проводника.

По нашему мнению, наиболее целесообразным по технологическим и экономическим соображениям является получение нанопорошков методом электрического взрыв проводника.

5.1.2 SWOT-анализ

Активное развитие порошковой металлургии позволило довольно заметно упростить и удешевить технологические процессы изготовления деталей, но при переходе на порошковую технологию встает вопрос о достижении необходимых физико-механических характеристик полученных сплавов. Преимуществами получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника являются: высокая производительность; чистота получаемых нанопорошков и узкий диапазон размеров. Недостатками данного метода является тот факт, что невозможно получить наноматериала не металлов и узкий направленность специалистов работающих на установке по получению нанопорошков.

Таблица 5.2 –Матрица SWOT

	Сильные стороны научно исследовательского проекта: С1.Возможность варьирования состава, т.е состав исходного материала. С2. Высокая производительность С3.Снижение себестоимости изделия	Слабые стороны научно исследовательского проекта: Сл1. Сложность регулировать пассивацию нанопорошков, вероятность образования оксидной пленки.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е использование научного оборудования) В2. В связи с последними политическими событиями наблюдается тенденция на импортозамещение в данной отрасли. В3. Участие в грантах.	С1В2 – вероятность расширения кол-ва поставщиков(снижение себестоимости изделия) С1В3 - упрощение внедрения технологии в производство за счет аддитивных технологий. С2В2 – позволяют при наличии спроса быстро нарастить объемы производства С3В2, С4В2- качество и стоимость продукта будет являться конкурентным на российском рынке	В1Сл3 –новейшее оборудование, позволит на ранних стадиях исследование, выявить и предотвратить появление брака
Угрозы: У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований.		

5.2 Инициация проекта

Цели и результат проекта.

В получении результата заинтересованы следующие стороны, представленные в таблице 4.3.

Таблица 5.3 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Заинтересованные стороны проекта
Наличие НИОКР	Наличие НИОКР
Студент	Защита магистерского диплома. Получение высшего образования
Предприятия, занимающиеся изготовлением подшипников	Сокращение времени на производство. Большая производительность. Снижение себестоимости
Потребители	Низкая стоимость изделий по сравнению, с изделиями полученными стандартными методами. Качество нанопорошка.
Государство	Возможность импортозамещение

В таблице 5.4 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 5.4 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	1. Получение нанопорошков платины и тантала. 2. Изучение свойств нанопорошков, и поиск их областей применения.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение нанопорошков сферической формы, с высоким качеством состава, с заданными размерами в узком диапазоне.
Критерии приемки результата	Законченная научно-исследовательская работа, авторы которой имеют список публикаций и участие на

проекта:	международных конференциях.
----------	-----------------------------

Продолжение таблицы 9

Требования к результату проекта:	Требование:
	Результат проекта должен иметь актуальное теоретическое и практическое значение
	Наглядные иллюстрации (графики и диаграммы)
	Выполнения проекта в срок

Организационная структура проекта

Таблица 5.5 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Пустовалов Алексей Витальевич	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	1024
Берендеев Владимир Сергеевич	Исполнитель по проекту	выполняет отдельные работы по проекту	1624

Ограничения и допущения проекта

Таблица 5.6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	395421тыс.руб
3.1.1. Источник финансирования	
3.2. Сроки проекта:	ТПУ
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	25.08.2017
3.2.2. Дата завершения проекта	22.05.2018

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

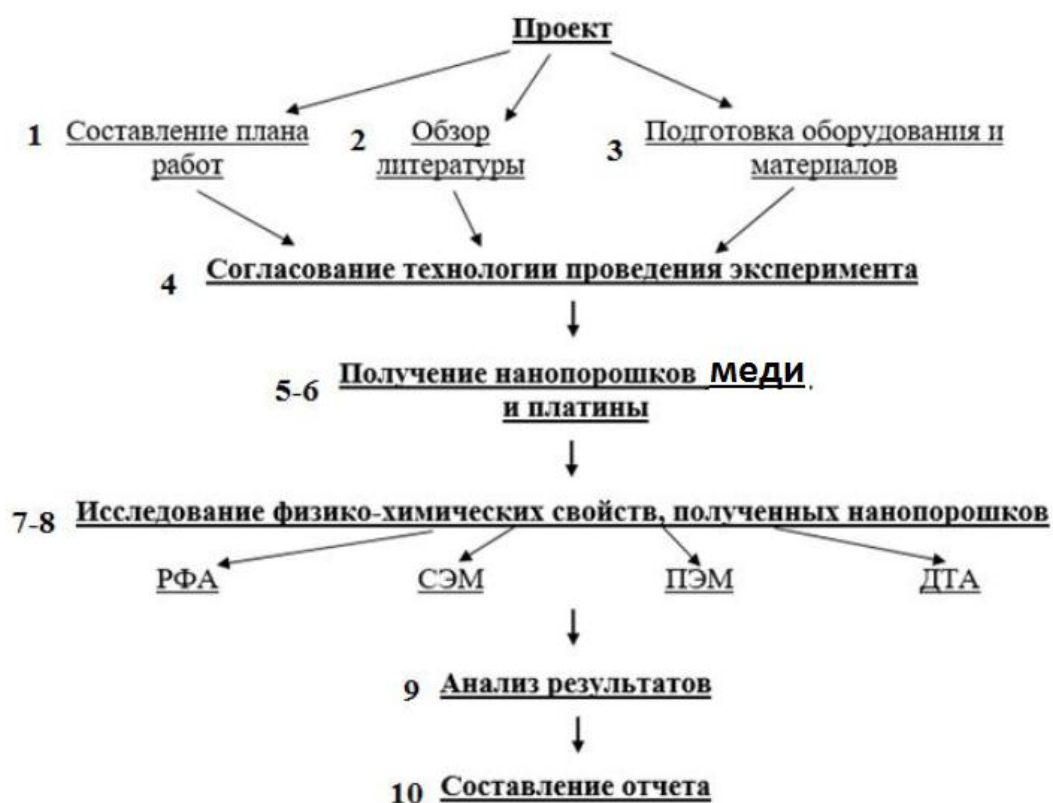


Рисунок 5.1 Иерархическая структура проекта

5.3.2 Контрольные события проекта

Таблица 5.7 – Контрольные события проекта

№ работ	Контрольное событие	Результат (подтверждающий документ)
1	Составление плана работ	Утверждение участников исследования
2	Обзор литературы	Отчет по изученной литературе.
3	Подготовка оборудования и материалов	Подготовка установки УДП-150 и закупка проволоки
4	Согласование технологии проведения эксперимента	План эксперимента
5	Получение нанопорошков меди и платины	Нанопорошки
6	Исследование физико-химических свойств, полученных нанопорошков	Результаты микроскопии и рентгена-фазового анализа
7	Анализ результатов	Фазовый состав, морфология и величина площади удельной поверхности
8	Составление отчета	Отчет
9	Отчет по исследовательской работе	Отчет
10	Защита диплома	Диплом

5.3.3 План проекта

Таблица 5.8 – Календарный план проекта

№ работ	Длительность, раб. дни	Дата начала-окончания работ	Состав участников
1	22	1.09.15 1.10.15	Пустовалов А.В. Берендеев В.С.
2	11	2.10.15 15.10.15	Берендеев В.С.
3	2	15.10.15 17.10.15	Берендеев В.С.
4	30	20.10.15 28.11.15	Пустовалов А.В. Берендеев В.С.
5	10	1.12.15 12.12.15	Берендеев В.С.
6	24	12.12.15 20.01.16	Пустовалов А.В. Берендеев В.С.
7	8	21.01.16 1.02.16	Пустовалов А.В. Берендеев В.С.
8	42	2.02.16 6.04.16	Берендеев В.С.
9	29	6.04.16 9.05.16	Берендеев В.С.
10	25	10.05.16 15.06.16	Берендеев В.С.
Итого:	203		

На рисунке 4.2 представлен линейный график работ.



