

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

Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра Физика высоких технологий в машиностроении

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование СВС порошков на основе TiB

УДК_ 621.762:546.27-048.37:66.091

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM51	Мырзахан Акбота Мырзаханкызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коростелева Е.Н.	кан.тех.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черепанова Н.В.	кан.фил.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Штейнле А.В.	кан.мед.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФВТМ	Псахье С.Г.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

15.04.01 «Машиностроение»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нано технологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования, на защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, разрабатывать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности

P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов : ационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Черепанова Н.В.
Социальная ответственность	Штейнле А.В.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Квашнина О.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Постановка задачи. Материалы и методика исследования	
Formulation of the problem. Materials and methods of research	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Коростелева Е.Н.	кан. тех. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ51	Мырзахан А.М.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 с., 23 рис., 17 табл., 43 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: композиционный порошок, борид титана, титан, электронно-лучевые покрытия, порошковая наплавка, самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Объектом исследования являются композиционные порошки «TiB + Ti», и электронно-лучевые покрытия на их основе.

Цель работы – исследование возможности использования СВС для получения композиционных бор - содержащих порошков с металлической связкой для использования при нанесении функциональных покрытий.

В процессе исследования проводились исследования композиционных порошков «борид титана – титановая связка», синтезированных порошков и электронно-лучевых покрытий на их основе.

В результате исследований описаны структурные особенности и некоторые физико – механические свойства композиционных порошков «борид титана – титановая связка», электронно-лучевых покрытий на их основе, в зависимости от объемного содержания титановой связки в порошке.

Степень внедрения: внедрение в производство не осуществлено.

Область применения: порошковая металлургия, аддитивные технологии, ремонтно-восстановительные технологии.

Экономическая эффективность/значимость работы – проект обладает высокой ресурсоэффективностью и является ресурсосбережливым.

В будущем планируется провести исследования электронно-лучевых покрытий других составов и сравнить их с предыдущими результатами, а также провести полномасштабное сравнение СВС композитов.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Основы порошковой металлургии.....	12
1.2 Технологические процессы получения порошковых материалов.....	13
1.3 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	16
1.4 Применение порошковой металлургии для наплавки	19
1.5 Свойства порошков системы «титан бор» и их применение	23
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1 Постановка задачи.....	28
2.2 Получение композиционных порошков TiB +Ti (20об. - 60об.%) методом СВС.	29
2.3 Методика исследования композиционных порошков и ЭЛН покрытий.....	33
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	37
3.1 Результаты исследования композиционных порошков TiB + Ti (20об. – 60об.%)	37
3.2. Результаты исследования электронно-лучевых покрытий, наплавленные композиционными порошками TiB _{СВС} +Ti	43
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	51
4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	51
4.2 SWOT-анализ.....	53
4.3 Инициация проектом	55
4.3.1 Цели и результат проекта.....	55
4.3.3 Ограничения и допущения проекта	56
4.4 Планирование управления научно-техническим проектом	57
4.4.1 Иерархическая структура работ проекта	57
4.4.2 Контрольные события проекта	58
4.4.3 Бюджет научного исследования	58
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	63
5.1 Техногенная безопасность.....	63
5.1.1 Анализ вредных факторов	63
5.1.1.1 Шум	64
5.1.1.2 Вредные вещества	65
5.1.1.3 Микроклимат	66

5.1.1.4 Освещение.....	67
5.1.2. Анализ опасных факторов	69
5.1.2.1.Электричество	69
5.1.2.2 Пожаробезопасность.....	70
5.2 Региональная безопасность	71
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	73
5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	75
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
Список публикаций студента	79
Список используемых источников	80
Приложение А.....	85

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного производства в повышении инженерной степени машиностроения играет роль введение высокоэффективных технологических процессов. В связи с этим основной задачей современного машиностроения является повышение качества изделия в короткие сроки с минимальными материальными затратами. При этом требования к конечной продукции остаются высокими – надежность материалов, точность изготовления, необходимость сочетание малого удельного веса и высокой прочности материала в объеме с достаточной твердостью, износостойкостью и (или) химической стойкостью поверхностного слоя деталей.

Работоспособность динамических конструкций (аэрокосмические, энергетические, строительные и др.) может быть повышена за счет использования конструкционных материалов, обладающих уникальными свойствами. Такими материалами являются композиционные материалы (композиты, КМ), которые состоят из двух и более разнородных по химическому составу и структуре компонентов, определенным образом распределенных по объему детали. Это дает возможность конструировать материалы с заданными свойствами.

По прочности, сопротивлению тепловому воздействию и особенно по надежности композиционные материалы превосходят любой из своих компонентов в отдельности. Они обладают свойствами, не присущими индивидуальным компонентам. Композиционные материалы имеют более высокие значения временного сопротивления и предела выносливости (на 50-100% больше, чем у обычных сплавов); у них более высокий модуль упругости и удельная прочность, а так же они обладают пониженной склонностью к трещинообразованию. Применение композиционных материалов повышает жесткость конструкций при одновременном снижении их материалоемкости [5]. Одним из перспективных путей получения композиционных материалов

является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), который представляет с собой взаимодействие двух или более элементов экзотермической реакции, проходящее в режиме послойного горения или тепловом взрывном режиме.

Задача увеличения надежности и долговечности элементов машин и механизмов в большинстве случаев непосредственным образом связана с износостойкостью трущихся сопряженных поверхностей. Повышение износостойкости деталей, позволяет продлить срок службы машин, что позволит сэкономить значительное количество финансовых средств, трудовых ресурсов и материалов. Для достижения этих требований в машиностроении одним из наиболее эффективных технологических путей повышения надежности работы механизмов и деталей машин является нанесение различных покрытий на рабочую поверхность изделий. Износостойкие покрытия на титановые сплавы обладают высокой износостойкостью с помощью соединения со всеми металлическими материалами. Для титана и его сплавов для получения износостойких покрытий широко применяется порошковая наплавка. Структуру порошковой присадки выбирают так, чтобы получить композиционные покрытия, которые имеют структуру матричного композита с включениями дисперсных частиц тугоплавких соединений, таких как карбиды, бориды, нитриды. Особый интерес в качестве твердой и тугоплавкой упрочняющей фазы в металломатричных композитах на основе титана представляет борид титана.

Получение композитов «борида титана + титан» возможно через проведение реакции «титан+В₄С», так и через синтез чистых порошков. Исследование композиционных порошков и покрытий из них имеет важное практическое значение. Для получения покрытий из «борида титана» применяли метод электронно-лучевой наплавки, при котором на поверхности детали получают покрытия заданной формы и свойств с помощью электронного луча. Данная технология имеют возможность на поверхность

изделия формировать одно и многослойные покрытия различного назначения (износостойкие, жаропрочные, жаростойкие, упрочняющие и т.д.). Для электронно-лучевой наплавки пригодны порошки, имеющие дисперсность 50 - 350 мкм. В зависимости от формы изделий и требования к покрытию могут быть использованы схемы нанесения покрытий.

В настоящей работе проведено исследование порошковых композитов «TiB + Ti», полученных методом СВС, а также электронно-лучевых покрытий, полученных из данных композиционных порошков. Проведена оценка твердости и износостойкости покрытий по сравнению с подложкой из технического титана BT-1-0.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Основы порошковой металлургии

Изделия, полученные из порошковых металлических материалов, на сегодняшний день широко распространены. Методы порошковой металлургии позволяют получать изделия без дополнительной механической обработки, что делает такие методы привлекательными с экономической точки зрения.

Основой порошковой металлургии является производство порошков и изготовление изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками.

История метода, связанного с применением порошков металлов, сплавов и тугоплавких соединений, началось в глубокой древности. Уже тогда, как свидетельствует находки археологов, порошки золота, бронзы и меди применяли как краску и использовали для декоративных целей в керамике и живописи. Используя методы порошковой металлургии, можно изготавливать изделия, создавать материалы либо с особыми, часто уникальными составами, структурой и свойствами, иногда вообще недостижимыми при применении других методов производства, либо с обычным уровнем свойств, но при существенно лучших экономических показателях получения изделий из металлических порошков.

Порошки отличаются по химическим (содержание основного металла, примесей, загрязнений и токсичность), физическим (форма, размер, удельная поверхность, истинная плотность, микротвердость частиц) и технологическим (насыпная плотность, текучесть, уплотняемость, формуемость и прессуемость порошка) свойствам [7].

Основным преимуществом порошковой металлургии с точки зрения вариации составов получаемых изделий является то, что с её помощью можно достаточно просто получать изделия из тугоплавких соединений (керамика), либо из смесей металлических порошков с порошками тугоплавких соединений (металлокерамические композиты). Также возможно получать изделия из

металлов, несмешивающихся в расплавленном виде, в том числе и в связи с высокой разницей температур плавления (например, вольфрам - медь). Кроме этого порошковая металлургия эффективна при получении композитов металл - неметалл (например, медь – графит, алюминий - оксид алюминия) [8].

Следующим преимуществом порошковых материалов является их однообразие по строению. При изготовлении изделий методами порошковой металлургии предварительно порошок перемешивается до приобретения однородного расположения частиц порошка в шихте. Изделие, полученное из такого порошка, будет также иметь однородное расположение компонентов по объему. Как показала практика, при использовании чистых порошков возможность получения материалов с более низким содержанием примесей выше по сравнению с литым материалом. Это обусловлено тем, что спекание осуществляют в инертной среде или в вакууме, которое затрудняет образование оксидов, нитридов или других нежелательных химических соединений в составе получаемого материала. Исходя из этого, наиболее важным считается, что состав и распределение элементов в готовой продукции, изготовленной методами порошковой металлургии, остаются такими же, какими они были на этапе смешивания порошков и приготовления шихты.

Технология порошковой металлургии позволяет получить прецизионные изделия, а также применяется для получения материалов, обладающих особыми свойствами или заданными характеристиками, которые невозможно получить каким-либо другим методом.

1.2 Технологические процессы получения порошковых материалов

Получение металлического порошка является первой из основных технологических операций, характерных для порошковой металлургии. Состав, структура и другие свойства порошков зависят как от способа их получения, так и от природы соответствующего металла.

Порошки в зависимости от требуемой дисперсности и объема получают различными способами:

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

Преимущественно с экономической точки зрения эффективными методами являются возобновление руды или окалины и диспергирование расплавов сжатым воздухом. Взрывом проводников получают порошки из токопроводящих материалов, а в некоторых порошках при механическом измельчении нужно учитывать вероятность их разделения. В промышленности некоторые порошки получают также термической диссоциацией летучих соединений, осаждением, науглероживанием и другими специальными методами.

Технологический процесс получения изделия начинается с приготовления порошковой смеси, содержащей несколько различных порошковых компонентов. Порошки взвешивают и затем осуществляют перемешивание порошков во вращающихся барабанах, в мельницах различного типа, смесителях или иных механических устройствах. Результатом перемешивания является порошковая смесь с однородно распределёнными частицами разного сорта. Затем, полученную шихту формуют, в результате которой образуется порошковая формовка, т.е. тело с заданными формой, размерами и плотностью. Исходный объем сыпучего порошка уменьшается и происходит консолидация порошка. Уплотнение порошка обеспечивают прессованием в металлической пресс-форме под воздействием давления, и в результате получается твердая прессовка, которая по форме и размерам близка к готовому изделию. В связи со сложностью явлений, сопровождающих уплотнение порошка, предсказать или точно описать результат прессования

очень сложно, так как различные порошки прессуются по-разному и даже при незначительном изменении состава или замене торговой марки порошка результат прессования может измениться, поэтому нагрузку при прессовании необходимо подбирать индивидуально для каждой порошковой смеси. Некоторые порошковые смеси не прессуются даже при больших нагрузках и в результате получаемые после прессования изделия рассыпаются или растрескиваются. В основном применяют холодное прессование, но оно не обеспечивает желательной механической прочности заготовок и при небольших нагрузках заготовки полученные холодным прессованием могут разрушаться. Для предотвращения этого, заготовки, перед проведением процесса холодного прессования в порошковую смесь добавляют пластификаторы или иные добавки, улучшающие связь смежных частиц порошка, но при этом занимающие малый объем и не влияющие на конечные свойства получаемых изделий.

После прессования порошковые заготовки спекают, для достижения требуемых механических свойств, а также с целью придания необходимых физико-химических характеристик. Спекание является одним из наиболее важных технологических процессов порошковой металлургии, в решающей степени определяет конечные свойства получаемых материалов и изделия. Оно представляет собой сложный комплекс большого количества физико-химических явлений, протекающих одновременно или последовательно при нагревании формовок или свободного насыпного порошка. Некоторые из этих явлений связаны с обычными эффектами влияния повышенных температур на любое поликристаллическое тело, другие же являются специфичными для пористых порошковых тел. Практической целью спекания является достижение определенного уровня требуемых свойств, формирующихся в процессе нагрева исходного порошкового тела.

В процессе нагрева до высоких температур возможны две основные разновидности процесса спекания: твердофазное, т.е. без образования жидкой

фазы, и жидкофазное, при котором легкоплавкие компоненты порошковой смеси расплавляются [7].

После проведения процесса спекания изделие подвергают дополнительной обработке (доводка, калибровка, термообработка).

1.3 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) считается перспективным методом получения тугоплавких соединений. СВС - процессы были созданы на основе научного открытия явления безгазового горения, сделанного в 1967 году [9]. Метод позволяет получать как плотные изделия, так и порошки тугоплавких соединений, а также создавать композиции из тугоплавких частиц в металлической матрице. В СВС процессе могут участвовать химически активные при высоких температурах вещества в качестве реагентов и инертные вещества в качестве наполнителей или разбавителей. А также используются реагенты в виде порошков, тонких пленок, жидкостей или газов, однако, наиболее распространены два типа систем: смеси порошков (спрессованные или насыпной плотности) и гибридные системы газ-порошок. Главные требования к структуре исходной системы – обеспечение условий для эффективного взаимодействия реагентов, поэтому в порошковых системах необходимо обеспечить большую площадь соприкосновения частиц порошка [29]. С этой целью реакционные смеси предварительно прессуют в закрытых прессформах. СВС-процесс может проводиться в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе. Управляя параметрами синтеза можно обеспечить получение материала, не уступающего или превосходящего по свойствам материалы, полученные другими традиционными способами. Простота обслуживания и высокие скорости процессов СВС приводят к существенной экономии энергии и материалов [10].

Помимо основных реагентов, составляющих после прохождения фронта горения полезный СВС-продукт, возможно также добавлять инертные вещества

в качестве разбавителей (например, чтобы предотвратить тепловой взрыв) или дополнительных наполнителей, улучшающих свойства получаемых материалов [27, 28].

СВС представляет собой режим протекания сильной экзотермической реакции (реакции горения шихты), в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи - процесс перемещения волны химической реакции по смеси реагентов с образованием твердых конечных продуктов. Основной способ активирования реакции СВС - локальное активирование реакции на поверхности системы путем подвода кратковременного теплового импульса (электрическая спираль, электроискровой разряд, лазерный луч и др.) с формированием волны горения, и ее распространением по ненагретому исходному веществу. Проведение СВС-процесса возможно тремя способами: безгазовое горение, фильтрационное горение и гибридное горение [30]. Безгазовое горение реализуется в системах «твердое – твердое», фильтрационное – в системах типа «металл – газ», гибридное совмещает предыдущие два механизма. При фильтрационном горении фильтрация разделяется по способу подачи газа на самопроизвольную и вынужденную, по направлению фронта горения относительно фильтрующего потока на путную и встречную.

Для слабоэкзотермических реакций или для смесей с большим содержанием инертных наполнителей для инициирования реакции синтеза необходим предварительный подогрев шихты в печи. Шихта в СВС-процессах может находиться в вакууме, на открытом воздухе, в инертном или реагирующем газе под давлением. На рисунке 1.1 приведена схема СВС технологии производства порошков.

Метод СВС позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах по сравнению с методом вакуумного спекания порошковых смесей, имея значительное преимущество по следующим параметрам:

- количество продукта в единицу времени;
- энергозатраты на производство партии продукта;
- затраты на оборудование и ремонтные работы.