Рисунок 5.2 – Линейный график работ

5.3.4 Бюджет научного исследования

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Таблица 5.9 – Сырье, материалы

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Проволока Cu	1 кг	7 000	7 000
Проволока Pt	0,5 кг	120 000	60 000
Аргон	50 л	100	5 000
Всего за материалы			72 000

Амортизационные отчисления

$$H_a = (1/T) \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

$$A = (S/365) \cdot H_a \cdot t, \quad (4.2)$$

где t – время эксплуатации (дни);

T – срок службы;

H_a – норма амортизации.

Таблица 5.10 – Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок службы, Т, дни	Время эксплуатации, t, дни	Норма амортизации	Амортизационные отчисления, руб.
Установка УДП-150	1 000 000	5 475	10	0,067	1 836
Компьютер	30 000	2 190	60	-	30000
ИТОГО					31836

Расчет заработной платы

Заработная плата рабочим рассчитана по тарифным ставкам и отработанному времени. Расчет заработной платы персоналу сведем в таблицу 4.11.

Таблица 4.11 – Расчёт заработной платы

Исполнители	Зарплата, руб./мес.	Средняя ЗП (22 раб дня)	Количество отработанных дней	Всего з.п, руб	Дополнительная з.п	Отчисления на социальные нужды
Руководитель	25 000	1 136	84	95424	11451	23492
Исполнитель	9 000	409	203	83027	9963	20179
Итого:				178451	21414	43671

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

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.3)$$

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.4)$$

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

Отчисления на социальные нужды составляет 30,2%

Затраты на электроэнергию

Тариф на электроэнергию – 4,63 руб/(КВт ч).

Таблица 4.12 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время эксплуатации, час	Расход электроэнергии, руб.
Установка УДП 150	3,5	10	162
Компьютер	0,35	240	389
ИТОГО			551

Затраты на водоснабжение

Тариф на водоснабжение 30,22 р. м³

Примерный расход воды за время исследований составляет 10 м³

Затраты на водоснабжение за весь период исследования составляет 302 руб.

Затраты на водоотведение

Тарифы на водоотведение 20,59 р.м³

Затраты на водоотведение за весь период исследования составляет 206 руб.

Накладные расходы

Накладные расходы составляют 25% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.5)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Таблица 5.13 – Накладные расходы

Исполнитель	Всего з.п.,руб.	Дополнительная З.п., руб.	Накладные расходы, руб.
Руководитель	95424	11451	26719
Исполнитель проекта	83027	9963	23248
Итого			49967

В данной статье затрат рассматриваются расходы по оплате услуг сторонних организаций, связанных с исследованиями НИОКР. В таблице 4.9 представлены затраты на исследования 8 образцов.

Таблица 5.14 – Расходы на сторонние организации

Организация	Выполняемые работы	Сумма, руб.
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Проведение рентгенофазового анализа	16800
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Определение удельной поверхности (БЭТ-анализ)	4000
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Проведение просвечивающей электронной микроскопии с разрешением 0,14 нм.	1400
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Пробаподготовка для проведения	1200

	просвечивающей электронной микроскопии.	
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Проведение сканирующей электронной микроскопии разрешением 1 нм. с	1200
НОИЦ "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ	Пробоподготовка для проведения сканирующей электронной микроскопии.	1600
Итого		26200

Полная смета затрат на выполнение НИР

Полная смета затрат приведена в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Полная смета затрат

Статьи	Затраты, руб
Сырые материалы	72 000
Заработная плата	178 451
Дополнительная заработная плата	21 414
Отчисления на социальные нужды	60 359
Сторонние организации	26 200
Амортизация оборудования	31 836
Прочие расходы	1 059
Накладные расходы	49 967
Итого	441 286

Проанализировав смету затрат на выполнение научно – исследовательской работы позволило сделать вывод, что существующий вариант решения, поставленной в магистерской диссертации химической задачи с позиции финансовой и реурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Глава 6. Социальная ответственность

6.1 Описание рабочего места

Работа выполнялась в лаборатории №12 ИФВТ, в 11«г» корпусе Томского политехнического университета. Опыты проводились на установке для получения нанопорошков «УДП-150», таким образом, исходя из характера работы и используемого в процессе исследовательской деятельности оборудования в подразделе «Производственная безопасность» будет рассматриваться рабочее место лаборанта.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, наличие вредных веществ, и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Лаборатория имеет следующие отделы и помещения:

1) Боксы с установками – помещения где непосредственно располагаются установки и осуществляется процесс взрыва проводника.

2) Отдел с боксами для сбора порошка – помещение где происходит сбор полученных порошков из накопителей в пакеты или специальные контейнеры.

3) Подготовительный отдел – помещение для подготовки проводников, взвешивания порошков и катушек с проволокой.

4) Аналитический отдел – отдел в котором происходит обработка данных, хранение документации и выполняются расчеты.

6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, баллоны высокого давления с различными газами и учитывая пираторность получаемых порошков, могут быть следующие вредные факторы: а) не комфортные метеоусловия; б) недостаточная освещенность; в) наличие огнеопасных веществ; г) наличие вредных веществ.

6.2.1 Метеоусловия и микроклимат на рабочем месте

Под микроклиматом понимаются метеорологические условия внутренней среды рабочего помещения, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

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

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

Оптимальные параметры микроклимата в рабочей зоне приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Оптимальные параметры микроклимата в рабочей зоне

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

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Воздух, поступающий в рабочие помещения, должен быть очищен от загрязнений, в том числе от пыли и микроорганизмов. Патогенной микрофлоры быть не должно. Кондиционирование воздуха должно обеспечивать поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание необходимого избыточного давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха. Температура подаваемого воздуха должна быть не ниже 19°C.

В таблице 6.2 отображены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 6.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

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

6.2.2 Вредные вещества и работа с нанопорошками

Так как, основная часть работы связана с получением и изучение нанопорошков тантала и платины ниже приведены ГОСТы и нормативы при работе с данными порошками.

Согласно ГН 2.2.5.1313-03 тантал и платина относятся к 4 классу опасности.

В таблице 5.3 представлены предельно допустимые концентрации (ПДК) тантала в воздухе рабочей зоны.

Таблица 6.3 – предельно допустимые концентрации (ПДК) тантала в воздухе рабочей зоны

Элемент	Величина ПДК (мг/м ³)	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе	Класс опасности	Особенности действия на организм
Медь (Cu)	-/10	а	4	Ф

Примечание: 4 класс – малоопасные; а – аэрозоль; Ф - аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

По платине ПДК отсутствует.

Для каждого работника, связанного с разработкой с нанопорошками, предусмотрены следующие средства индивидуальной защиты:

- 1) костюм хлопчатобумажный, куртка на утепляющей прокладке по ГОСТ 1126;
- 2) брезентовые рукавицы по ГОСТ 12.4.010;
- 3) резиновые перчатки по ГОСТ 20010;
- 4) хлопчатобумажные перчатки по ГОСТ 12.4.183 и ГОСТ 5007;
- 5) ботинки на кожаной подошве по ГОСТ 28507 и ГОСТ 12.4.137;
- 6) противоаэрозольный респиратор по ГОСТ 12.4.004;
- 7) противогаз по ГОСТ 12.4.041;
- 8) защитная маска по ГОСТ 12.4.041 или щиток по ГОСТ 12.4.023.

6.2.2.1 Работа с нанопорошком меди

Работы с порошком выполнялись, основываясь на ГОСТ 18904.0-89. В основных требованиях безопасности указано:

- 1) Медь и её соединения в воздухе рабочей зоны не образуют токсичных веществ и относятся к четвертому классу опасности.

2) Лабораторные помещения, в которых выполняется химическая обработка навесок меди, должны быть оборудованы вентиляционными системами по ГОСТ 12.4.021. 88

3) Пожарная безопасность лабораторных помещений должна обеспечиваться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004.

4) К работе в аналитической лаборатории должны допускаться лица, прошедшие инструктаж в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

5) Общие требования безопасности при анализе тантала – нормативно-технической документации.

6.2.2.2 Работа с нанопорошком платины

Проведение работы с порошком платины основывались в основном на ГОСТ 14837-79. Также, как и при работе с порошком тантала, ниже приведены основные требования безопасности:

1) Платина и её соединения в воздухе рабочей зоны не образуют токсичных веществ и относятся к четвертому классу опасности.

2) Лабораторные помещения, в которых выполняется химическая обработка навесок платины, должны быть оборудованы вентиляционными системами по ГОСТ 12.4.021.

3) Пожарная безопасность лабораторных помещений должна обеспечиваться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004.

4) К работе в аналитической лаборатории должны допускаться лица, прошедшие инструктаж в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

5) Общие требования безопасности при анализе платины – нормативно-технической документации.

6.2.3 Пожарная безопасность

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Помещение, в котором расположена лаборатория, оснащено пожарными кранами с пожарными рукавами. На видном месте висит план эвакуации из лаборатории. В помещении самой лаборатории имеются средства первичного пожаротушения, такие как песок, огнетушитель, асбестовые покрывала и т.д.

План эвакуации из лаборатории при пожаре представлен на рисунке 5.1.

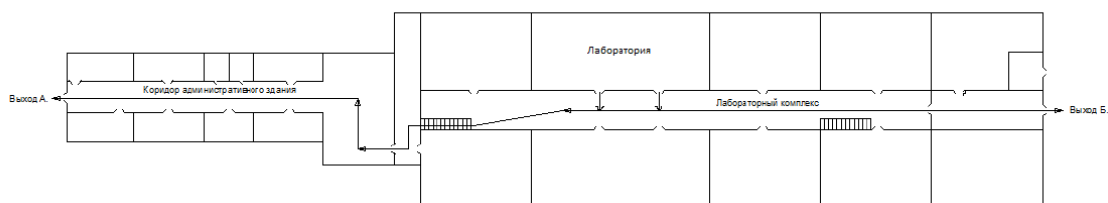


Рисунок 6.1 – План эвакуации из лаборатории

Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначен человек, который организует все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды.

Все сотрудники лаборатории обучены правилам обращения со взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также умеют обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

6.2.3.1 Классификация огнетушителей

Огнетушители делятся на переносные (массой до 20 кг) и передвижные (массой не менее 20, но не более 400 кг). Передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько емкостей для зарядки ОТВ, смонтированных на тележке.

По виду применяемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяют на:

- 1) водные (ОВ);
- 2) пенные, которые, в свою очередь, делятся на:
- 3) воздушно-пенные (ОВП);
- 4) химические пенные (ОХП)
- 5) порошковые (ОП);
- 6) газовые, которые подразделяются на:
- 7) углекислотные (ОУ);
- 8) хладоновые (ОХ)
- 9) комбинированные.

Водные огнетушители по виду выходящей струи подразделяют на:

- 1) огнетушители с компактной струей – ОВ(К);
- 2) огнетушители с распыленной струей (средний диаметр капель более 100 мкм) - ОВ(Р);
- 3) огнетушители с мелкодисперсной распыленной струей (средний диаметр капель менее 100 мкм) – ОВ(М).

Огнетушители воздушно-пенные по параметрам формируемого ими пенного потока подразделяют на:

- 1) низкой кратности, кратность пены от 5 до 20 включительно – ОВП(Н);
- 2) средней кратности, кратность пены свыше 20 до 200 включительно – ОВП(С).

По принципу вытеснения огнетушащего вещества огнетушители подразделяют на:

- 1) закачные;
- 2) с баллоном сжатого или сжиженного газа;
- 3) с газогенерирующим элементом;
- 4) с термическим элементом;
- 5) с эжектором.

По значению рабочего давления огнетушители подразделяют на огнетушители низкого давления (рабочее давление ниже или равно 2,5 МПа при температуре окружающей среды $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и огнетушители высокого давления (рабочее давление выше 2,5 МПа при температуре окружающей среды $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$).

По возможности и способу восстановления технического ресурса огнетушители подразделяют на:

- 1) перезаряжаемые и ремонтируемые;
- 2) неперезаряжаемые.

По назначению, в зависимости от вида заряженного ОТВ, огнетушители подразделяют:

- 1) для тушения загорания твердых горючих веществ (класс пожара А);
- 2) для тушения загорания жидких горючих веществ (класс пожара В);
- 3) для тушения загорания газообразных горючих веществ (класс пожара С);
- 4) для тушения загорания металлов и металлосодержащих веществ (класс пожара Д);
- 5) для тушения загорания электроустановок, находящихся под напряжением (класс пожара Е).

В помещении лаборатории имеются два порошковых огнетушителя марки ОП-4, для тушения возможных пожаров, вызванных возгоранием нанопорошков или электропроводки.

Курить в помещениях лаборатории строго запрещается!

Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки.

Все нагревательные приборы установлены на термоизолирующих подставках.

Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

6.2.3.2 Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

1) По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д.

2) Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Категории пожарной опасности наружных установок определяются, исходя из вида находящихся в наружных установках горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

3) Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

6.2.3.3 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с табл.1.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 6.4, от высшей (А) к низшей (Д).

Таблица 6.4 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении.
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5кПа.
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени;

	горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Помещение лаборатории относится к категории В4, так как в ней происходят работы с нанопорошками которые могут самовоспламенятся при контакте с воздухом.

Помещение лаборатории оснащено датчиками пожарной безопасности.

После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

6.3 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1) Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2) Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы

(металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3) Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Помещение лаборатории относится к особо опасным, так как установка для получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника работает в интервале напряжений от 14000 В до 30000 В.

Для обеспечения безопасности и полного исключения возможности поражения электрическим током, установка находится в полностью изолированном боксе и также имеет заземление. Допуск к работе на данной установке имеют сотрудники прошедшие специальную подготовку и имеющие IV категорию по электробезопасности.

Все помещения лаборатории соответствуют требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-79.

Для отключения электросетей на вводах имеются рубильники. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

- 1) работать на неисправных электрических приборах и установках;
- 2) перегружать электросеть;
- 3) переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;

4) работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;

5) загромождать подходы к электрическим устройствам.

О всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

В случае перерыва в подаче электроэнергии электроприборы должны быть немедленно выключены.

Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью рубильника.

При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим не проводящим ток предметом источник поражения.

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Все сотрудники лаборатории каждые полгода проходят экзамен по электробезопасности и имеют категорию не ниже второй.

6.4 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении

людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Норма освещенности согласно СНиП 200 –300 Лк. Таким образом:

- допустимый уровень – 200 Лк;
- максимальный уровень 300 Лк;
- оптимальный уровень 150 Лк.

Расчет уровня освещенности офисного помещения.

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения.

Расчет освещения производится для комнаты площадью 30 м². Воспользуемся методом светового потока.