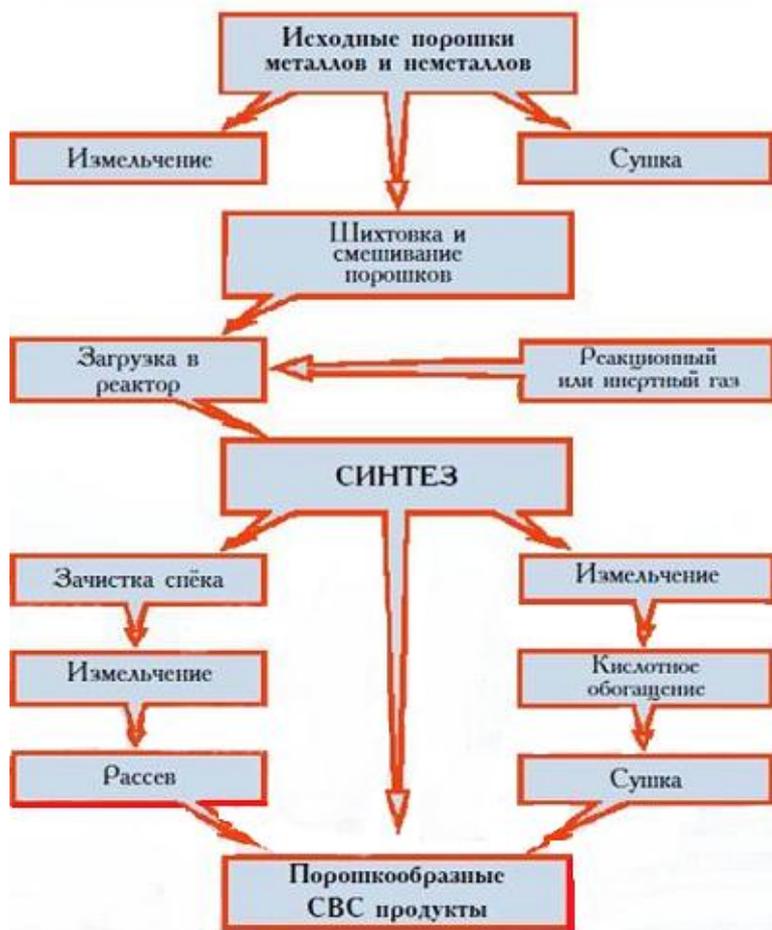


Рисунок 1.1 – Схема СВС технологии производства порошков

Однако при использовании метода СВС возникает ряд проблем связанных с такими производственными характеристиками как, возможность управления структурой композита и свойствами матрицы. При вакуумном спекании порошковых смесей можно достаточно гибко изменять скорость нагрева и температуру изотермической выдержки, что позволяет регулировать фазовый состав, дисперсность структуры и прочность спека. В СВС-технологии в качестве параметров, определяющих фазовый состав и свойства СВС-продукта, используется состав, степень уплотнения и объем реакционной

смеси, дисперсность порошковых реагентов, начальная температура, при которой инициируется реакция синтеза [13-17], т.е. сам процесс протекает исключительно в зависимости от параметров, заложенных перед началом реакции образования.

1.4 Применение порошковой металлургии для наплавки

В целях значительного повышения износостойкости, а также восстановления размеров изношенных деталей проводят наплавку на те поверхности детали, которые подвергают сплошному износу, наплавляются заранее заготовленные в виде прутков (трубок) наплавочные сплавы. Наплавкой называют процесс нанесения на поверхность изделия слоя металла для изменения размеров или придания специальных свойств (твердости, антикоррозионностойкость, износоустойчивости и т.д.). Наплавка может выполняться металлическими штучными электродами, стальной наплавочной проволокой (лентой) и твердыми сплавами. Широко применяют электронно-лучевую наплавку (ЭЛН), при которой электрод обмазывают разными компонентами, которые наплавляют на деталь. При этом образуются сплавы, разные по составу и структуре [35].

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

Технология электронно-лучевой наплавки основана на уникальной способности электронного луча концентрировать энергию. Так, например, электронный луч мощностью несколько киловатт можно сфокусировать в пятно диаметром меньше миллиметра. Если его направить на поверхность детали, то металл мгновенно начнет плавиться в области падения луча. При этом сама деталь останется холодной, и, если луч убрать металл мгновенно кристаллизуется. Принцип электронно-лучевой наплавки показан на рис. 1.2. Электронный луч создает на поверхности детали ванну расплавленного металла. В него с помощью дозатора подается порошок, частицы которого создают на поверхности покрытие с необходимыми свойствами. Наплавляемая деталь перемещается внутри вакуумной камеры относительно неподвижной электронной пушки и порошкового дозатора, или электронная пушка с дозатором перемещаются относительно неподвижной детали.

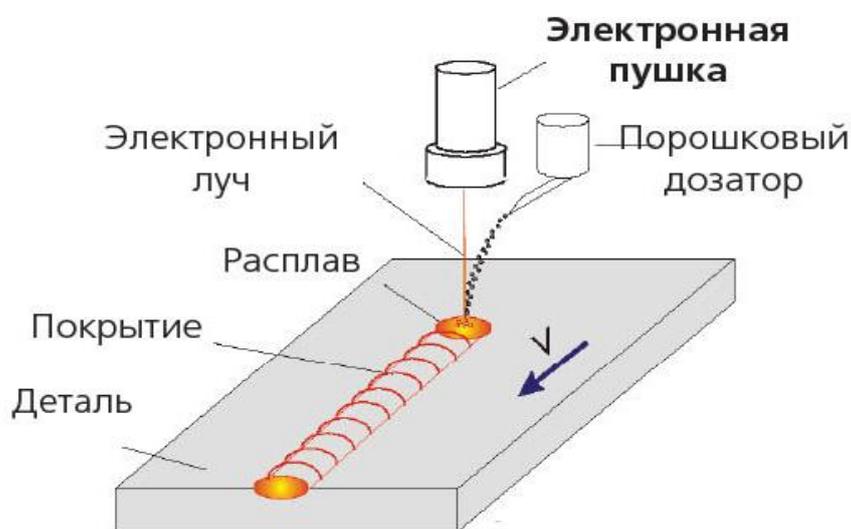


Рисунок 1.2 – Принцип электронно-лучевой наплавки

Технология многопроходной электронно-лучевой наплавки основана на явлении «вмораживания» порошка в жидкометаллическую ванну расплава. При каждом последующем проходе «вмораживается» новая порция порошка и

расплавляется предыдущая. Порошок, подаваемый в жидкометаллическую ванну расплава, ускоряет процесс ее кристаллизации, способствуя при этом формированию мелкозернистой структуры и уменьшению остаточных напряжений в наплавляемом покрытии. Необходимая толщина наплавленного слоя достигается путем изменения скорости подачи порошка или увеличения числа проходов. Большая скорость кристаллизации способствует формированию однородной мелкодисперсной структуры наплавленного слоя [13,14].

Для электронно-лучевой наплавки пригодны порошки, имеющие дисперсность 50–350 мкм. Порошки, дисперсностью менее 50 мкм, обладают недостаточной сыпучестью в вакууме, и поэтому трудно обеспечить их подачу непосредственно в ванну расплава. Для расплавления порошков крупнее 350 мкм требуется большой энергозатрат, что приводит к дополнительному проплавлению основы и увеличению остаточных напряжений.

Параметрами, характеризующими процесс наплавки, являются энергия и ток электронного луча, его диаметр, размеры и форма развертки луча на поверхности детали, скорость перемещения детали, скорость подачи порошка.

Отличительной особенностью ЭЛН является протяженная переходная зона основа - покрытие. Поскольку порошок вплавляется в поверхность детали, свойства материала от основы к покрытию меняются плавно.

Из сконденсированных атомов на поверхности возникают микроскопические центры новой фазы, которые разрастаются до тех пор, пока не заполнят всю поверхность и не сольются в сплошной слой – покрытие. Часто покрытия, образующиеся конденсацией веществ на наплавочной поверхности в вакууме, называют пленками, поскольку они обычно имеют небольшую толщину.

Центры или зародыши новой фазы образуются на макроскопической поверхности основы, и их образование во многом зависит от поля сил этой поверхности, и являются гетерогенными. Таким образом, одним из основных

процессов, определяющих структурообразование покрытий, является гетерогенное зародышеобразование.

Зародышеобразование начинается с того, что атомы скапливаются на поверхности случайно, которые задерживаются в потенциальных ямах, располагаясь на расстояниях, кратных межатомным расстоянием основы. Между атомами в скоплении начинают действовать силы химической связи, которые стремятся сблизить эти атомы в положения, определяемые их плотной упаковкой в соответствующей кристаллической решетке. Однако взаимодействие адсорбированных атомов с атомами поверхности основы приводит к появлению сил, направленных в противоположном направлении и стремящихся растянуть скопление. Источником этих сил является то, что минимум свободной энергии поверхности раздела скопление – основа наблюдается тогда, когда адсорбированные атомы точно располагаются в потенциальных ямах и взаимодействие между ними минимальное. Поэтому появление скоплений атомов приведет к увеличению свободной энергии системы. Возникающие силы поверхностного натяжения на границе скопление пар и скопление – основа стремятся стянуть скопление в компактное образование - зародыш. Им противодействуют силы поверхностного натяжения основы [35].

Частица новой фазы, возникающая из скопления, для которой работа образования максимальна, является критическим зародышем. Условие максимума работы совпадает с условием равновесия зародыша. Равновесие это неустойчиво, так как увеличение размеров зародыша приводит к его дальнейшему росту, а уменьшение – к распаду. В общем случае рост критического зародыша может происходить: 1) путем прямого захвата атомов из пара и 2) путем присоединения диффундирующих по поверхности адсорбированных атомов [7].

1.5 Свойства порошков системы «титан бор» и их применение

Бор является первым и самым легким элементом третьей группы периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Этим определяется строение его атома и химические свойства, обуславливающие поведение бора в химических процессах [40].

Для приготовления боридов металлов и некоторых соединений бора с неметаллами применяют метод синтеза (спекание или наплавление). Синтез металла и бора заключается в проведении реакции $xMe + yB \rightarrow Me_xB_y$, осуществляемой либо сплавлением металла и бора (обычно в дуговой или ВЧ - печи), либо спеканием смесей соответствующих металлов с бором. Полученные методом СВС бориды обладают хорошо сформированными структурами. Большим преимуществом осуществления синтеза боридов из исходных компонентов в режиме горения по методу СВС является высокая скорость протекания процесса, проведение его в вакууме, что в принципе обеспечивает высокую чистоту конечных продуктов. Особенно важно в этом методе его экономичность: реакция боридообразования не требует внешнего притока энергии (только на поджог смеси) [36]. Структура бора имеет игольчатую пирамидальную форму с гексагональным сечением и хорошо развитые грани. Рентгеновские исследования их показывают наличие весьма сложной кристаллической структуры, принадлежащей к тетрагональному классу [40].

Порошки титана и его сплавов получают восстановлением оксидов металлов гидридом кальция, способом, разработанным в 50 - х годах прошлого века. Выбор гидрида кальция в качестве восстановителя объясняется высокой активностью кальция, позволяющей восстанавливать практически все окислы металлов и неметаллов независимо от их термодинамической активности. При этом не образуются твердые растворы и химические соединения кальция с восстановленными металлами. Восстановленные порошки титана и сплавов имеют неправильную (иррегулярную) форму и развитую поверхность частиц, благодаря чему отлично формуются при сравнительно низких давлениях

прессования в жестких матрицах, а также методом гидростатического прессования в эластичных оболочках. Порошки хорошо прокатываются в ленту и спекаются в вакууме или нейтральной атмосфере. Порошки титана и сплавов на основе титана применяются в производстве коррозионностойких фильтров тонкой очистки технических жидкостей в виде пористого проката. Порошки титана нашли свое применение в медицине для изготовления имплантатов, в пищевой промышленности для изготовления регенерируемых фильтров в системах очистки питьевой и минеральной воды, соков и напитков, в производстве пиротехнических средств высокой надежности, пористых не распыляемых геттеров (газопоглотителей) с высокой сорбционной емкостью и скоростью сорбции. Порошки применяют также для изготовления композитов с алюминием и другими металлами, деталей часовых механизмов и кислотостойкого оборудования. Порошки применяются также для плазменного и микроплазменного напыления покрытий[6].

В композитах на основе титана используют различные упрочнители. Композиционные материалы на основе Ti и Ti-сплавов армированы волокнами или частицами соединений, таких как: TiB_2 , B_4C , TiN, SiC, TiB, TiC или Al_2O_3 . Титановые (Ti) матричные композиты представляют значительный интерес для конструктивных применений из-за возможности создания композитов с высокой удельной жесткостью и прочностью при низкой стоимости. Упрочнители, представляют собой преимущественно междоузельные соединения, такие как TiC, TiB, TiN и TiB_2 . Ранее как показал обзор фазовых диаграмм титана, что из всех возможностей, включая Ti-TiB₂, наиболее привлекательными являются Ti-TiB, Ti-TiN и Ti-TiC, Ti-TiB₂. Однако из-за высокой реакционной способности титана все эти соединения приводят к образованию на границе раздела одного или нескольких продуктов реакции, которые уменьшают механические свойства композиционного материала. Тем не менее, борид титана (TiB) хорошо подходит для использования в качестве упрочнителя из-за отсутствия промежуточной фазы между Ti и TiB. Кроме

того, упрочнитель TiB имеет особые характеристики, такие как высокий модуль упругости, хорошую термическую стабильность при высокой температуре и плотность, близкую к плотности титана.

Первые попытки получения борида титана наплавлением или спеканием штабиков, спрессованных из порошков, принадлежат Муассану [37, 38] и Ведекингу [39]. Борид титана получил широкое применение во многих отраслях современной промышленности за счет присутствия у него множества важных для той или иной сферы технических параметров.

На рисунке 1.3 приведена диаграмма состояния композитов В - Ti

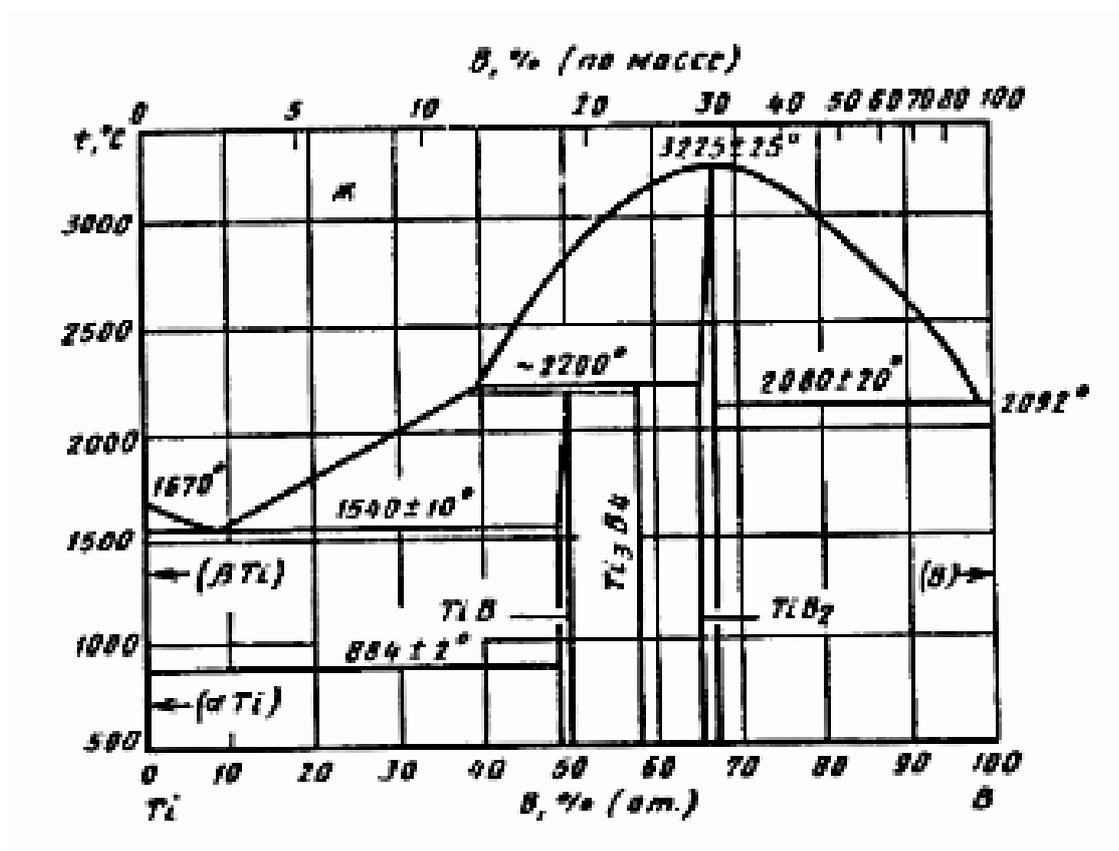


Рисунок 1.3 – Диаграмма состояния В – Ti

В металлургии и машиностроении диборид титана используется преимущественно в качестве компонента порошковой смеси для напыления и наплавочных средств. А так же порошок борида титана применяют для изготовления жаропрочных, огнеупорных и износостойких сплавов и как

основу для режущих высокотемпературных материалов, в керметах для ядерной техники, для изготовления чехлов термопар погружения, в инструментальной промышленности - как абразивный материал и как наполнитель в алмазных кругах и пастах для обработки различных материалов.