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

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

где: Φ – рассчитываемый световой поток, Лм;

E_n – нормированная минимальная освещенность, Лк ($E = 300$ Лк);

S – площадь освещаемого помещения ($S = 30$ м²);

Z – отношение средней освещенности к минимальной ($Z = 1,1$);

$KЗ$ – коэффициент запаса ($K = 1,5$); n – число ламп в помещении;

Γ – коэффициент использования светового потока;

Вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (6.2)$$

где: S – площадь помещения, $S = 30 \text{ м}^2$;

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

A – ширина помещения, $A = 5 \text{ м}$;

B – длина помещения, $B = 6 \text{ м}$.

Подставив значения получим:

$$I = \frac{30}{2,5 \cdot (5 + 6)}$$

Зная индекс помещения I , $R_c = 30\%$, и $R_p = 50\%$, по таблице находим

$n = 0,26$.

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОД мощностью 65 Вт, при этом разрывы между светильниками в ряду составят 1,33 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 12$.

Подставим все значения в формулу для определения светового потока

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{0,26 \cdot 12} = 4759,62 \text{ Лм}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов: выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ 60 Вт с потоком 4600 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq -3,45\% \leq +20\%$$

6.5 Шум и вибрация

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

1) устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

2) изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;

3) применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ: применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучений отдельных источников (1):

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1L_i}, \quad (6.3)$$

где L_i – уровень звукового давления i -го источника шума;

n – количество источников шума.

Основным источником производственного шума и вибрации являются двигатель системы вентиляции и установка УДП-150.

Уровни звукового давления источников шума, действующих на оператора на его рабочем месте, представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Вакуумный насос	25
Система вентиляции	20
Установка УДП – 150	65

Подставив значения уровня звукового давления для каждого вида оборудования в формулу, получим:

$$L_{\Sigma}=10 \cdot \lg(102,5+102+106,5) = 65,5 \text{ дБ}$$

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются: виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы). Во время проведения опытов на установке УДП-150 все сотрудники пользуются наушниками и очками.

6.6 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

В данной работе нанопорошки платины и тантала получали методом электрического взрыва проводника, который в данный момент является одним из самых экологически безвредных. Получение порошков осуществляется в среде инертных газов или воздухе без добавления различных химических и

других добавок, что полностью исключает вредные выбросы в атмосферу. Метод электрического взрыва проводника является не очень энергозатраты, что также положительно сказывается на его экологической значимости.

Работа установки сопровождается минимальным выделением тепла. Практически вся энергия тратится на нагрев непосредственно проводника и его взрыв, что значительно повышает КПД электровзрывного метода по сравнению с другими.

6.7 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

При возникновении диверсии или ЧП, в здании лаборатории должны быть предусмотрены резервные дизельные электрогенераторы, для обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии.

Эвакуации с территории лаборатории осуществляется на личном автотранспорте или пешком, для этого существуют все условия, 2 дороги, ведущие к корпусу, стоянка для личного автотранспорта. Служебный транспорт не предусмотрен.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

6.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1) ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

2) ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

3) СанПиН: 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным вычислительным машинам и организации работы".

4) ГОСТ Р 52084-2003. Приборы электрические бытовые. Общие технические условия.

5) СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

6) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

7) ГОСТ 14837-79. Требования безопасности при работе с порошками платины и тантала.

8) ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

9) ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

10) ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

11) СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

12) СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещ

Заключение

Анализируя полученные данные, были сделаны следующие выводы:

1. Характер протекания электрического взрыва проводника, состоящего из сплава Pt-Pd-Cu схож с электрическим взрывом проводников обладающих высоким коэффициентом электропроводности (Cu, Al). Были определены условия, при которых ЭВП наблюдалась в режимах с паузой тока, критическом режиме взрыва и режимах без паузы тока.

2. Определены зависимости уровня удельной энергии, вводимой в проводник от длины взрываемого проводника, установлены условия ЭВП обеспечивающие наибольший уровень удельной энергии, вводимой в проводник.

3. Закономерности протекания ЭВП Pt-Pd-Cu в среде гелия, схож ЭВП в среде аргона. Однако уровень удельной, энергии вводимой в проводник при взрыве примерно на 15% больше, чем в аргоне при тех же условиях эксперимента.

4. ЭВП в среде гелия обеспечивает получение порошков большей дисперсности. Гелий благодаря своей низкой плотности газа, более высоким коэффициентом теплопроводности, по сравнению с аргоном, обеспечивает получение металлических порошков, состоящих из сплава Pt-Pb-Cu с размером частиц около 25-30 нм, что более чем в 5 раз меньше, чем размеры частиц образующихся в аргоне.

Список используемых источников:

1. И.В. Шутов Исследование пористости порошкца оксида алюминия методом газовой полимолекулярной низкотемпературной адсорбции // И. В. Шутов, В.Е. Анкудинов, М.Д. Кривилёв, А.И. Мосин, А.В. Скламина // Вестник Удмуртского университета. – Россия. – Удмуртия. – 2014. – вып. 3. – С. 42-47.
2. Кривилёв М.Д., Харанжевский Е.В., Лебедев В.Г., Данилов Д.А., Данилова Е.В., Галенко П.К. Синтез композитных покрытий при высокоскоростном лазерном спекании металлических порошковых смесей // Физика металлов и металловедение. 2013. Т. 114, № 10/ С. 871-893.
3. Котов Ю. А. Электрический взрыв проволоки – метод получения слабоагрегированных нанопорошков // Котов Ю. А. // Научно-техническая политика / Российские нанотехнологии. – Т. 4. = №1-2. – 2009. – С. 40-49.
4. Лурье А.И. Электрическое взрывание зарядов. М. Уралтехиздат. 1957.
5. Котов Ю.А., Яворовский Н.А. Исследование частиц, образующихся при электрическом взрыве проводников. // Ж. Физика и химия обработки материалов. 1978. №4. С. 24-29.
6. Чемезова Л.И. Моделирование и инженерный расчет электрического взрыва проводников из разных металлов. Канд. диссерт. Ин-т сильноточной электроники СО РАН. Томск. 1987.
7. Лернер М.И. Управление процессом образования высокодисперсных части в условиях электрического взрыва проводников. Канд. диссерт. Политехнич. Инс-т. Томск. 1988.
8. Азаркевич Е.И. Применение теории подобия к расчету некоторых характеристик электрического взрыва проводников. // ЖТФ. 1973. № 1. С. 141-145.

9. Азаркевич Е.И., Котов Ю.А., Седой В.С. Условия возникновения паузы тока при электрическом взрыве проводников. // ЖТФ. 1975. № 1. С. 175-177.
10. Гинзбург С.И. Аналитическая химия платиновых металлов. – М.: Наука. - 1972. – 205с.
11. Чигонин Н.Н. Способ получения порошка золота. – 1995. – 23с.
12. Седой В.С. Некоторые закономерности электрического взрыва проводников. // ЖТФ. 1976. № 8. С. 1707-1710.
13. Котов Ю.А., Седой В.С., Чемезова Л.И. Энергетические и временные характеристики LC-контура с взрывающимся проводником. // Сборник «Разработка и применение источников интенсивных электронных пучков». Новосибирск. Наука. 1976. С. 61-69.
14. Глазунов Г.П., Канцедаль В.П., Корниенко А.А. и др. Некоторые свойства мелкодисперсных порошков, полученных электрическим взрывом проводников в газе высокого давления. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: атомное материаловедение. 1978. №1. С. 21-24.
15. Волков В.П., Гаврилов В.Н., Литвинов Е.А. Гидродинамика разлета продуктов электрического взрыва проволоки. // Ж. ТВТ. 1992. № 6. С. 1203-1208.
16. Гаврилов В.Н., Литвинов Е.А. Численное прогнозирование размера частиц, получаемых при ЭВП. // Письма ЖТФ. 1993. Т. 19. № 2. С. 18-23.
17. Котов Ю.А., Бекетов И.В., Медведев А.И. Тимошенкова О.Р. Получение наночастиц алюминия в оксидной оболочке. // Ж. Российские нанотехнологии. 2009. Т. 4. № 5-6. (в печати).
18. Ляшко А.П., Савельев Г.Г., Тихонов Д.В. Морфология, фазовый состав и окисление порошков, полученных электрическим взрывом латунных проволочек. // Ж. Физика и химия обработки материалов. 1992. № 6. С. 127-130.

19. Азаркевич Е.И., Ильин А.П., Лернер М.И., Тихонов Д.В. Способ получения металлических порошков. Патент РФ № 2075371. Приоритет от 19.07.1994.
20. Азаркевич Е.И., Ильин А.П., Тихонов Д.В., Яблуновский Г.В. Электровзрывной синтез ультрадисперсных порошков сплавов и интерметаллических соединений. // Ж. Физика и химия обработки материалов. - 1997. - № 4. С. 85-88.
21. Яворовский Н.А. Электрический взрыв проводников – метод получения ультрадисперсных металлических порошков. Канд.диссерт. Политехнич. ин-т, Томск. 1984.
22. Котов Ю.А., Саматов О.М. Характеристики порошков оксида алюминия, полученных импульсным нагревом проволоки. // Ж. Поверхность. 1994. № 10-11. С. 90-94.
23. Котов Ю.А., Багазеев А.В., Медведев А.И., Мурзакаев А.М., Демина Т.М., Штольц А.К. Характеристики нанопорошков оксида алюминия, полученных методом электрического взрыва проволоки. // Ж. Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 7-8. С. 109-115.
24. Котов Ю.А., Бекетов И.В., Демина Т.М., Мурзакаев А.М., Саматов О.М. Свойства порошков диоксида циркония, полученных электрическим взрывом проволоки. // Ж. «Материаловедение». 1997. № 4. С. 49-52.
25. Котов Ю.А., Багазеев А.В., Бекетов И.В., Мурзакаев А.М., Саматов О.М., Медведев А.И., Москаленко Н.И., Тимошенкова О.Р., Демина Т.М., Штольц А.К. Характеристики нанопорошков оксида никеля, полученных электрическим взрывом проволоки. // ЖТФ. 2005. Т. 75. Вып. 10. С. 39-43.
26. Пустовалов, А.В. Способы получения наноразмерных частиц / А.В. Пустовалов // Проблемы теоретической и экспериментальной химии. Тр. XVIII Российской молодежной науч. конф. студентов и молодых ученых. – Россия. – Екатеринбург. – 22-25 апреля 2008. – С. 210-211.

27. Пустовалов, А.В. Электрический взрыв железных проводников в атмосфере воздуха, Ar, CO и CO₂/ А.В. Пустовалов, С.П. Журавков // Современные техника и технологии. Тр. XVII междунар. научно-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Россия. – Томск. – 18-22 апреля 2011. – Т.3. – С. 433-434.
28. Пустовалов, А.В. Определение содержания металла в нанопорошке алюминия, полученного методом электрического взрыва проводников / Р.У. Камалов, А.В. Пустовалов // Перспективы развития фундаментальных наук. Сб. науч. тр. VIII междунар. конф. студентов и молодых ученых. – Россия. – Томск. – 26-29 апреля 2011. – С. 98-100.
29. Пустовалов, А.В. Окисление алюминия в условиях ЭВП и свойства получаемых продуктов // Н.А. Яворовский, С.П. Журавков, А.В. Пустовалов // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Т.2. Химия и технология материалов, включая наноматериалы. – Россия. – Волгоград. – 25-30 сентября 2011. – С. 517.
30. Пустовалов, А.В. Изучение свойств нанопорошков железа полученных методом электрического взрыва проводника // С.С. Диденко, А.В. Пустовалов // Современные техника и технологии. Тр. XVIII междунар. научно-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Россия. – Томск. – 9-13 апреля 2012. – Т.3. – С. 351-352.
31. Азаркевич Е.И., Котов Ю.А., Медведев А.И. Получение порошков оксида меди методом ЭВП. // В сборн. докладов VI Всерос. конф. «Физикохимия ультрадисперсных (нано-)систем» Москва. 2003. С. 114-117.
32. Котов Ю.А., Азаркевич Е.И., Медведев А.И., Мурзакаев А.М., Кузнецов В.Л., Саматов О.М., Демина Т.М., Тимошенкова О.Р., Штольц А.К. Нанопорошки оксидов железа, полученные электрическим взрывом проволоки. // Ж. неорганические материалы. 2007. Т. 43. № 5. С. 1-6.
33. Кортон В.С., Иванов В.В., Котов Ю.А., Кайгородов А.С., Зацепин А.Ф., Пустоваров В.А. Люминесцирующие керамики на основе оксидов

- алюминия и кремния. // Тезисы док. межд. конф. НАНО-2008. Минск, 2008. С. 557.
34. Иванов В.В., Котов Ю.А. Порошковые нанотехнологии для создания функциональных материалов и устройств электрохимической энергетики // Вестник Российской академии наук. 2008. Т. 78. № 9. С. 777-787.
35. Глазунов Г.П. Исследование плотной плазмы импульсных разрядов в парах металлов методом рентгеновского просвечивания / Г.П. Глазунов, В.П. Канцедаль и др. // Теплофизика выс. температур. 1976. Т. 14. №6.-С. 1175-1179.
36. Мартынюк М.М. Определение критической температуры металлов методом электрического взрыва проводников под давлением / М.М. Мартынюк, О.Г. Пантелейчук // Теплофизика выс. температур. 1976. Т. 14. № 6. С. 1201-1205.
37. Бушман А.В. Теоретическое моделирование начальной стадии слоистого импульсного разряда с учетом реального уравнения состояния проводника / А.В. Бушман, Г.С. Романов, А.С. Сметанников // Теплофизика выс. температур. 1984. Т. 22. №5.-С. 849-856.
38. Фортов В.Е. Оценка параметров критической точки / В.Е. Фортов, А.Н. Дремин, А.А. Леонтьев. // Теплофизика выс. температур. 1975. Т. 13. № 5. С. 512-529.
39. Калиткин Н.Н. Свойства вещества и МГД программы. М., 1978. // Препринт / ИПМ им. М.В. Келдыша. № 85. - 46 с.
40. Рогов В.С. Расчет проводимости плазмы // ТВТ. 1970. Т. 8. № 4. С. 689-694.
41. Храпак А.Г. Электроны в плотных газах и плазме / А.Г. Храпак, И.Т. Якубов. М.: Наука, 1981.-282 с.
42. Альтшулер Л.В. Изэнтропы разгрузки и уравнения состояния металлов при высоких плотностях энергии / Л.В. Альтшулер, А.В. Бушман, М.В.