Матричные и армирующие материалы обычно выбираются на основе следующих критериев [25,26]:

- оба материала должны иметь низкую плотность;
- модуль упругости армирующих материалов должен быть намного выше, чем модуль материала матрицы (принимая во внимание сравнительно низкий модуль упругости Ti-сплавов);
- матрица и армирующие материалы должны иметь одинаковые коэффициенты теплового расширения;
- материалы должны быть химически устойчивыми по отношению друг к другу, чтобы избежать образования неблагоприятных участков вдоль границ между матрицей и армирующим материалом.

Керамические армированные титановые композиты демонстрируют хорошие механические свойства и прочность сцепления. TiB был идентифицирован в качестве упрочнителя как один из материалов, наиболее совместимых с титаном, демонстрирующие хорошую термохимическую устойчивость и механические свойства. Титановые композиты, как правило, изготавливались путем синтеза горения, затвердевания [27-30], литья и прямой лазерной оболочки. Тем не менее, порошковые металлургические технологии получили повышенное внимание из-за пониженного уровня материала и высокой чистоты формы, достигнутой во время обработки.

Металлические матричные композиты (ММК) благодаря разнообразию состав и по таким же свойствам, как на основе Ti + TiB, могут дать комплексный ответ для многих технологических задач [15-17] также на поверхностной шкале [18,19]. Возрастающая потребность промышленности в

основном обусловлена необходимостью снижения затрат или простотой применения технологического подхода, стремлением к различным технологическим путям, по-видимому, имеет решающее значение для экономической рентабельности продуктов [20]. Сравнение высокотехнологичных Ti-сплавов и композитов Ti-матрицы, армированных керамическими фазами, демонстрирует более высокий потенциал ММК для удовлетворения потребностей и потребностей в такой отдаленной области, например как биомедицинская [21-23]. Близкие плотности и коэффициенты линейного теплового расширения титана и моноборид титана показывают оптимальную оценку для применения при высоких температурах.

В данной исследовательской работе TiB + Ti ММК был изготовлен методом СВС.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Постановка задачи

Из вышеприведенного литературного обзора следует, что борид титана (TiB) был идентифицирован в качестве упрочнителя как один из материалов, наиболее совместимый с титаном, демонстрирующий хорошую термохимическую устойчивость и высокие механические свойства. Известно, что с точки зрения физико-механических свойств композита наиболее важными являются структурные характеристики такие как: морфология, дисперсность и объемная доля твердых включений. Поэтому исследования относительной роли факторов, ответственных за эволюцию структуры композита в процессе его получения по различным технологическим процессам (спекание, СВС, наплавка, напыление) является актуальным. Во всех вышеперечисленных технологиях конечная структура определяется температурой и длительностью технологического процесса. Длительность процессов при высоких температурах в разных технологиях также отличается: при спекании это от получаса до десяти часов, в СВС, при наплавке и напылении – от нескольких секунд до нескольких минут.

Формирование конечной структуры при наплавке покрытий композиционными порошками формируется в двух термических циклах: на стадии получения порошка и на стадии нанесения покрытия. Для получения заранее заданной структуры покрытия необходимо, во-первых получить требуемую структуру композиционного порошка и, во-вторых – сохранить ее на стадии наплавки. Это две отдельные сложные задачи, решение которых возможно только на основе структурных исследований и анализа термокинетических условий формирования структуры на отдельных технологических этапах.

Исходя из вышеизложенного, целью работы является исследование СВС порошков TiB+Ti и использование данных порошков для получения электронно-лучевых покрытий с высокой удельной прочностью и износостойкостью.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Методом СВС синтезировать порошки TiB +Ti (20об.%, 30об.%, 40об.%, 50об.%, 60об.%).
2. Исследовать микроструктуру и фазовый состав СВС порошков.
3. Получить электронно-лучевые наплавки с использованием данных композиционных порошков.
4. Исследовать структуру полученных покрытий.
5. Определить твердость, износостойкость покрытий.

2.2 Получение композиционных порошков TiB +Ti (20об. - 60об.%) методом СВС

В данной работе композиционные порошки получали методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из порошковых смесей титана марки ТПП-8 с дисперсностью 50-100 мкм, бора аморфного технического марки «А» с разным содержанием металлической связки Ti (20об.%, 30об.%, 40об.%, 50об.%, 60об.%). Для приготовления порошковых смесей порошки смешивали, химический состав использованных порошков с указанием объемных процентных доли приведен в таблице 2.1. Композиционные порошки с 50об. % и 60об. % металлической матрицы готовили смешиванием в гравитационном смесителе типа «пьяная бочка» со стальными шарами в течение 3 - 4 часов для получения однородной структуры.

Приготовление шихты. Процентное весовое содержание одного из компонентов смеси определялось по формуле 2.1:

$$C_a = \frac{A_a}{A_a + B_b} \times 100 \% \quad (2.1)$$

где A_a, B_b - атомные массы компонентов А и В; a, b - атомные концентрации данных компонентов.

Теоретическая (компактная) плотность полученной смеси определяли по формуле 2.2:

$$\rho_{теор.} = \frac{100}{c_a / \rho_a + c_b / \rho_b + \dots}, \quad (2.2)$$

где ρ_a, ρ_b - плотности соответствующих компонентов, c_a и c_b - весовые проценты компонентов А и В.

Таблица 2.1

Шихтовка для получения СВС композитов TiB+%Ti (20об. – 60об.%)

Об. % Ti	Шихтовка, вес %		Теор. плотность г/см ³
	Ti	B	
TiB+20об.%Ti	84,86	15,14	3,9675
TiB+30об.%Ti	86,57	13,43	4,022
TiB+40об.%Ti	88,33	11,67	4,079
TiB+50об.%Ti	90,14	9,86	4,141
TiB+60об.%Ti	91,99	8,01	4,206

Формование образцов. Образцы для синтеза получали методом холодного двухстороннего прессования в цилиндрической пресс-форме МС-500 (рис.2.1). Давление подбирали для достижения исходной пористости прессовок 40 – 45%. В результате образцы имели форму цилиндра диаметром 25 мм и высотой до 10 мм.

СВС - композиционные порошки получали из ранее спрессованных таблеток синтезом без предварительного подогрева, в среде аргона с избыточным давлением около 0,5 атм. с последующим медленным охлаждением в реакторе (рис.2.2). Для поджигания порошка и запуска волны горения на таблетки Ti+B был насыпан небольшой слой порошковой смеси

Ti+Si.

При поджигании этой смеси происходит следующая химическая реакция:

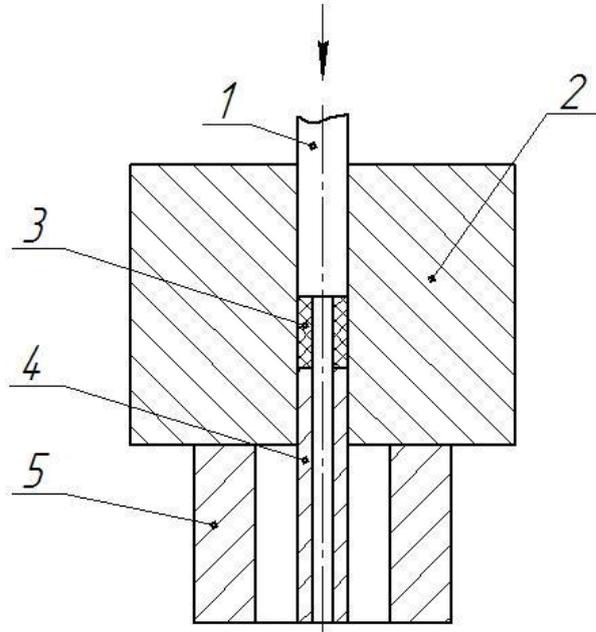


Рисунок 2.1 – Схема двухстороннего прессования:

1 - верхний пуансон; 2 - матрица; 3 - прессуемая шихта; 4 - нижний пуансон; 5 – подкладка.

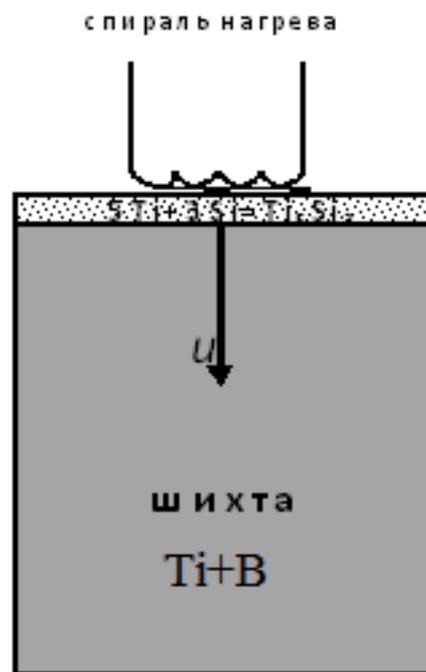


Рисунок 2.2 – Реализация СВЧ композиционных порошков без предварительного подогрева шихты

При этом тепло, выделившееся при протекании этой реакции, достаточно, чтобы запустить волну горения. Смесь порошков поджигалась с использованием молибденовой спирали, по которой пропускался электрический ток в течение короткого времени (не более 2 с), после чего электрический ток отключался и процесс протекал самостоятельно. В процессе были зафиксированы максимальная температура и скорость движения фронта реакции (скорость горения).

Полученные пористые СВС спеки дробили и ситовым рассевом выделяли пригодную для наплавки фракцию от 56 – до 200 мкм.

Синтезированные порошки первоначально имели разное содержание металлической связки (20об.%, 30об.%, 40об.%, 50об.%, 60об.%). Для получения качественного покрытия и улучшения наплавляемости порошков при электронно-лучевой наплавке (ЭЛН), СВС - порошки разбавляли порошком титана до 80 об.% Ti. Расчет добавочной порции порошка, необходимой для достижения 80 об.% содержания титана, приведен в таблице 2.2. Электронно-лучевые покрытия из композиционных порошков наплавляли на титановую подложку ВТ-1-0 в вакууме на установке ИФПМ СО РАН. Исследованы были два состава: TiВ+20→80%Ti, TiВ+50→80%Ti.

Таблица 2.2

Состав композиционного порошка	Шихтовка, вес %	
	TiВ + Ti	Ti
TiВ + 20 об.% Ti	22,7	77,3
TiВ + 50 об.% Ti	38	62

ЭЛН – одна из перспективных среди энерго и ресурсосберегающих технологий создания защитных покрытий [31,32]. Источником экономии и повышения свойств инструмента является сочетание электронно-лучевой технологии с возможностями порошковой металлургии. При этом стоимость порошковых материалов, как правило, значительно ниже стоимости

твердосплавных пластин, а эксплуатационные свойства слоев, наплавленных методом ЭЛН, довольно высоки.

2.3 Методика исследования композиционных порошков и ЭЛН покрытий

Структурные исследования СВС продукта и электронно-лучевого покрытия проводили на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН (AXIOVERT-200MAT, рис.2.3 а).

Из порошков и покрытий были приготовлены шлифы для металлографических исследований. Шлифы готовили путем механического шлифования на шлифовально-полировальном станке Saphir 520 (рис.2.3 б), полировки образцов на алмазных пастах и суспензии.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Оборудование (а – AXIOVERT-200MAT, б – Saphir 520)

Подготовка шлифа проходила в 6 этапа:

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

Второй этап: - шкурка Р600, $t=10$ мин, $F=40N$, $V=500$ об/мин;

Третий этап: шкурка М40, $t=15$ мин, $F=30N$, $V=350$ об/мин;

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

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

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

После полировки образцы травили реактивом Келлера ($94\% H_2O + 3\% HF + 3\% HNO_3$), время травления 10 сек., затем образцы промывались проточной водой и протирались спиртом.

Рентгеноструктурный анализ. Рентгеноструктурный анализ СВС-порошков TiB +Ti (20об.% - 60об.%) и электронно-лучевых наплавов TiB+20→80%Ti, TiB+50→80%Ti проводили на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН (ДРОН-7). Идентификация фаз была проведена с использованием картотеки рентгеновских данных ASTM.

Определение микротвердости. Микротвердость покрытий определяли на микротвердомере ПТМ-3 (рис. 2.4) при нагрузках на индентор 0,1 кгс, в соответствии с ГОСТом 9450-76 с использованием четырехгранного алмазного наконечника (по Виккерсу). По результатам измерения микротвердости строили профили ее распределения, используя функцию Больцмана для построения аппроксимационных кривых.

Число микротвердости посчитано по формуле:

$$HV = \frac{1857F}{d^2}, \quad (2.4)$$

где F – нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, Н (кгс);

d – средняя арифметическая длина обеих диагоналей квадратного отпечатка, мм.

Определение макротвердости. Твёрдость наплавленных покрытий определялось на твердомере Duramin-500 (Stuers A/S) с нагрузкой - 500 гс – оборудование Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН.



Рисунок .2.4 – Микротвердомер ПТМ-3

Метод определения износостойкости по ГОСТ 23.208-79. Испытания на абразивный износ при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы проводили на оборудовании по ГОСТ 23.208-79 (рис.2.5). Эти испытания основаны на сравнении величины износа образца исследуемого материала с износом эталонного образца [33].

Изнашивание образца (3) происходит абразивными частицами, которые подаются в зону контакта вращающимся резиновым роликом (1). В качестве абразива в наших испытаниях использовался электрокорунд зернистостью № 160N (фракция менее 160 мкм). Образец прижимался к ролику, усилием H . В процессе испытания абразив непрерывно поступает в зону трения из бункера (2). Исследуемые покрытия подвергались износу в течение 60 минут и взвешивались на весах с точностью до 0,1 мг. Расход абразива при каждом цикле испытаний составлял одинаковое количество.

Скорость износа покрытия рассчитывали по формуле:

$$v = \frac{m_1 - m_0}{t}, \quad (2.5)$$

где v – скорость износа, мг/час;
 m_0 – масса образца до испытаний, мг;
 m_1 – масса образца после испытаний, мг;
 t – время испытаний, час.

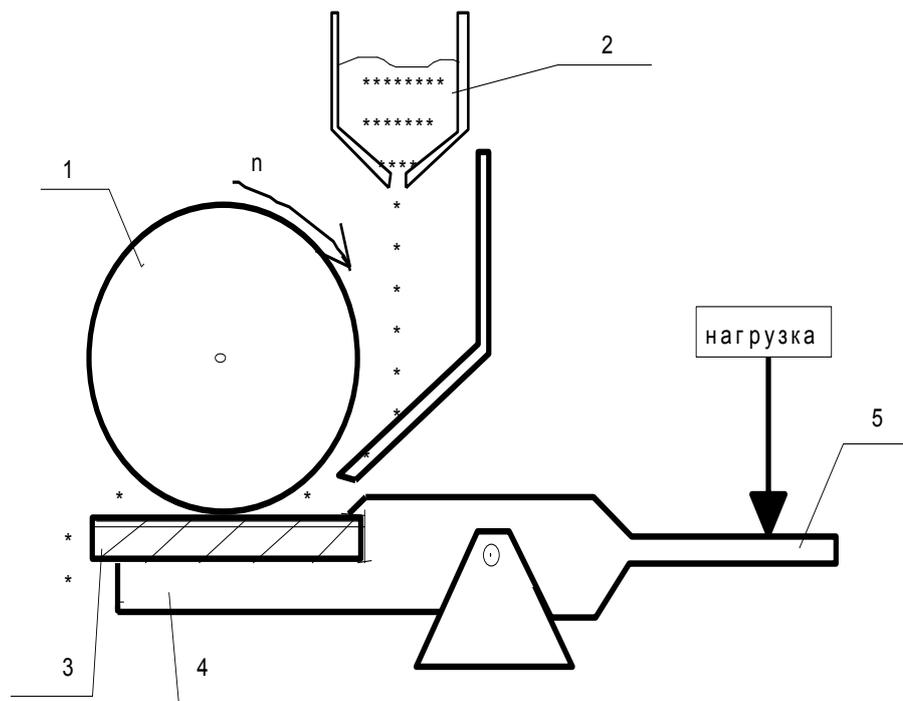


Рисунок 2.5 – Схема испытаний на абразивный износ по ГОСТ 23.208-79

- 1 – резиновый ролик;
- 2 – бункер с абразивным материалом;
- 3 – испытуемый образец;
- 4 – держатель;
- 5 – рычаг, прижимающий образец к ролику.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применение композиционных покрытий на титановые сплавы позволяет значительно улучшить их механические и физические свойства. Исследование композиционных порошков и покрытий из них имеет важное практическое значение. Получение композитов «борид титана + титан» возможно через проведение реакции «титан+В₄С» [2,43], так и через синтез чистых порошков [44].

3.1 Результаты исследования композиционных порошков TiB + Ti (20об. – 60об.%)

В создании СВС системы могут участвовать все химически активные при высоких температурах вещества в качестве реагентов (химические элементы, индивидуальные соединения, многофазные структуры) и инертные вещества в качестве наполнителей или разбавителей. Наиболее популярные реагенты: Н₂, В, Al, С, N₂, O₂, Mg, Ti, Nb, Мо, Si, Ni, Fe, В₂O₃, TiO₂, Cr₂O₃, МоО₃, Fe₂O₃, NiO и др. В качестве реагентов используется также минеральное сырье и промышленные отходы. Условия подбора компонентов СВС-системы:

- экзотермичность взаимодействия реагентов;
- образование конечных твердых продуктов;
- техническая и экономическая целесообразность [41].

Для приготовления порошковых смесей для синтеза использовали порошок титана ТПП-8, который смешивали с порошком бора. Данные по объемным, весовым процентам компонентов и исходным порошкам приведены в таблице 3.1.

Фазовый анализ. Рентгенофазовый анализ показал, что во всех случаях синтеза «титан-бор» получали многофазный материал, основной фазой которого является моноборид титана (ASTM 5-700) (табл.3.2, рис.3.1). Фактическое содержание титановой связки, рассчитанное по сумме

интенсивностей рентгеновских линий, во всех СВС продуктах значительно меньше значений, рассчитанных в предположении образования боридов титана.

Таблица 3.1 – Содержание титановой связки (об. %) в СВС композитах и в реакционной смеси (масс. %).

Об. % в продукте СВС (расчет)		Вес % в продукте СВС (расчет)		Шихтовка (вес% в реакционной смеси)		Д теор.
Ti	TiB	Ti	TiB	Ti	B	
60	40	56.54	43.46	91.99	8.01	4.206
50	50	46.45	53.55	90.14	9.86	4.141
40	60	36.64	63.36	88.33	11.67	4.079
30	70	27.10	72.90	86.57	13.43	4.022
20	80	17.81	82.19	84.86	15.14	3.9675

Таблица 3.2

Образцы	Газ	TiB	Ti	TiB ₂	TiO ₂	TiN _{0,30}	?
TiB+30%Ti	воздух	69,6	-	0,7	14	13,3	2,4
TiB+40%Ti	воздух	63,5	4,3	2,4	11,2	11,1	7,5
TiB+50%Ti	воздух	63,1	2,4	0,3	9,9	14,6	9,7
TiB+60%Ti	воздух	44,9	1,0	1,8	24,6	27,2	0,5
TiB+20%Ti	аргон	88,6	5,4	2,6	3,4(TiO)	-	-
TiB+30%Ti	аргон	88,1	6,8	3,0	2,1(TiO)	-	-
TiB+40%Ti	аргон	81,8	10,1	5,0	3,1(TiO)	-	-
TiB+50%Ti	аргон	49,0	22,1	21,4	7,5(TiO)	-	-
TiB+50%Ti(a)	аргон	59,3	12,5	7,3	17,0(FeO)	-	3,9
TiB+60%Ti(a)	аргон	59,6	35,2	-	4,3 (TiO) +0,9((FeO)	-	-

Согласно результатам рентгенофазового анализа в продуктах синтеза на воздухе присутствует двуокись титана TiO₂(ASTM 21-1276) и нитрид титана TiN_{0,30} (ASTM 41-1352) (табл. 3.2), что свидетельствует о взаимодействии титана с кислородом и азотом. Так как содержание оксидов и нитридов титана не уменьшается при уменьшении содержания титана в реакционных смесях, можно предполагать, что взаимодействие титана происходит не в зоне догорания, а во фронте или непосредственно перед фронтом реакции. То-есть,

эти фазы образуются в результате окисления исходного титанового порошка, а не титановой связки, которая выявляется в небольшом количестве в исследованных порошках. Присутствие значительного количества оксинитридных фаз (10-27%) будут препятствовать нанесению однородного покрытия, поэтому синтез в аргоне является более перспективным. Основные исследования (в более широком диапазоне) проведены на композитах, синтезированных в аргоне. На композитах с большим содержанием титана (50-60%) синтез удастся провести только после механической активации порошковой смеси (с пометкой «а» в таблице 3.2). После проведения предварительной механической активации произошло увеличение моноборида титана, уменьшение диборида титана. И возросло количество окислов, появился окисел железа в смеси с 50% титана.

Существенного изменения параметров решетки титана в композитах Ti-B с разным содержанием титановой связки при проведении СВС (без проведения предварительной механической обработки) не происходит.

В таблице 3.3 – приведены параметры решеток титана (гексагональная)

	а, в, нм	С, нм	а, в, нм	С, нм
	воздух		аргон	
TiB+20%Ti			0, 2950	0,4664
TiB+30%Ti	0,2950	0,4664	0,2948	0,4658
TiB+40%Ti	0,2948	0,4654	0,2950	0,4659
TiB+50%Ti	0,2946,	0,4656	0,2956	0, 4691
TiB+50%Ti(a)	-	-	0,2967	0,4665
TiB+60%Ti	0,2938	0,4655	0,2971	0,4692

В таблице 3.4 приведены параметры решеток моноборида титана (орторомбическая).

№	образцы	воздух			аргон		
		а, нм	в, нм	с	а	в	с
1	TiB+20%Ti				0,6116	0,3052	0,4559
2	TiB+30%Ti	0,6104	0,3054	0,4562	0,6115	0,3055	0,4558
3	TiB+40%Ti	0,6120	0,3056	0,4554	0,6115	0,3057	0,4560
4	TiB+50%Ti	0,6114	0,3061	0,4556	0,6135	0,3054	0,4560
5	TiB+50%Ti(a)	-	-	-	0,5821	0,3061	0,4615
6	TiB+60%Ti	0,6133	0,3058	0,4557	0,6093	0,3063	0,4564

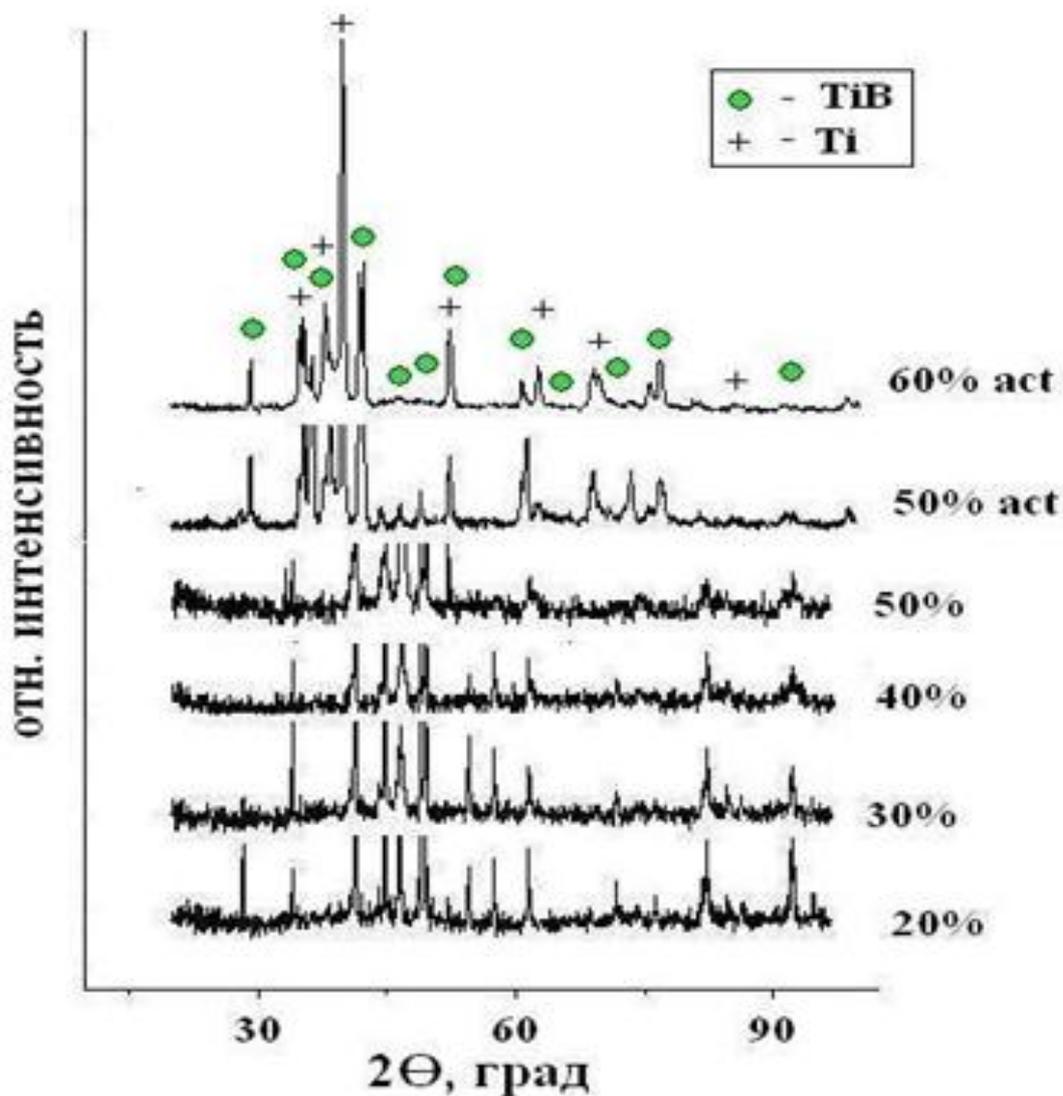
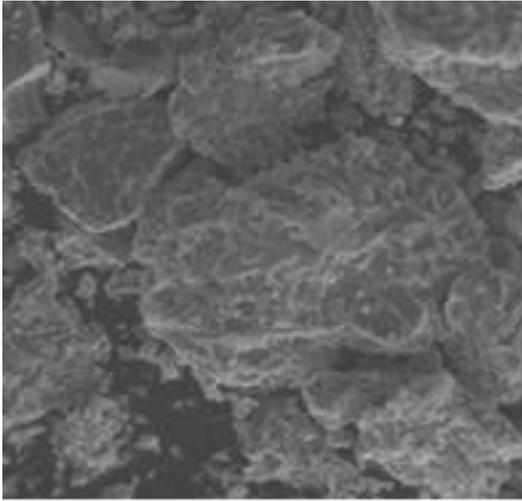
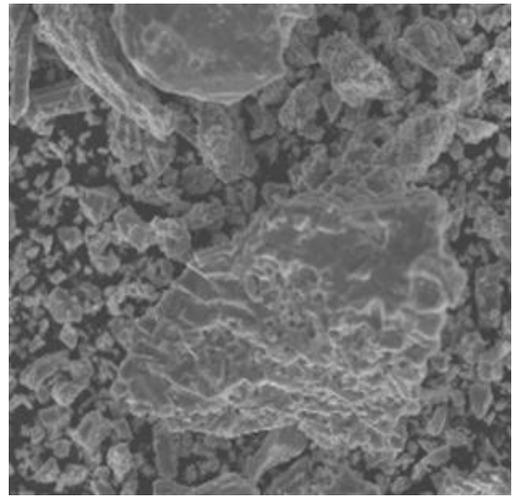


Рисунок 3.1 – Рентгеноструктурный анализ СВС порошков, синтезированных в аргоне

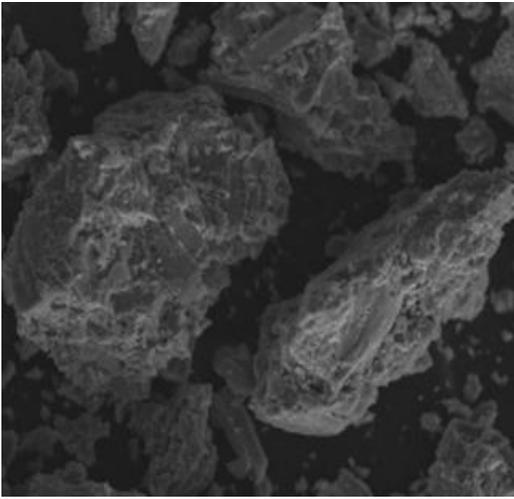
Морфология и микроструктура СВС порошков. СВС композиционный порошок после дробления спеков имеет преимущественно осколочную форму (рис. 3.2). Микроструктура СВС - композиционного порошка с разным содержанием титановой связки (20об.% - 40об.%), синтезированного в аргоне, представлена на рисунке 3.3. Композиционный порошок имеет типичную структуру матричного композита: серые боридные зерна иглоподобной формы на фоне более светлой титановой матрицы и темных пор различного размера.



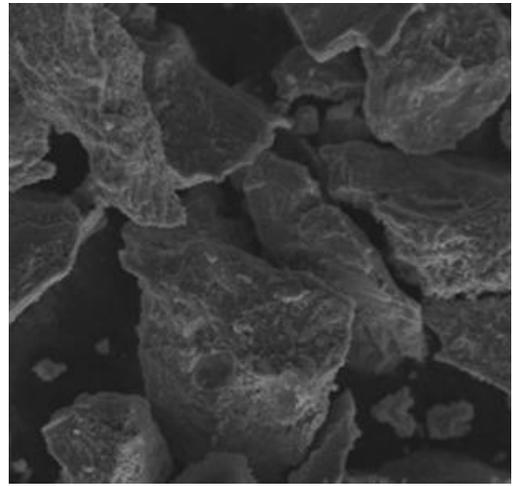
20%



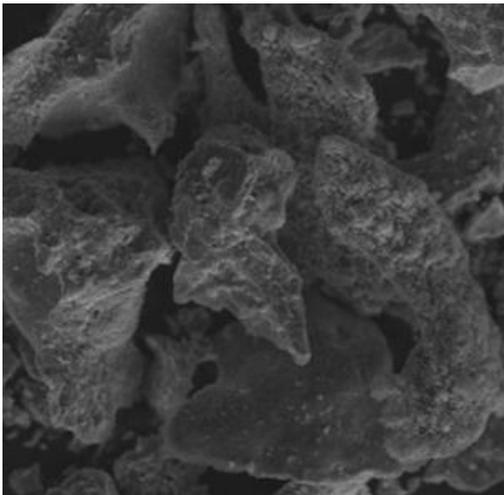
30%



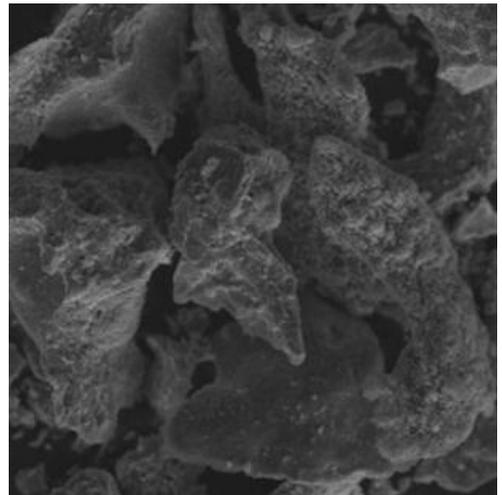
40%



50%



50 акт.%



60 акт.%

Рисунок 3.2 – Морфология СВС порошков «TiB+20-60об.% Ti»

Как видно из приведенных микроструктур композиционных порошков с разным содержанием титановой связки, содержание металлической связки не оказывает сильного влияния на размер боридных включений (рис.3.3). СВС композитов с большим содержанием титана идет до содержания титана 50 об.%, при этом в структуре композита присутствует сильная неоднородность. Синтез композитов с 50 и 60 об.% титана провели с предварительной механической активацией порошковой смеси, микроструктуры этих композитов достаточно однородны (рис.3.4.). Боридная фаза в этом случае более дисперсна.