- Жерноклетов, В.Е. Фортов. // Журн. эксперим. и теор. физики. 1980. Т. 78. С. 741-760.
43. Октей Е. Влияние площади сечения взрывающейся проволоочки на первый импульс тока через нее // Приборы для научных исследований. 1965. № 9. С.40-41.
44. Абрамова К.Б. Магнитогидродинамические неустойчивости при электрическом взрыве: Дисс.канд. физ.-мат. наук. Л., ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 1969 г. - 136 с.
45. Кварцхава И.Ф. Электрический взрыв металлических проволок / И.Ф. Кварцхава, А.А. Плюто, А.А. Чернов, В.В. Бондаренко//ЖЭТФ. 1956. Т. 30. Вып.1. -С.42-53.
46. Бурцев В.А. Исследование электрического взрыва фольг / В.А. Бурцев, В.Н. Литуновский, В.Ф. Прокопенко. //ЖТФ. 1977. Т. 47. № 8. С. 1642-1661.
47. Бурцев В.А. Исследование электрического взрыва цилиндрических фольг в воздухе. 1. Электрические характеристики взрыва фольг / В.А. Бурцев, В.А. Дубянский, Н.П. Егоров и др.//ЖТФ. 1978. Т 48. № 7. С. 1419-1427.
48. Андресен А.Б. Исследование коммутационных свойств электрически взрывааемых фольг в дугогасящих средах / А.Б. Андресен, В.А. Бурцев, В.М. Водовозов и др. // ЖТФ. 1980. Т. 50. № 11. С.2283-2294.
49. Кучинский В.Г. Мегаамперный переключатель со взрывающейся фольгой для исследования магнитной кумуляции / В.Г. Кучинский, В.Т. Михельсоо, Г.А. Шнеерсон. // Приборы и техника эксперимента. 1973. № 3. С. 108-112.
50. Карцев Г.К. Исследование временных характеристик перехода автоэлектронной эмиссии в вакуумную дугу / Г.К. Карцев, Г.А. Месяц, Д.И. Проскуровский, В.П. Ротштейн. Г.Н. Фурсей // Докл. АН СССР. 1970. Т. 192. С. 309-312.

51. Месяц Г.А. Эктоны в электрических разрядах // Письма в журн. эксперим. и теор. физики. 1993. Т. 57. Вып. 2. С. 88-90.
52. Месяц Г.А. Эктоны в вакуумной дуге // Письма в журн. эксперим. и теор. физики. 1994. Т. 60. Вып. 7. С. 514-517.
53. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Иностр. лит-ра, 1955. - 714 с.
54. Гончаров С.Г. Расчет нагрева проводников при больших плотностях тока / С.Г. Гончаров, И.П. Кужекин // Сб. Электрофизические процессы при импульсном разряде, вып. 3, Чебоксары, ЧГУ, 1976 С. 43-49.
55. Кнейр Е. Эксперименты с толстыми взрывающимися проволочками / Е. Кнейр, Ф. Нейлсон. // Сб. Взрывающиеся проволочки, перевод с англ. Под ред. А.А. Рухадзе. М. Иностранная литература 1963 С. 75-87.
56. Такер Т. Электрические характеристики взрывов тонких проволочек в разрядной системе с коаксиальным кабелем / Т. Такер, Ф. Нейлсон // Сб. Взрывающиеся проволочки, перевод с англ. Под ред. А.А. Рухадзе. М. Иностранная литература 1963.-С. 67-74.
57. Литвинов Е.А. Автоэмиссионные и взрывоэмиссионные процессы при вакуумных разрядах / Е.А. Литвинов, Г.А. Месяц, Д.И. Проскуровский. // Успехи физ. наук. 1983. Т. 139. Вып. 2. С. 265-302.
58. Литвинов Е.А. Расчет термоавтоэмиссии, предшествующей взрыву микроэмиттеров под действием импульсов автоэлектронного тока / Е.А. Литвинов, Г.А. Месяц, А.Ф. Шубин. // Изв. ВУЗов. Физика. 1970. № 4. С. 147-151.
59. Лоскутов В.В. Магнитогидродинамические расчеты взрыва острий при взрывной эмиссии / В.В. Лоскутов, А.В. Лучинский, Г.А. Месяц. // Эмиссионная сильноточная электроника. Новосибирск: Наука, 1984. - 112 с.

60. Марциновский А.М. К вопросу о механизме взрывной эмиссии / А.М. Марциновский, В.Г. Юрьев. // Письма в журн. техн. физики. 1982. Т. 8. Вып. 21. -С. 1312-1316.
61. Литвиненко В.П. К вопросу о корреляции электрических и пространственно-временных характеристик электрического взрыва проводников / В.П. Литвиненко, С.В. Коваль // Журн. техн. физики. 1983. Т. 53. Вып. 4. С. 770-773.
62. Бондаренко В.В. Сопротивление металлов при больших плотностях тока / В.В. Бондаренко, И.Ф. Кварцхава и др. // Журн. эксперим. и теор. физики. Т. 28. Вып. 2. -С. 191-198.
63. Лебедев С.В. Взрыв металла под действием электрического тока // Журн. эксперим. и теор. физики. 1957. Т. 32. Вып. 2. С. 199-207.
64. Мартынюк М.М. Исследование электрического сопротивления медных проводников при импульсном нагревании / М.М. Мартынюк, Н.Ф. Ганжела // Изв. ВУЗов. Физика. 1970. № 3. С. 30-34.
65. Пустовалов А. В. Влияние газовой среды на энергетические характеристики электрического взрыва проводников и свойства получаемых нанопорошков: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.14.12 / А. В. Пустовалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. А. В. Коршунов. — Томск, 2015. — 132 л.
66. Рентгенофазовый анализ Методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ по курсу «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» «Физика и химия твердого тела», «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» для студентов специальности 240304 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и магистрантов направления

240100 «Химическая технология и биотехнология» Томск, изд. ТПУ,
2007.- 40 с.

Приложение А

Literature review of methods for procurement powders

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ6В	Берендеев В.С.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовалов А. В..	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Парнюгин А.С.	к.п.н.		

Introduction

1.1. Basic methods for obtaining powders including powders of noble materials

1.2. Powder production by electric conductor exploding method

Conclusion

Literary sources

Introduction

There are many methods for obtaining metallic powders, however, the production of powders is expensive. To solve this problem, the electric conductor explosion method is well suited. This method is based on the destruction of a metal wire by a current pulse of high density. The main product of destruction is metal vapor, which subsequently condenses into nanosized particles.

In spite of the in-depth studies of both the ECE process itself and the properties of the products obtained, there are practically no publications on the preparation of platinum powder.

1.1. Basic methods for obtaining powders including powders of noble materials

All groups of methods for obtaining nanopowders can be conditionally divided into two groups. The first group can include technology based on chemical processes, and the second - on physical processes. In accordance with this, we will consider in more detail the main current methods of obtaining nanopowders.

It is possible to single out a number of general approaches that are characteristic of all methods of obtaining nanopowders and distinguish them from the methods for obtaining conventional powders:

- high speed of nucleation centers formation;
- low particle growth rate;
- the maximum size of the particles obtained is not more than 100 nm;
- narrow range of particle size distribution
- stability of obtaining particles of a given size range,
- reproducibility of the chemical and phase composition of particles,
- increased requirements for monitoring and managing the parameters of the production process [1].

A common feature of nanoparticles of powders obtained by any method is their propensity to aggregate into aggregates and agglomerates. As a result, it is necessary to take into account not only the dimensions of individual nanoparticles, but also the size of their associations. With subsequent compaction to achieve a given porosity of the material, aggregated powders require high temperatures and / or pressures compared to non-aggregated powders [2].

Chemical methods of preparation

Technologies of chemical vapor deposition

This group of technologies is based on the use of chemical reactions of metal compounds in the gas phase. At the same time, these compounds in a certain zone of the reaction chamber are thermally decomposed to form a solid precipitate in the form of a nanopowder and gaseous substances or enter into chemical reactions to form a powder and gaseous substances. As the feedstock, halides (mainly chlorides) of metals, alkyl compounds, carbonyls, oxychlorides can be used. The size of the

resulting particles can be controlled by temperature and deposition rate. According to this technology, nanopowders of silicon, boron, titanium oxides, zirconium, aluminum, nitrides, silicon carbides and carbonitrides and titanium diboride with particle sizes from 20 to 600 nm were obtained.