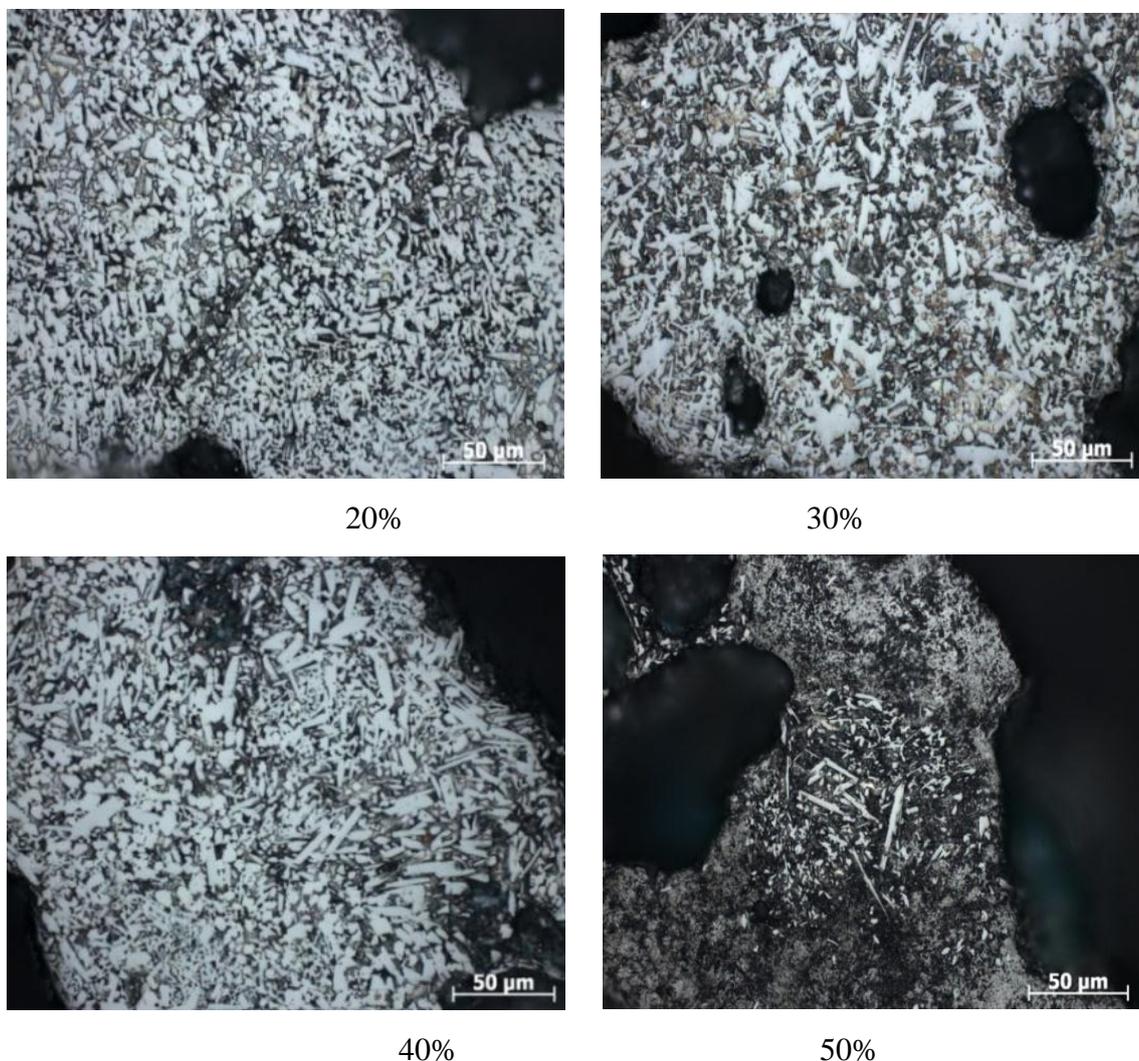


Рисунок 3.3 – Микроструктура СВС порошков «TiB₂+20-50 об.% Ti»

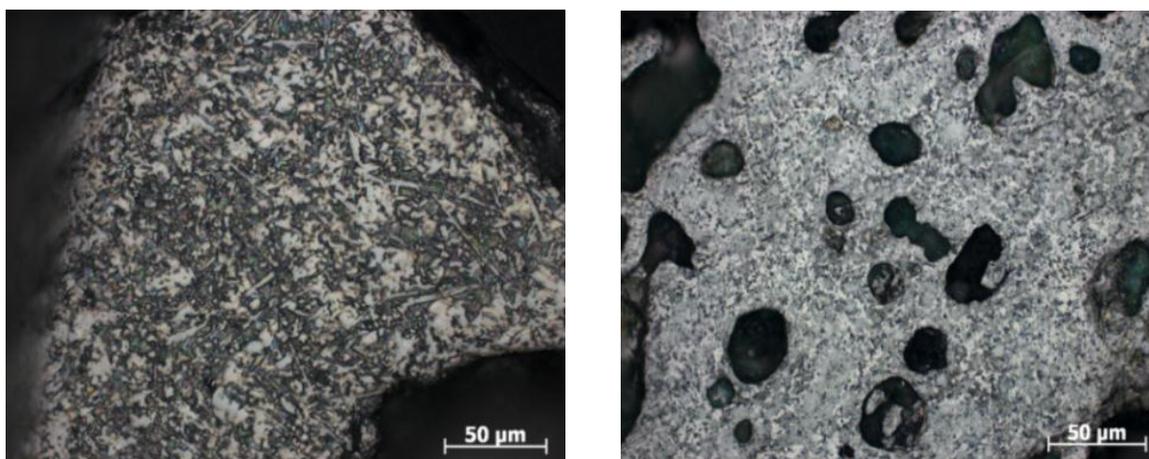


Рисунок 3.4 – Микроструктура активированных СВС порошков

3.2. Результаты исследования электронно-лучевых покрытий, наплавленные композиционными порошками $TiB_{CVC}+Ti$

Для улучшения наплавляемости к композиционным порошкам с различным содержанием титановой связки добавляли порошок титана в количестве, необходимом для получения порошковых смесей с интегральным содержанием связки 80 об.%. Исследованы были два состава : $TiB+20\%Ti$, $TiB+50\%акт. Ti$.

Фазовый состав покрытий. Фазовый состав наплавленных покрытий качественно мало отличался от фазового состава композиционных порошков. В покрытии основной фазой является титан (ASTM 5-682), содержание которого в покрытии довели до 80об.%. (таблица 3.5). Моноборид титана - является второй основной фазой.

Таблица 3.5 – Ориентировочное содержание фаз

	Образцы	Ti	TiB	TiC	TiB ₂	TiO ₂	TiN _{0.30}	?
Покрытие	$TiB+20\%Ti$	70,5	13,9	-	-	-	6,2	9,5
	$TiB+50\%актTi$	78,6	9,8	--	-	3,2	-	8,4

Рентгенограммы исходного СВС-композиционного порошка и покрытия из этого порошка приведены на рисунке 3.5.

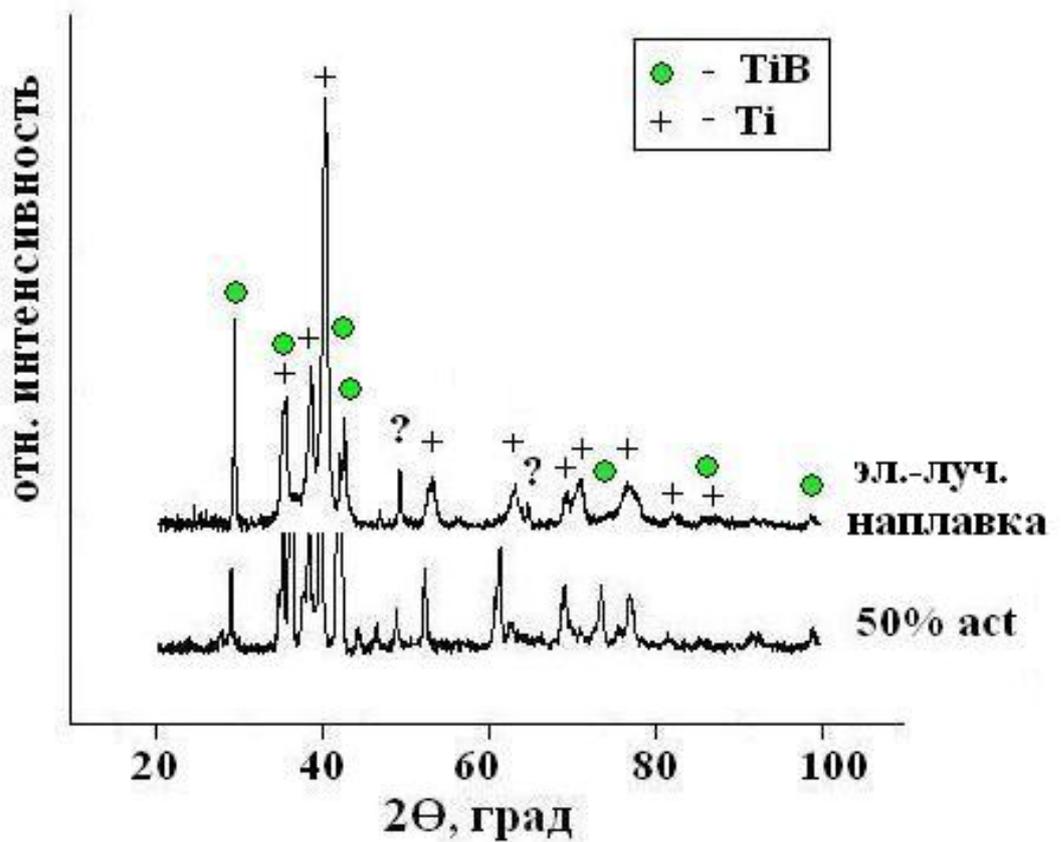
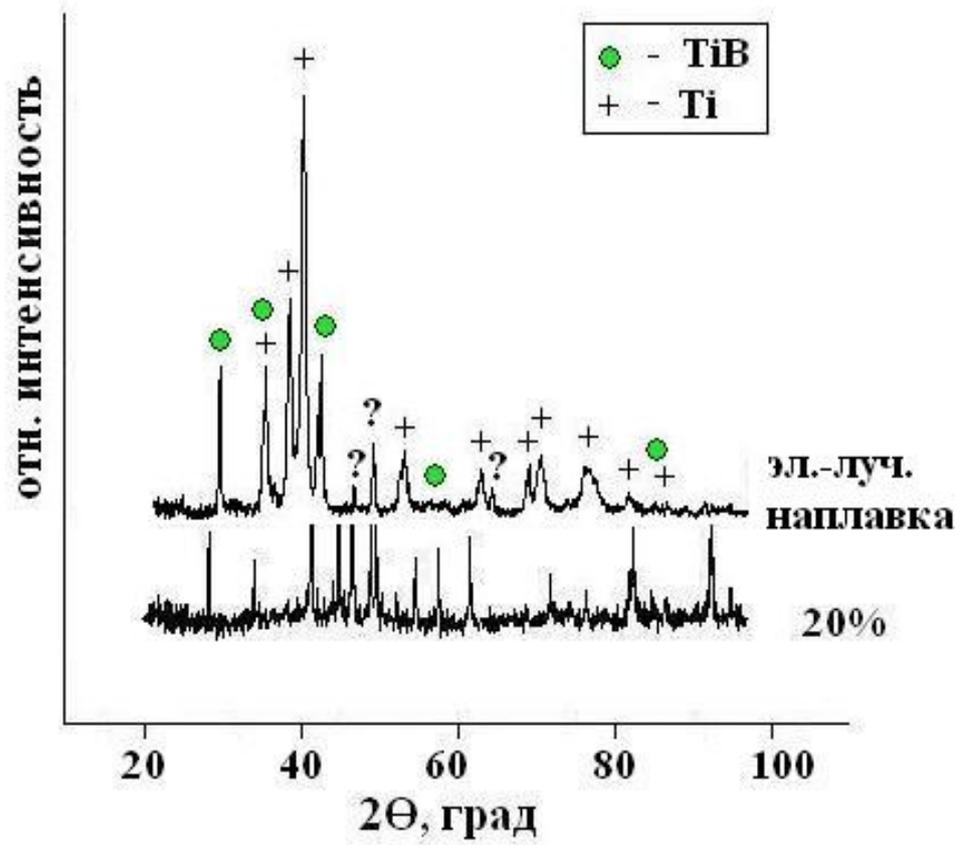


Рисунок 3.5 – Рентгенограммы покрытий и исходного порошка

Микроструктура покрытий, наплавленных порошковыми смесями, содержащими композиционные порошки исследованных составов, приведена на рисунке 3.6.

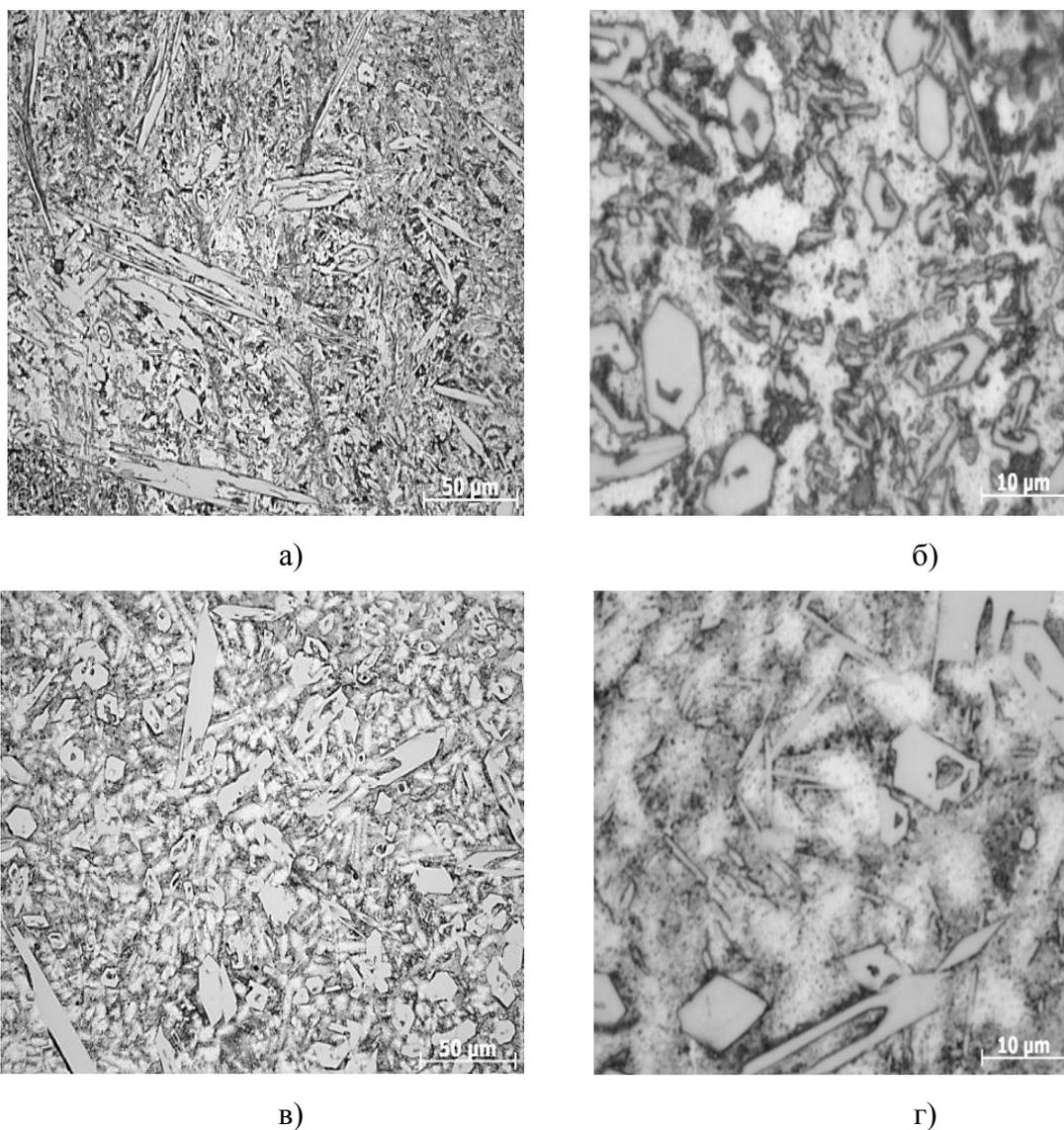


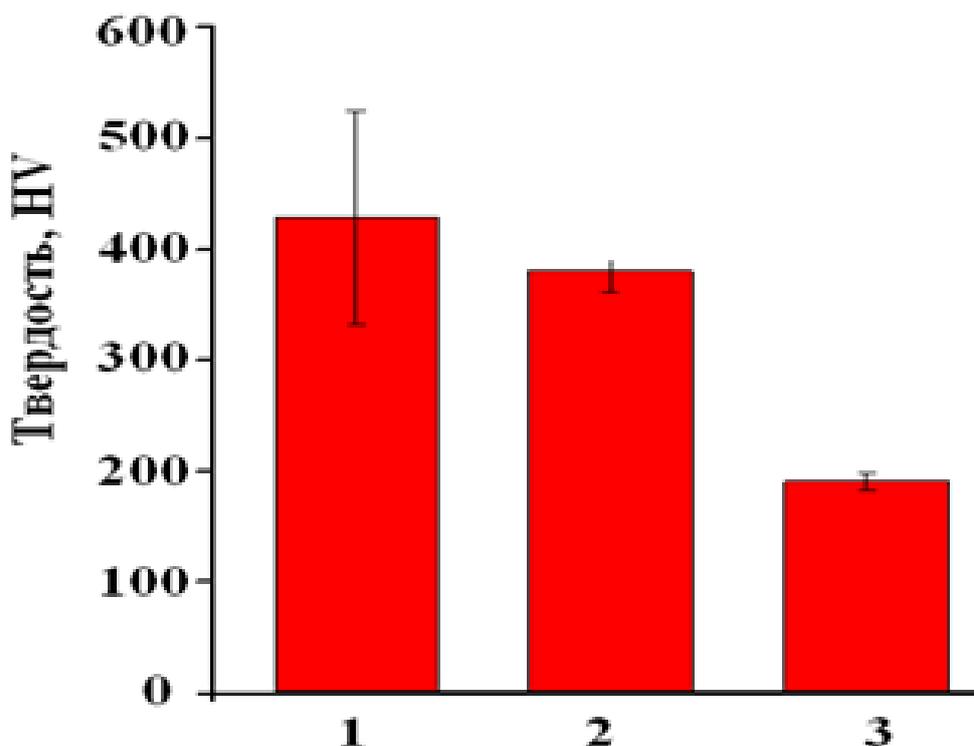
Рисунок 3.6 – Микроструктура исследованных покрытий: а,б - $TiB+20 \rightarrow 80\%Ti$; в,г - $TiB+50 \rightarrow 80\%Ti$

Из приведенных микроструктур видно, что крупные первичные бориды присутствуют в обеих наплавках. Различия в дисперсности боридной фазы как в микроструктуре наплавов, так и в исходных композиционных порошках $TiB+20об.\% Ti$ и $TiB+50об.\% Ti$ не наблюдается (см. рис. 3.3. – 3.4.). Содержание крупных первичных боридных кристаллов может быть следствием неполного растворения в наплавочной ванне крупных боридных включений

исходного композиционного порошка TiB+Ti. При охлаждении поверхность этих не растворившихся кристаллов становится основой для дальнейшего роста и укрупнения первичных боридов.

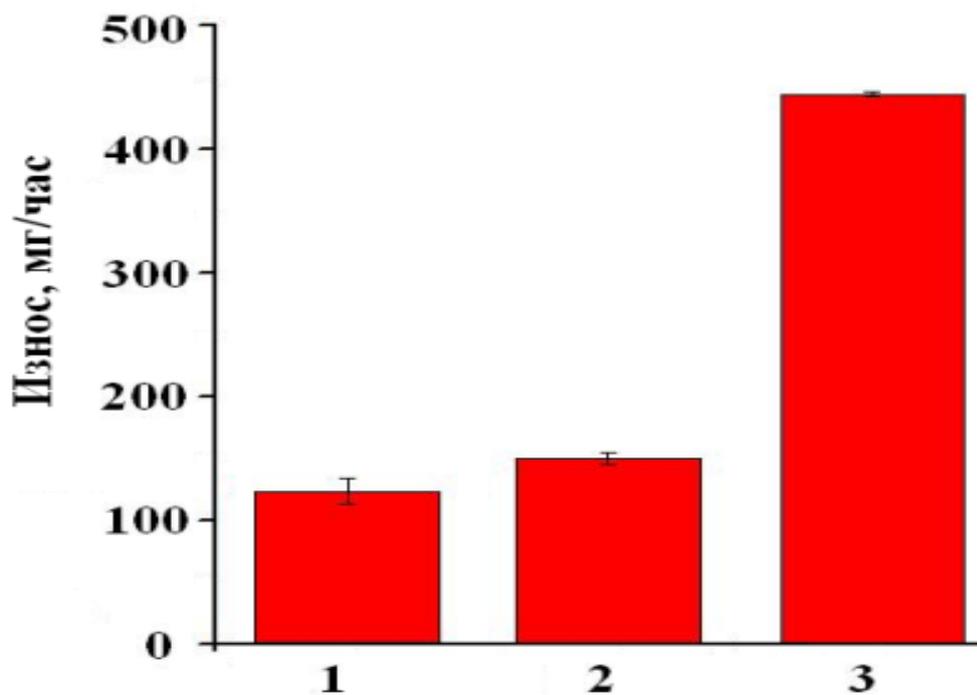
Твердость и износостойкость покрытий.

Существенного различия в микроструктуре не обнаружено, поэтому и твердость этих наплавов близка (рис. 3.7). Немного большую твердость и износостойкость (рис. 3.8) имеет покрытие, наплавленное смесью с композиционным порошком TiB+20→80% об.% Ti. Согласно этим результатам, введение боридов титана кратно увеличивает твердость и износостойкость электронно-лучевых покрытий по сравнению с титаном BT-1-0.



1- TiB+20→80%Ti, 2- TiB+50→80%Ti, 3- титан BT-1-0

Рисунок 3.7 – Твердость покрытий



1- TiB+20→80%Ti, 2- TiB+50→80%Ti, 3- титан BT-1-0

Рисунок 3.8 – Абразивная износостойкость покрытий

При этом твердость наплавленных покрытий превышает твердость титана BT1-0 в 2-2,2 раза, а абразивная износостойкость в 3-3,7 раза. Частично повышению твердости покрытия может способствовать твердорастворное упрочнение титана, за счет повышенного содержания углерода и кислорода.

Переходная зона «подложка – покрытие» оказывает существенное влияние на свойства покрытия, от ее фазового состава и структуры зависит прочность сцепления покрытия и подложки, то есть величина адгезии. Адгезия тем более важна, что в окрестности границы «покрытие – подложка» и в объеме покрытия в процессе наплавки возникают большие внутренние напряжения, как следствие различия коэффициентов термического расширения покрытия и подложки и значительных градиентов температуры. На рис. 3.9. приведена микроструктура и изменение микротвердости в переходной зоне покрытие – подложка.

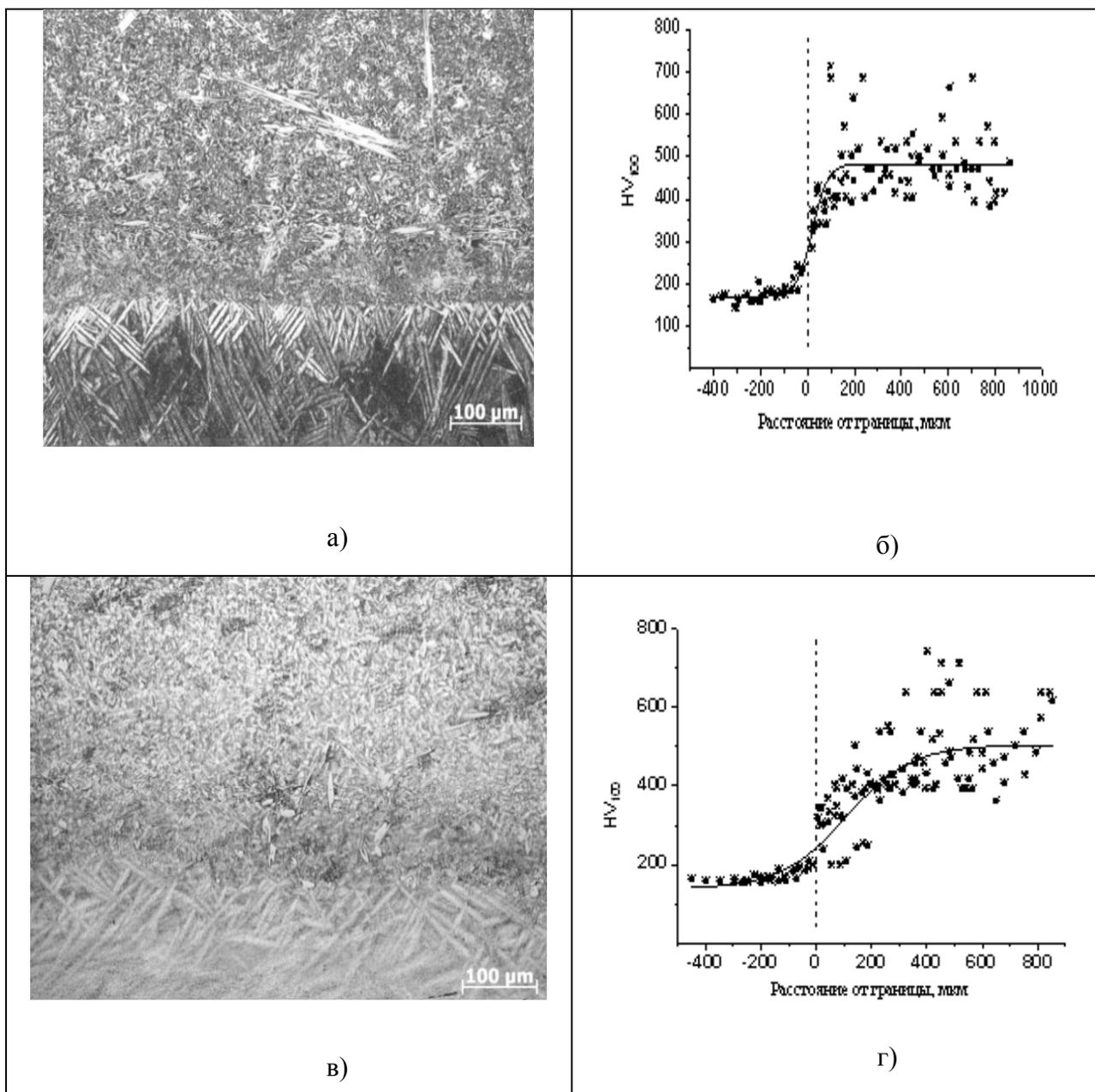


Рисунок 3.9 – Микроструктура (а,в) и профили микротвердости (б,г) в переходной зоне покрытие – подложка. а,б – наплавка порошком

Структура прилегающей к подложке переходной зоны наплавленных покрытий отличается от структуры основного объема наплавки (рис. 3.6.) меньшим количеством нераспавшихся гранул и отдельных боридных включений за счет разбавления переходной зоны титаном из подплавленной титановой подложки. Локальная микротвердость наплавки, как в переходной зоне, так и вне ее колеблется в широких пределах из-за гетерогенности структуры. Максимальные значения микротвердости соответствуют

микротвердости отдельных боридных частиц, а минимальные значения - микротвердости титановой матрицы. Согласно металлографии и виду профилей микротвердости в переходной зоне исследуемых покрытий отсутствуют твердые и хрупкие прослойки, которые могли бы ухудшить адгезию покрытий к подложке.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4AM51	Мырзахан Акбота Мырзаханкызы

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Черепанова Н.В.	кандидат философских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM51	Мырзахан А.М.		

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	B_{κ}	K_{ϕ}	K_{κ}
1	2	4	5	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,15	3	4	0,7	0,6
2.Простота технологии нанесения покрытия	0,1	2	4	0,3	0,5
3.Энергоэкономичность	0,07	2	3	0,1	0,2
4. Надежность	0,05	4	4	0,25	0,15
5. Уровень шума	0,05	3	2	0,3	0,3
6.Экологичность материала	0,15	3	4	0,25	0,35
7. Область применения покрытия	0,15	3	3	0,35	0,45
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,13	4	4	0,4	0,4
2. Цена	0,1	3	3	0,4	0,45
3.Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
Итого	1	31	35	3,25	3,6

Выводы: Исходя из вышеуказанных результатов, можно сказать, что метод СВС позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах по сравнению с методом вакуумного

спекания порошковых смесей, имея значительное преимущество по следующим параметрам:

- простотой нанесения покрытий;
- энергозатраты на производство партии продукта;
- себестоимостью готового продукта;
- экологичностью для окружающей среды.

4.2 SWOT-анализ

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

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

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

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно исследовательского проекта: С1.Возможность модифицирования исходного материала ;	Слабые стороны научно исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной
--	---	---

	<p>С2. Высокая работоспособность изделия;</p> <p>С3. Улучшение свойств обрабатываемой поверхности;</p> <p>С4. Снижение себестоимости изделия</p>	<p>разработки ;</p> <p>Сл2. Не отработана технология получения порошков, которые в дальнейшем используются для нанесения покрытий;</p> <p>Сл3.Вероятность структурообразования составов;</p> <p>Сл4.Вероятность получения брака;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е. использование научного оборудования);</p> <p>В2. Возможность внедрения технологии в производство;</p> <p>В3. Возможность участие в грантах, для повышения производительности изделия;</p> <p>В4.Появление дополнительного спроса на новый продукт;</p>	<p>С1 В2 внедрения технологии в производство за счет варьирования состава;</p> <p>С4 В2 – вероятность расширения количества поставщиков (снижение себестоимости изделия);</p> <p>С2В3 участие в грантах приводят к улучшению высокой работоспособности изделия;</p>	<p>В1Сл4 –новейшее оборудование, позволит на ранних стадиях исследование, выявить и предотвратить появление брака</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований.</p> <p>У2. Отсутствие оборудования для массового производства;</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства приводит к несвоевременно выполнению заказов изделия ;</p>	<p>С1У1-возможность варьированием состава, позволит создавать новые и более качественные конкурентоспособные изделия.</p>	<p>Сл2У2- при применении технологии для серийного производство возрастает вероятность потери времени для нанесения покрытий уже известной технологией.</p>

Из вышеприведенных примеров мы можем прийти к выводу, что исследуемый научный проект имеет множество сильных сторон, которые считаются наиважнейшим для его проведения.

4.3 Инициация проектом

4.3.1 Цели и результат проекта

Таблица 4.3 – для получения результатов заинтересованы следующие стороны

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

Таблица 4.4 – рабочая группа проекта

ФИО. основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
Прибытков Геннадий Андреевич	<i>Заказчик проекта</i>	укрупненный анализ проектов по показателям сроков, освоению затрат и финансированию	
Коростелева Елена Николаевна	<i>Руководитель проекта</i>	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	1024
Мырзахан Акбота Мырзаханкызы	<i>Исполнитель по проекту</i>	выполняет отдельные работы по проекту	1624
Иванов Валерий Игоревич	<i>Инженер-технолог</i>	Отвечает за работу оборудования, выполняет технологические работы	224

Таблица 4.5 – Информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей

Цели проекта:	<p>1. Методом СВС синтезировать порошки TiB +Ti (20%, 30%, 40%, 50%, 60%).</p> <p>2. Исследовать микроструктуру и фазовый состав СВС порошков.</p> <p>3. Получить электронно-лучевые наплавки с использованием данных композиционных порошков.</p> <p>4. Определить твердость, износостойкость покрытий.</p> <p>5. Исследовать структуру и свойства полученных покрытий.</p>
Ожидаемые результаты проекта:	Износостойкие покрытие, которые будут отвечать всем технологическим свойствам, необходимые для инструментов, также прочность изделия позволяют заменить дорогие инструменты на более недорогой, но не уступающие по качеству.
Критерии приемки результата проекта:	Законченная научно-исследовательская работа, автор которой имеют список публикаций и участие на международных конференциях.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Результат проекта должен иметь актуальное теоретическое и практическое значение
	Выполнения проекта в срок

4.3.3 Ограничения и допущения проекта

Таблица 4.6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	40000тыс.руб
Источник финансирования	ИФПМ СО РАН
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	13.09.2015
Дата завершения проекта	20.05.2017

Бюджет проекта было выделено по гранту Российского Фонда Фундаментальных исследований.