Technologies of precipitation from solutions

In the case of the chemical precipitation method, after preparation of the metal salt solutions, suitable precipitation conditions are created and a precipitating agent is added and the metal oxide powder is precipitated upon separation of the hydroxide precipitate. The deposition conditions are controlled by changing the pH, temperature addition of buffer solutions. As a precipitant, solutions of ammonia, ammonium carbonate, oxalic acid, ammonium oxalate are most often used, and soluble nitrate salts are preferably used as the precipitated substances. As a result, nanopowders of oxides are obtained. If necessary, by means of them heat treatment in a reducing environment, metal nanopowders can be obtained. The method has found wide application in the production of multicomponent powders, when several compounds precipitate from multicomponent solutions. The main drawback of the method is the use of large volumes, a significant content of impurities in powders and a large scatter of particles in size.

Physical methods for obtaining powders

High-energy synthesis technologies

This group of technologies is based on the use of reactions that occur at high speed in conditions far from equilibrium under high-energy impact. Two methods have been used to produce nanopowders: detonation and plasma-chemical methods. Detonation synthesis is based on the impact of a shock wave with a pressure of up to several tens of GPa per mixture of initial reagents. For this method, for example, a diamond nanopowder with a mean particle size of 4 nm is obtained from a mixture of graphite with metals powder by the explosion of organic substances with high carbon

content and low oxygen content. Nanopowders of various morphological forms of carbon and Al, Mg, Zr and Zn oxides have also been obtained.

Plasma-chemical synthesis is carried out using low-temperature plasma of arc or glow discharge (conventional, high-frequency or super-high-frequency discharges.) Metals, halides, or other compounds are used as a raw material, due to the sufficiently high plasma temperature (up to 10,000 K) and high interaction rates, initial substances into the gaseous state and their subsequent interaction and condensation of products in the form of a nanopowder. The highest temperatures and power are provided by the use of installations with arc plasma torches, and the most pure and homogeneous nanopowders are obtained using microwave plasma torches. When using reducing media, it is possible to obtain powders of refractory metal alloys or oxides. As a source of creation and maintenance of plasma by heating, laser heating can also be used. In this way nanopowders of fullerenes are obtained [6].

Precipitation from the vapor phase

These methods of obtaining nanopowders are currently used most broadly. This is due to the fact that the technology of evaporation of matter with the help of various high-intensity energy sources and subsequent deposition of it from the vapor phase is sufficiently developed, easily controlled and ensures high requirements for the purity of the nanopowder obtained, especially when using controlled atmosphere chambers. In the latter case, vacuum chambers or chambers filled with inert gases, helium and argon, are most often used. When metals are evaporated in a vacuum or an inert gas, the atoms of the metal that has passed into the gas phase (pairs) tend to combine into particles of the order of several nanometers, which are then deposited onto the cooled substrate. This group of methods makes it possible to obtain complexly doped powders, alloys of a given composition can be obtained either by evaporation of a pre-alloyed material or by simultaneous evaporation of individual components. The particle size of the powders obtained can vary from 5 to 100 nm depending on the variety of method and process parameters [7].

Depending on the type of evaporation process, the following types of methods can be distinguished.

Thermal evaporation

With this method, the evaporated substance is heated in a crucible. Currently, different heating methods are used, usually using high-intensity energy sources: high-frequency induction, electron beam, electric arc, plasma laser.

The powders obtained by this method have a spherical or faceted shape and can be either metallic or represent intermetallic compounds or other compounds. So, according to the thermal evaporation of massive oxides by an electron beam in an inert atmosphere, powders of amorphous Al_2O_3 and SiO_2 and crystalline Y_2O_3 were obtained.

Explosive evaporation

This method is currently developing rapidly. It is based on the allocation of a very large amount of energy in a short period of time. In this case, the material evaporates, and then, due to the rapid increase in volume, it cools with the condensation of vapors into small particles. In some cases, some of the material may not have time to evaporate melts and is explosively separated into liquid drops. An additional factor contributing to sputtering can be the release of dissolved gases in the initial material. A powerful pulse of electric current is used to supply the required amount of energy. The most widely used version of this technology is the use of a wire explosion with a diameter of 0.1-1 mm under the action of a current pulse of duration 10^{-5} - 10^{-6} s, voltage 10^{-15} kV and current density 10^4 - 10^6 A/mm². In this case, the current discharge is created by the capacitor. Controlling the size and structure of particles occurs mainly due to changes in the density and speed of energy supplied. The method makes it possible to produce powders of high purity of spherical shape with particle sizes up to 5^{-10} nm, including metals with a high melting point and high chemical activity [9].

The size of the resulting particles depends on the speed of the gas flow - with increasing speed, it can decrease from 500 to 10 nm with simultaneous decrease in particle size dispersion. The latter powder was amorphous because of the high quenching rate in the gas jet,. There is a variant of the method under consideration called the cryogenic melting method. It consists in the fact that the melting of the wire is carried out in a liquid with a very low temperature, for example, in liquid nitrogen.

Melt Spray

This group of methods is based on the rapid sputtering and cooling of the melt of the starting material. This technology makes it possible to obtain powders with a particle size of not less than 100 nm. At the same time, the resulting powders with a particle size of 0.5-10 μm have nanocrystalline (and in some cases also amorphous) structure and, consequently, can also be attributed to nanomaterials. Processes for obtaining the powder can be conducted in a protective atmosphere. At present, in order to obtain nano- and / or nanocrystalline powders, the following three variants of this technology are mainly used.

Contact cooling with water cooled disc or drum

This method is based on feeding molten material to a rapidly rotating water-cooled disc or drum, which are made of materials with high thermal conductivity. As a rule, copper is used as such material. At the same time, the cooling rate is ensured up to 108 K / s. The surface of the drum or disc is roughened (dentate), since in the case of a smooth surface it will be possible to produce a foil, strip or wire with a thickness of the order of 10-50 μm with an amorphous or nanocrystalline structure. The resulting powder is characterized by a flocculated particle shape. Such a particle shape can lead to a non-uniform structure and anisotropy of the properties of articles formed from such powders. In connection with this, powders obtained by the method under consideration are usually further subjected to mechanical grinding. This is the main drawback of the method [13].

Shock spraying of the melt

In this method, the jet or droplets of the melt are mechanically broken up into small particles when they collide with intensively cooled rapidly rotating metal blades. A cooling rate of up to 10⁷ K/s is provided. As in the previous method, the powder particles have an irregular shape and in order to obtain quality products with a homogeneous structure in the subsequent molding, it is necessary to further powder the powder to mechanical grinding.

Electrohydrodynamic spraying of melt

In this method, electrostatic forces are used to spray the melt. A jet of melt is fed into the nozzle with an opening diameter of about 80 μm, in front of which there is an annular electrode. A constant voltage of 3-20 kV is applied to it. As a result, positively charged small droplets of melt are emitted from the nozzle, forming a powder particle after cooling. The particle size, depending on the material and process parameters, can be 100 nm - 10 μm. The disadvantage of this method is very low productivity (2 g / h from one nozzle).

Methods of obtaining powders of precious metals

In general, methods for the synthesis of noble metal nanoparticles fall into two categories: methods based on the dispersion of a bulk sample, and methods based on the synthesis of colloidal particles from salts and / or acids using chemical reducing agents or irradiation. Also, for the production of powders of noble metals and alloys, an electroerosive method is used, the essence of which is the pulsed evaporation of a part of the metal under the action of micro discharges occurring between granules of noble metals placed in an aqueous solution of the following composition: ammonium carbonate 2-10 liters; hydroxylamine hydrochloric acid 0,1 - 1,0 g/l. The disadvantage of the process is the low process productivity and the low deposition rate of the dispersing products [10], a method for producing a metallic platinum powder by reduction of complex platinum chlorides with formic acid is

known when adding ammonia solution to the reaction mass [15]. The ammonia solution is added portionwise until a pH of 6 to 6.5 is established. The reduction process is carried out with heating to a temperature of 80 - 90 °C and stirring. Dry powder is 100% represented by metallic platinum. The content of platinum in the mother liquor is not more than 2 mg/l.