4.4 Планирование управления научно-техническим проектом

4.4.1 Иерархическая структура работ проекта

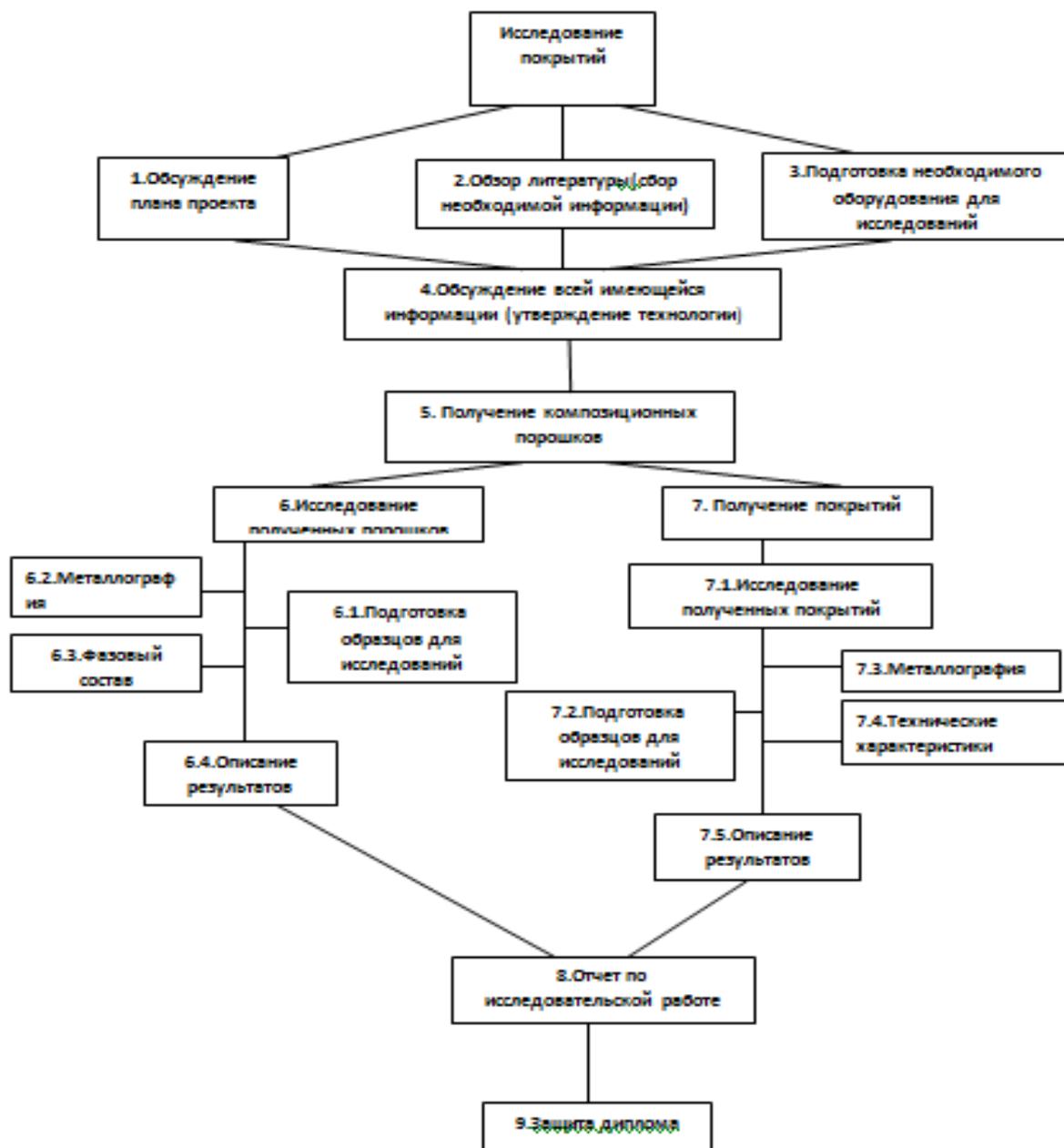


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ проекта

4.4.2 Контрольные события проекта

Таблица 4.7. – Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Обсуждение плана проект	01.09.15	Утверждение участников исследования
Обзор литературы (сбор необходимой информации)	01.10.15	Отчет по изученной литературе.
Получение композиционных порошков	15.10.15	Композиционные порошки
Исследование полученных порошков	17.11.15	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	24.04.16	Отчет
Получение покрытий	08.09.2016	Покрытия
Исследование полученных покрытий	20.11.16	Исследуемые образцы, иллюстрации (графики, картинки)
Описание результатов	21.02.17	Отчет
Отчет по исследовательской работе	23.04.17	Отчет
Защита диплома	16.06.17	диплом

4.4.3 Бюджет научного исследования

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В таблице 4.8 – приведены расчет сырья, материалов, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
ТПП-8	1 кг	3000	3000
Сажа марки - П-803	1 кг	50	50
Бор аморфный «А»	1 кг	150	150
Электрокорунд	1 кг	200	200
Титановая пластинка	5шт	300	1500
Алмазная паста	5	300	1500
Наждачная бумага	10	25	250
Всего за материалы			6650

Расчет заработной платы

Заработная плата рабочим рассчитана по тарифным ставкам и отработанному времени. Расчет заработной платы персоналу сведом в таблицу 4.9

Таблица 4.9

Исполнители	Количество	Зарплата, руб./мес.	Количество отработанных дней	Всего з.п, руб	Дополнительная з.п	Отчисления на социальные нужды
<i>Руководитель</i>	1	25000	128	145454	17455	43636
<i>Исполнитель</i>	1	9000	203	83045	9965	24913
<i>Инженер-технолог</i>	1	15000	28	19090	2290	5727
Итого:				247589	29710	74276

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.2)$$

Отчисления на социальные нужды:

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.3)$$

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4AM51	Мырзахан Акбота Мырзаханкызы

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>При выполнении работы для исследования образцов, в лаборатории используется раствор келлера. Травитель келлер является едким веществом, по степени воздействия на организм человека относится к веществам 3-го класса опасности, согласно ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Раствор келлера вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, пары поражают слизистые оболочки. В качестве защиты от вредного вещества рабочим выдаются средства индивидуальной защиты: стерильные диагностические латексные перчатки, маску для лица (медицинская одноразовая трехслойная).</p>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, 	<p>Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены. Рабочее помещение по опасности относится к 1 группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. Помещение лаборатории можно отнести к первой ступени огнестойкости. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП</p>

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Штейнле Александр Владимирович	кандидат медицинских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM51	Мырзахан А.М.		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой, представляет собой область научных знаний, изучающая опасности угрожающие человеку и разрабатывающие способы защиты от них в любых условиях обитания человека.

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

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

5.1 Техногенная безопасность

5.1.1 Анализ вредных факторов

При выполнении исследовательской работы существует вероятность воздействия следующих производственных факторов: шума, тепловыделений, недостаточной освещенности, электрический ток, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение.

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

К физическим факторам можно отнести:

- повышенная запыленность;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- опасность поражения электрическим током;
- воздействие излучение монитора компьютера.

К химическим факторам относится травитель образцов Келлер, в состав которого входит 96 % H_2O , 2 % HNO_3 , 2 % HF. При травление образцов травитель может попасть на кожу, вследствие которые приводят к ожогу. Травление проводилось раствором, затем образцы промывались водой и протирались спиртом.

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

5.1.1.1 Шум

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

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и

скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна.

Уровень шума в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, не должен превышать 50-60 дБа [10].

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

5.1.1.2 Вредные вещества

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

При выполнении работы для исследования образцов, в лаборатории используется раствор келлера. Травитель келлер является едким веществом, по степени воздействия на организм человека относится к веществам 3-го класса опасности [11]. Раствор келлера вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, пары поражают слизистые оболочки.

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

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

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

5.1.1.3 Микроклимат

Микроклимат это комплекс метеорологических условий в помещении: температура, относительная влажность, воздухообмен, скорость движения воздуха, содержание в воздухе твердых частиц (пыли), наличие приятных запахов (ароматерапия) и др. Оптимальными для микроклимата жилых и общественных помещений в тёплое время года считаются: температура воздуха 22-25° С, относительная влажность 40-60 %, скорость движения воздуха не более 0,25 м/с; в холодное время года эти показатели составляют соответственно 20-22° С, 30-45 % и 0,1-0,15 м/с.

В таблица 5.1 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.548-96).

Таблица 5.1

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

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

5.1.1.4 Освещение

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Свет — это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих нас предметов. Освещение влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Исследователями накоплено значительное количество данных по биологическому действию видимого света на организм. Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует через нервную оптико-вегетативную систему на эндокринную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Сравнительная оценка естественного и искусственного освещения по его влиянию на работоспособность показывает преимущество естественного света. Ведущим фактором, определяющим биологическую неадекватность естественного и искусственного света, является разница в спектральном составе излучения, а также динамичность естественного света в течение дня. Уровни освещённости при этом должны составлять 1000-1500 лк, и могут быть обеспечены дневным светом, если он имеется, или электрическим светом от общего или локализованного освещения, например настольных ламп или комбинацией дневного и естественного света. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией

освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пуско-регулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

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

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

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

Получение из СП 52.13330.2011 величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается освещенность. Значение коэффициента запаса, выбираемого для помещения с малым выделением пыли, при люминесцентных лампах $KЗ = 1,5$.

Естественное освещение. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами СНиП на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в

установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений. Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое). Нормированные значения КЕО (коэффициента естественной освещенности) для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле:

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

где N - номер группы обеспеченности естественным светом; e_H - значение КЕО;

m_N - коэффициент светового климата. Соответственно, при $e_H = 1$; $m_N = 0,75$;

$$e_{N=1} * 0,75 = 0,75$$

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

5.1.2 Анализ опасных факторов

5.1.2.1 Электричество

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

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;

- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды [13].

Электротравма опасна прежде всего воздействием тока на сердечно-сосудистую систему. Напряжение от 36 вольт и выше вполне способно вызвать остановку сердца или дыхания, однако убивает не напряжение, а сила тока.

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

Категория персонала – I (не электротехнический персонал), т.е. это люди, прошедшие только первичный инструктаж.

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

5.1.2.2 Пожаробезопасность

Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Причины возникновения пожаров: неосторожное обращение с огнём; несоблюдение правил эксплуатации производственного оборудования и электрических устройств; самовозгорание веществ и материалов; разряды статического электричества; грозовые разряды; поджоги.

Опасные факторы пожара, воздействующие на людей:

- высокая температура среды в зоне горения, открытый огонь, искры;
- дымообразование, токсичные продукты горения;
- пониженная концентрация кислорода в зоне пожара за счет его роли как окислителя в химических реакциях при горении;
- обрушение конструкций здания, падение обгоревших предметов;

– вероятность взрыва.

Высокая температура в зоне горения может привести к ожогам или сгоранию кожного покрова тела и внутренних органов человека, вызвать потерю несущей способности строительных конструкций зданий и сооружений, их обрушение.

Дымообразование чрезвычайно опасно для человека. При пожарах выделяется большое количество дыма. Дым — сложная смесь газообразных и мелкодисперсных продуктов горения. Большинство составляющих дыма для человека небезопасны. Их вдыхание приводит к острым отравлениям.

Неотъемлемой частью комплекса защитных мероприятий на рабочем месте являются мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. Используемый технологический процесс согласно техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности относится к категории Д, так как использует негорючие вещества в холодном состоянии. В данном случае источникам возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Существует 5 степеней огнестойкости зданий, сооружений. Помещение лаборатории можно отнести к первой ступени огнестойкости. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02.-85) огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

5.2 Региональная безопасность

Любое предприятие, осуществляющее свою деятельность в сфере создания материальных благ, в процессе работы наносит тот или иной вред окружающей среде. Это производственные отходы, которые необходимо

утилизировать, вредные газы, выделяемые при осуществлении технологического процесса, сточные воды.

Основными факторами, обуславливающим необходимость обращения особого внимания вопросам охраны окружающей среды, являются следующие:

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

В настоящее время на первый план выдвигаются задачи борьбы с загрязнением атмосферы, так как от их решения в значительной мере зависит здоровье людей.

Охрана атмосферы включает в себя:

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

В настоящее время нет какого-либо кардинального способа позволяющего решить проблему загрязнения атмосферы. Однако существует, ряд мер, которые в комплексе позволяют существенно снизить степень загрязнения воздуха. Основными мерами, которые необходимо предусмотреть при проектировании и строительстве новых реконструкций и расширение действующих производств являются совершенствование их технологии, обеспечивающей сокращение выбросов и оснащение их современным

оборудованием и пылеуловительной аппаратурой по очистке газов, дымовых и вентиляционных выбросов.

Важнейшим направлением уменьшения выбросов и экономии капитальных затрат является максимально возможная утилизация тепла в промышленности.

Совершенствование техники газоочистителей повышает степень очистки выбросов. Для обезвреживания выделяемых производствами органических растворителей применяются адсорбционные методы, которые наряду с полным извлечением примесей из газов обеспечивают и их рекуперацию.

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, и аэрозоли. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяют фильтры.

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

Также из-за использования обтирочных материалов образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения, и в конце рабочего дня они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.).

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

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

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

Меры по технике безопасности на рабочем месте.

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

2. Лица, не имеющие непосредственного отношения к обслуживанию электроустановок, к работе с ними не допускаются.

3. Все питающие части должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно не превышать 40м.

4. При замене (установке) плат расширения необходимо пользоваться браслетом заземления, либо перед осуществлением этой операции избавиться от накопленного на теле статического заряда посредством прикосновения к зануленной части компьютера, в противном случае возможно повреждение чувствительных к статике микроэлементов ЭВМ.

5. Для исключения поражения электрическим током запрещается: часто включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы.

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

7. Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.

8. Недопустимо под напряжением проводить ремонт средств вычислительной техники и оборудования. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.

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

10. При приближении грозы необходимо оперативно закончить работу на компьютере и отключить его от сети во избежание повреждения последовательного порта и исключения сбоев при возможных скачках напряжения в сети, характерных в подобных случаях.

5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Нормальная продолжительность рабочего времени для работников предприятия не должна превышать 40 часов в неделю. Сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается для работников в возрасте от 16 до 18 лет - 36 часов в неделю, а для лиц в возрасте от 15 до 16 лет (учеников в возрасте от 14 до 15 лет, которые работают в период каникул) - 24 часа в неделю. Для работников, занятых на работах с вредными условиями труда не больше 26 часов в неделю. Продолжительность работы накануне праздничных нерабочих дней сокращается на один час. Ночным считается время с 22 часов вечера до 6 часов утра. При работе в ночное время установленная продолжительность работы сокращается на один час. Охрана труда женщин и лиц моложе 18 лет. Действующее законодательство предусматривает запрет труда женщин на тяжелых работах и на работах с

вредными или опасными условиями труда. Перечень таких работ утвержден приказом Министерства здравоохранения от 29 декабря 1993 года №256. Запрещается привлекать женщин к работам, которые связаны с постоянным (больше 2-х раз) на протяжении одного часа перемещением грузов массой свыше 7 кг. Если женщина занята подъемом или перемещением грузов до двух раз в течение часа, то ей может поручаться такая работа при весе груза до 10 кг. Причем в обоих случаях суммарная масса груза, который перемещается на протяжении каждого часа рабочей смены, не должна превышать 350 кг - с поверхности рабочего места и 175 кг с пола. Действующее законодательство особое внимание уделяет защите жизни и здоровья несовершеннолетних, то есть лиц, которые не достигли 18 лет. Допускается с согласия одного из родителей принятие на работу учеников общеобразовательных школ для выполнения работы, которая не наносит ущерб их здоровью, в свободное от учебы время при достижении ими 14 - летнего возраста (на время школьных каникул). Как правило, несовершеннолетние принимаются на работу после достижения 16 лет. Их запрещается привлекать к работам, предусмотренным Перечнем тяжелых работ и работ с вредными и опасными условиями труда, утвержденным приказом Министерства здравоохранения от 31 марта 1994 года №46.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Пожар - одно из самых страшных бедствий. Он не щадит никого и ничего. Возгорание, как правило, происходит очень быстро, и потушить его не всегда удается. Поэтому действия при пожаре прописаны в инструкции,

которую каждый гражданин должен знать. На предприятиях специально проводятся мероприятия по защите населения от этой катастрофы.

Действия персонала при пожаре на предприятии:

- услышав крики: "Пожар", ни в коем случае не поддаваться панике, сохранять спокойствие;
- осмотреться вокруг. Заметив телефон или кнопку пожарной безопасности, действовать незамедлительно - сообщить службам о возгорании;
- попробовать самостоятельно потушить возгорание, используя огнетушитель, землю;
- если ликвидировать пожар не получается, покинуть помещение через эвакуационный выход;
- не поддаваться панике, стараться успокоить других;
- двигаться к выходу, дышать через рукав одежды или носовой платок;
- если в помещении сильная задымленность, перемещаться, опираясь на стены или поручни;
- оказавшись на свежем воздухе, немедленно вызвать "Скорую помощь".

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

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были получены и исследованы композиционные порошки «моноборид титана +титан». При проведении самораспространяющегося высокотемпературного синтеза на воздухе реакционных смесей титана и бора происходит частичное окисление продуктов синтеза с образованием двуокиси титана и нитрида титана TiN_0 . 30. Присутствие значительного количества оксинитридных фаз препятствует нанесению однородного электронно-лучевого покрытия, поэтому основные исследования проводили на композиционных порошках, синтезированных в аргоне. Было показано, что предварительная механическая активация реакционной порошковой смеси позволяет расширить концентрационный предел послойного горения в сторону большего содержания титановой связки. Были определены оптимальные режимы синтеза и получены композиционные порошки «моноборид титана - титан» с однородной структурой.

В работе было показано, что дальнейшее использование полученных СВС - композиционных порошков «TiB - Ti» позволяет получить качественные электронно-лучевые покрытия на титане ВТ-1-0. Твердость таких покрытий увеличивается в 2-2,2 раза, при этом абразивная износостойкость увеличивается более значительно в 3-3,7 раза.

Список публикаций студента

1. Коржова В.В., Криницын М.Г., Мырзахан А.М., Прибытков Г.А. Получение композиционных порошков «TiV+Ti» для нанесения покрытий. VI Всероссийская конференция молодых ученых «Материаловедение, технологии и экология в третьем тысячелетии», г. Томск, 11-13 мая 2016 года.— Томск : Изво: ИОА СО РАН, 2016. 357с.

2. Мырзахан А. М. Износостойкость электронно-лучевых покрытий TiV+Ti / А. М. Мырзахан, А. Д. Макан; науч. рук. Е. Н. Коростелева, В. В. Коржова // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2016) : сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г. — Томск : STT, 2016. — [С. 431-432].

3. Макан А. Д. Особенности вакуумного спекания композиционных порошков TiC-ME, полученных методом СВС / А. Д. Макан, А. М. Мырзахан ; науч. рук. Е. Н. Коростелева, В. В. Коржова // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2016) : сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г. — Томск : STT, 2016. — [С. 136-137].