A method for obtaining powdered gold by the method of chemical precipitation from aqueous solutions of hydrochloric acid is described in [11] and it makes it possible to increase the reproducibility of the process while maintaining the particle size no more than 2.5 μm and a bulk density of 3.5-6.0 g/cm^3 . Thus, it is possible to produce metallic nanopowders in various ways, each of which has its advantages and disadvantages - productivity, purity of the product obtained its dispersion.

1.2. Powder production by electric conductor exploding method

There is a method for obtaining nanopowders by the electrical explosion of a conductor, the essence of which is the evaporation of a metallic conductor by a current pulse of high density. The main advantage of the method is:

1. Formation of spherical particles nanostructured in volume which ensures their high chemical activity.
2. Energy costs are lower than in other methods known to us for the production of spherical metallic nanoparticles. This is due to the fact that in energy technology, energy is introduced into the metal impulsively and volumetrically, rather than from the surface, so the energy consumption for heating the environment is relatively low.
3. The possibility of fine and flexible control of the parameters of the technological process and, accordingly, the properties of the powders obtained.

4. Preparation of a wide range of nanopowders of any metals and alloys that are produced or can be made in the form of wire or foil. In some cases, it is possible to blow up molten metal streams.

Figure 8 shows the scheme of the plant for the production of metallic powders by the method of ECE [14].

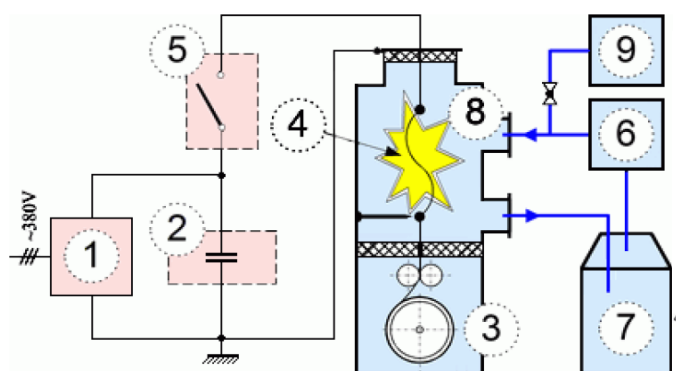


Figure A 1 - diagram of the installation

The installation works as follows: from a high-voltage power source (1), capacitors charge (2). The wire feeder (3) provides an automatic, continuous installation of the exploded conductor piece (4) between the two electrodes. As soon as the conductor segment occupies the desired location, the switch (5) is triggered, the accumulator is discharged to this section of the conductor, and an explosion occurs. The nanopowder obtained as a result of the explosion together with the gaseous atmosphere is transported by the circulation system (6) to the storage filter (7), where passivation takes place and from where the powder goes for further processing. Before starting work, the internal volume of the installation: the blasting chamber (8), the feeder (3), the circulation system (6), the powder filter cartridge (7), the pipelines - are evacuated and subsequently filled with the necessary gas medium. These functions are performed by the gas supply system (9). As a gas medium, inert gases such as argon and helium are most often used. Less commonly used are hydrogen, nitrogen or gas mixtures, for example, argon + oxygen [15].

Powders obtained in an inert medium are pyrophoric, that is, they ignite upon contact with air. Their passivation is carried out by slow oxidation with air components or by applying a special coating to the surface of the particles. It should be noted that the properties of electric explosive NPs depend to a great extent not only on the electrical parameters of their production, but also on the conditions of passivation [16].

Conclusion

Thus, despite the large amount of literature data on ECE in various gases, as well as the physico-chemical properties of the products of the explosion, the literature does not sufficiently describe the process of obtaining powders whose component is platinum. The aim of this work is to study the possibility of obtaining nanopowders of the Pt-Pd-Cu alloy by electric exploding a conductor, to study the dispersion and composition of the resulting powder.

To accomplish this purpose necessary to solve the following issues:

1. Investigate the electrical explosion of a conductor consisting of a Pt-Pd-Cu alloy in an argon and helium atmosphere;
2. Find electric explosion modes that provide high energy levels introduced into the conductor.
3. Investigate the phase composition, dispersity and morphology of the powders obtained in argon and helium.

Literary sources

1. I.V. Shutov Investigation of the porosity of alumina powder by the method of gas polymolecular low-temperature adsorption // IV Shutov, V.E. Ankudinov, M.D. Krivilyov, A.I. Mosin, A.V. Sklyamin // Bulletin of the Udmurt University. - Russia. - Udmurtia. - 2014. - Vol. 3. - P. 42-47.
2. Krivilyov MD, Kharanzhevsky EV, Lebedev VG, Danilov DA, Danilova EV, Galenko PK Synthesis of composite coatings for high-speed laser sintering of metallic powder mixtures. // Physics of metals and metallurgy. 2013. P. 114, No. 10 / C. 871-893.
3. Kotov, Yu. A. Electric wire explosion - a method for obtaining weakly aggregated nanopowders. // Kotov Yu. A. // Scientific and technical policy / Russian nanotechnologies. - T. 4. = No. 1-2. - 2009. - P. 40-49.
4. Lurie A.I. Electrical explosion of charges. M. Uraltekhizdat. 1957.
5. Kotov Yu.A., Yavorovsky N.A. Investigation of particles formed during electrical explosion of conductors. // J. Physics and chemistry of material processing. 1978. № 4. Pp. 24-29.
6. Chemezova L.I. Modeling and engineering calculation of electrical explosion of conductors from different metals. Cand. thesis. Institute of High Current Electronics SB RAS. Tomsk. 1987.
7. Lerner MI Control of the formation of highly dispersed parts in the conditions of electrical explosion of conductors. Cand. thesis. Polytechnic. Ins. Tomsk. 1988.
8. Azarkevich EI Application of the theory of similarity to the calculation of certain characteristics of electrical explosion of conductors. // ZhTF. 1973. No. 1. P. 141-145.

9. Azarkevich EI, Kotov Yu.A., Sedoy VS Conditions for the occurrence of a current pause in the electrical explosion of conductors. // ZhTF. 1975. No. 1. P. 175-177.
10. Ginzburg, S.I. Analytical chemistry of platinum metals. - Moscow: Science. - 1972. - 205s.
11. Chigonin N.N. Method of obtaining gold powder. - 1995. - 23s.
12. Sedoy VS Some laws of electrical explosion of conductors. // ZhTF. 1976. № 8. With. 1707-1710.
13. Kotov Yu.A., Sedoy VS, Chemezova L.I. Energy and time characteristics of LC-circuit with exploding conductor. // Collection "Development and application of sources of intensive electron beams". Novosibirsk. The science. 1976. pp. 61-69
14. Glazunov GP, Kantsedal VP, Kornienko AA Some properties of fine powders obtained by electric explosion of conductors in a high-pressure gas. // Questions of atomic science and technology. Series: Atomic Materials Science. 1978. №1. Pp. 21-24.
15. Volkov VP, Gavrilov VN, Litvinov EA Hydrodynamics of the expansion of products of electric wire explosion. // Zh. TVT. 1992. № 6. P. 1203-1208.
16. Gavrilov V.N., Litvinov E.A. Numerical prediction of the particle size obtained during EVE. // Letters from Zh. 1993. T. 19. № 2. P. 18-23.