Список используемых источников

1. Н.П.Новиков, И.П.Боровинская, А.Г.Мержанов. Зависимость состава продуктов и скорости горения в системах металл – бор от соотношения реагентов// Физика горения и взрыва. — 1974. — т.10. — №2. — с.201-206.
2. Zwikker Ulrich, Titan und Titan legierungen – Springer-Verlag, 1974. — 717 p.
3. Т.С.Азатян, В.М.Мальцев, А.Г.Мержанов, В.А.Селезнев. О механизме распространения волны горения в смесях титана с бором// Физика горения и взрыва.—1980. —т.16. — №2. —с.37-42.
4. Н. Attar, L.Löber, A.Funk, M.Calin, L.C.Zhang, K.G.Prashanth, S. Scudino, Y.S.Zhang, J.Eckert. Mechanical behavior of porous commercially pure Ti and Ti–TiB composite materials manufactured by selective laser melting// MaterialsScience&EngineeringA. —2015—-v.625.- —p.350–35.
5. http://portal.tpu.ru/SHARED/b/BOSEZEN/educational/sovrem_tehno/T/ab/05_glava_03.pdf.
6. <http://www.polema.net/titan-i-ti-splavy.html>.
7. В.Н.Анциферов, Г.В.Бобров, Л.К.Дружин, С.С.Кипарисов, В.И.Костиков, А.В.Крупин, В.В.Кудинов, Г.А.Либенсон, Б.С.Митин, О.В.Роман. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. Из-во: Металлургия, — 1987., —791с.
8. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. — М.: Металлургия, — 1972. — 496 с.
9. Мержанов А.Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Доклады Академии наук СССР. — 1972. Том 204, № 2. с. 336-339.
10. Е.А. Левашов, А.С. Рогачев, В.И. Юхвид, И.П. Боровинская. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. — М.: Бинوم, — 1999, — 176 с.

11. Попов А.А., Илларионов А.Г., Россина Н.Г., Гриб С.В., *Металловедение и термообработка сплавов титана. Структура и свойства: учебное пособие.* – Екатеринбург. : УрФУ, – 2013. – 268 с.
12. Чечулин Б. Б. *Титановые сплавы в машиностроении.* – Л.: “Машиностроение“, – 1977. – 248 с
13. В. Е. Панин, С. И. Белюк, В. Г. Дураков, Г. А. Прибытков, Н. Г. Ремпе. *Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий Сварочное производство,* – 2000, № 2 с. 34–38.
14. В. Е. Панин, В. Г. Дураков, Г. А. Прибытков, И. В. Полев, С. И. Белюк. *Электронно-лучевая наплавка порошковых карбидосталей//Физика и химия обработки материалов,* – 1998, № 6, с. 53–59.
15. K.S. Ravi Chandran, K.B. Panda, S.S. Sahay, *TiBw-reinforced Ti composites: processing, properties, application prospects and research needs, JOM (May 2004) p.42–48.*
16. T. Saito, *The automotive application of discontinuously reinforced TiB–Ti composites, JOM (May 2004) p.33–36.*
17. L.J. Huang, L. Geng, H.X. Peng, J. Zhang, *Room temperature tensile fracture characteristics of in situ TiBw/Ti6Al4V composites with a quasi-continuous network architecture, Scr. Mater. 64 (2011) p.844–847.*
18. J. Dutta-Majumdar, L. Li, *Development of titanium boride (TiB) dispersed titanium (Ti) matrix composite by direct laser cladding, Mater. Lett. 64 (2010), – 1010–1012.*
19. A. Miklaszewski, M.U. Jurczyk, K. Jurczyk, M. Jurczyk, *Plasma surface modification of titanium by TiB precipitation for biomedical applications, Surf. Coat. Technol. 206 (2011) p.330–337.*
20. K. Morsi, V.V. Patel, S. Naraghi, J.E. Garay, *Processing of titanium–titanium boride dual matrix composites, J. Mater. Process. Technol. 196 (2008) p.236–242.*

21. X.B. Shen, Z.H. Zhang, S. Wei, F.C. Wang, S.K. Lee, Microstructures and mechanical properties of the in situ TiB–Ti metal–matrix composites synthesized by spark plasma sintering process, *J. Alloys Compd.* 509 (2011) 7692–7696.
22. S.C. Tjong, Y.W. Mai, Processing-structure–property aspects of particulate- and whisker-reinforced titanium matrix composites, *Compos. Sci. Technol.* 68 (2008) 583–601.
23. M. Das, K. Bhattacharya, S.A. Dittrick, C. Mandal, V.K. Balla, T.S. Sampath Kumar, A. Bandyopadhyay, I. Manna, In situ synthesized TiB–TiN reinforced Ti6Al4V alloy composite coatings: microstructure, tribological and in-vitro biocompatibility, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 29 (2014) 259–271.
24. S.S. Sahay, K.S. Ravichandran, R. Atri, Evolution of microstructure and phases in in situ processed Ti–TiB composites containing high volume fractions of TiB whiskers, *J. Mater. Res.* 14 (11) (1999) 4214–4223.
25. Ju.Kusakina, E. Levashov, D. Livanov, et al., in: Ju. Karabasov (Ed.), *New materials, MISiS, Moscow, 2002 (in Russian)*
26. K.S.R. Chandran, K.B. Panda, S.S. Sahay, *J. Miner. Met. Mater. Soc.* 56 (2004) p.42–48.
27. Radhakrishnabhat B.V., Subramanyam J., Bhanuprasad V.V., Preparation of Ti–TiB–TiC and Ti–TiB composites by in situ reaction hot pressing. *Mater Sci Eng A* 2002;325:126–30.
28. Atri R.R., Ravichandran K.S., Jha S.K., Elastic properties of in situ processed Ti–TiB composites measured by impulse excitation of vibration. *Mater Sci Eng A* 1999;271:150–9.
29. Geng K.E., Lu W.J., Zhang D. In situ synthesized (TiB_pY₂O₃)/Ti composites. *J Mater Sci Lett* 2003;22:877–9.
30. Sahay S.S., Ravi Chandran K.S., Atri R. Evolution of microstructure and phases in situ processed Ti–TiB composites containing high volume fractions of TiB whiskers. *J Mater Res* 1999;14:4214–23.

31. Радченко М.В., Радченко В.Г., Шевцов Ю.О. Проблемы упрочнения и создания защитных покрытий с помощью электронно-лучевой технологии в вакууме/ Вестник Сибирского отделения Академии наук высшей школы (СО АН ВШ). — 1996. — Томск. — 1. — N1. — С.37-38.
32. Радченко М.В., Радченко В.Г., Шевцов Ю.О. Упрочнение поверхности деталей и инструмента электронным пучком в вакууме// Инструментальное обеспечение автоматизированных систем механообработки. Сб. тезисов регион. науч.-техн. конф.- Иркутск.- 1990.- С. 87-88.
33. ГОСТ 23208-79. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы.
34. И.М.Федорченко, И.Н.Францевич, И.Д.Радомысльский и др.; Порошковая металлургия. Справочник. — Киев : Наук.думка, 1985. — 624с.
35. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.:ИД Альянс, 2011. — 644с.
36. Самсонов Г.В., Серебрякова Т.И., Неронов В.А. Бориды. М.: Атомиздат, 1975. -376с.
37. A. Moissan, C. r., 70, 290, 1895.
38. Ann. Chim. Phys., 7, 229, 1896.
39. E. Wedekind. Ber., 46, 1198, 1913.
40. Самсонов Г.В., Марковский Л.Я., Жигач А.Ф., Валяшко М.Г. Бор его соединения и сплавы. Изд. — во: Академии наук Украинской ССР — Киев - 1960. -589с.
41. http://www.ism.ac.ru/handbook/_shsr.htm
42. Т.С.Азатян, В.М.Мальцев, А.Г.Мержанов, В.А.Селезнев. О механизме распространения волны горения в смесях титана с бором// Физика горения и взрыва.- 1980.-т.16.- №2.-с.37-42.
43. H. Attar, L.Löber, A.Funk, M.Calin, L.C.Zhang, K.G.Prashanth, S. Scudino, Y.S.Zhang, J.Eckert. Mechanical behavior of porous commercially pure Ti

and Ti–TiB composite materials manufactured by selective laser melting//
MaterialsScience&EngineeringA.-2015-v.625- pp.350–35.

Приложение А

Раздел на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM51	Мырзахан А.М.		

Консультант кафедры ФВТМ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Коростелева Е.Н.	кан.тех.наук		

Консультант – кафедры ИЯФТ :

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

2 FORMULATION OF THE PROBLEM. MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

2.1 Formulation of the problem

The previous section of the literature review shows that titanium boride (TiB) has been identified as a reinforcing agent being one of the materials that are most compatible with titanium, demonstrate good thermochemical stability and mechanical properties. From the point of view of the physical mechanical properties of the composite, the most important are the structural characteristics such as morphology, dispersion and volume fraction. Therefore, studies of the relative role of the factors responsible for the evolution of the structure of the composite in the process of its production by various technological processes (sintering, SHS, surfacing, sputtering) are topical. In all of the above technologies the final structure is determined by temperature and duration of the technological process. The duration of the processes at high temperatures also differs in various technologies: for sintering this period is from half an hour to ten hours; for SHS, surfacing and spraying - from a few seconds to several minutes.

Formation of the final structure when coatings are surfaced with composite powders is performed in two thermal cycles: at the powder preparation stage and at the coating stage. In order to obtain a predetermined coating structure, it is necessary to obtain the desired structure of the composite powder and then store it at the deposition stage. These are two separate complex problems, the solution of which is possible only on the basis of structural studies and analysis of the thermal kinetic conditions for the formation of the structure at individual technological stages.

Based on the foregoing, the objective of this work is to investigate SHS TiB powders and application of these powders in the production of electron-beam coatings with high specific strength and wear resistance.

To achieve this aim, it is necessary to solve the following tasks:

1. Synthesize TiB + Ti powders (20%, 30%, 40%, 50%, 60%) by the SHS method.
2. Investigate the microstructure and phase composition of SHS powders.
3. Obtain electron beam surfacing using these composite powders.
4. Determine hardness and wear resistance of the coatings.
5. Investigate the structure and properties of the obtained coatings.

2.2 Production of composite TiB + Ti powders (20 - 60%) by SHS method

In this paper, the composite powders were obtained by self-propagating high-temperature synthesis (SHS) method from powder mixtures of titanium of TPP-8 grade with a dispersion of 50-100 μm , boron amorphous of technical grade "A" with different content of Ti metal bond (20%, 30%, 40 %, 50%, 60%). To prepare the powder mixtures, the powders were mixed. Composite powders with a 50% and 60% metal matrix were obtained by mixing in a gravity mixer of the "drunk barrel" type with steel balls for 3 to 4 hours to obtain a homogeneous structure.

Batch preparation. The percentage by weight content of one of the components of the mixture was determined by the formula 2.1:

$$C_a = \frac{A_a a}{A_a a + B_b b} \times 100 \% \quad (2.1)$$

where, A_a and B_b are the atomic masses of components A and B;

a , b - atomic concentrations of these components.

The theoretical (compact) density of the obtained mixture was determined by the formula 2.2:

$$\rho_{meop} = \frac{100}{c_a / p_b + c_b / p_b + \dots}, \quad (2.2)$$

where ρ_A is the density of the corresponding components, and ca and cb are the weight percentages of components A and B.

Shaping of samples. Samples for synthesis were obtained by cold bilateral pressing in a cylindrical MC-500 mold (Fig.2.1). The pressure was chosen in such a way as to ensure the initial porosity of 40-45% of the compacts. As a result, the samples had the shape of a cylinder with 25 mm in diameter and 10 mm in height.

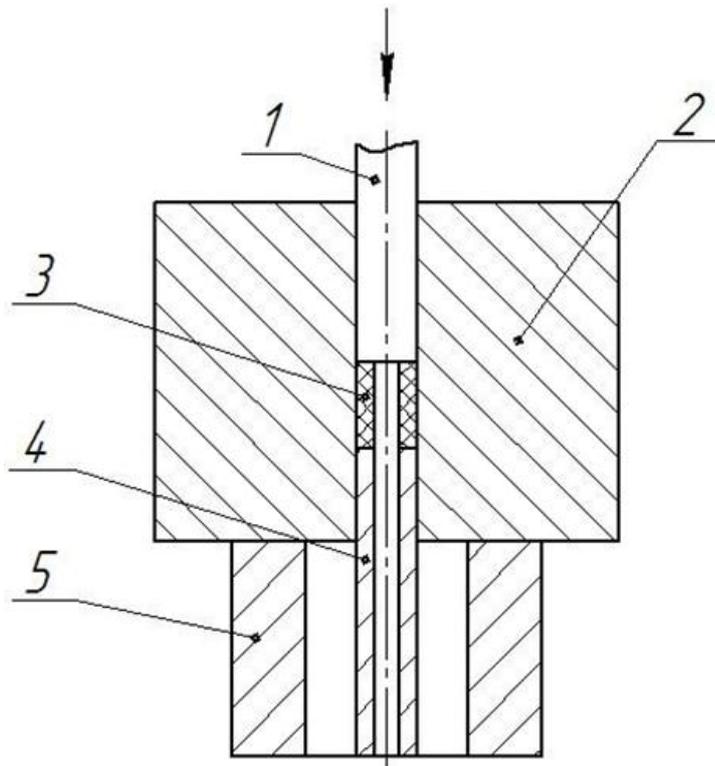


Fig.2.1 – Schematic diagram of bilateral pressing:

1. upper punch;
2. matrix;
3. pressed batch;
4. lower punch;
5. lining

Composite SHS powders were obtained from pre-compressed tablets by synthesis without preliminary heating in an argon medium with an excessive pressure of about 0.5 atm, followed by slow cooling in the reactor (Fig.2). For the ignition of the powder and start-up of the combustion wave on Ti + B tablets a small layer of the

Ti + Si powder mixture was poured. When this mixture is ignited, the following chemical reaction occurs:



In this case, the heat released during this reaction is sufficient to start the combustion wave. A mixture of powders was ignited using a molybdenum helix, through which an electric current was passed for a short time (no more than 2 s), after which the electric current was cut off and the process proceeded independently. The maximum temperature and velocity of the reaction front (burning rate) were recorded in the process.

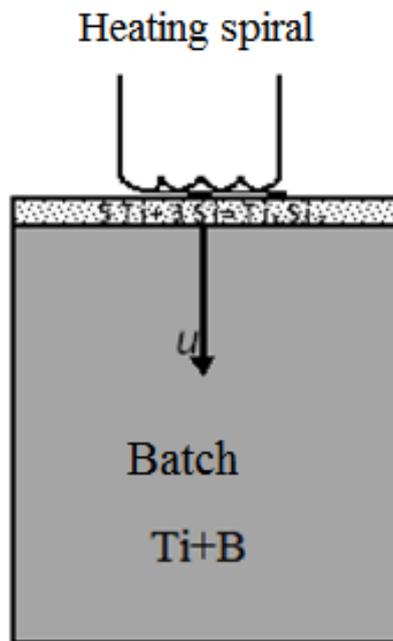


Fig.2.2 – Implementation of SHS composite powders without preheating of the mixture

The resulting sintered porous SHS was ground and a fraction suitable for coating from 56 to 200 μm was isolated. The synthesized powders initially had different contents of the metal bond (20%, 30%, 40%, 50%, 60%). To obtain a high-quality coating and improve the fusing of powders with electron-beam surfacing, the powders were diluted to 80 vol. % Ti.

Electron beam surfacing method (EBS). Electron beam surfacing method (EBS) was used for coatings welding. Electron-beam coatings from composite powders were deposited on a titanium substrate VT-1-0 in vacuum. Two compositions were investigated: TiB + 20 → 80% Ti, TiB + 50 → 80% Ti.

EBS is one of the most promising energy and resource-saving technologies for producing protective coatings [31, 32]. The source of economy and enhancement of the properties of the instrument is the combination of electron beam technology with the capabilities of powder metallurgy. At the same time, the cost of powder materials, as a rule, is much lower than the cost of carbide-tipped plates, and the operational properties of the layers welded by the EBS method are quite high.

2.3 Methodology for studying composite powders and EBS coatings

Structural studies of SHS products and electron-beam coatings were carried out on the equipment of the Center for Collective Use at the Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISPMS SB RAS) (Fig.2.3a AXIOVERT-200 MAT).

Powders and coatings were used to obtain samples for metallographic studies. Metallographic samples were prepared by mechanical grinding on a polishing machine Saphir 520 (Fig.2.3b), polishing of the samples on diamond pastes and suspensions.

The preparation of the sample was carried out in 6 stages:

- the first stage: - coarse skin, $t = 10$ min, $F = 40$ N, $V = 500$ rev/m;
- the second stage: - black skin, $t = 10$ min, $F = 40$ N, $V = 500$ rev/m;
- the third stage: zeroing, $t = 15$ min, $F = 30$ N, $V = 350$ rev/m;
- the fourth stage: cloth, diamond paste of 28/20 fraction, $t = 10$ min, $F = 20$ N, $V = 250$ rev/m;
- the fifth stage: cloth, diamond paste of 1/0 fraction, $t = 15$ min, $F = 30$ N, $V = 200$ rev/m.

- the sixth stage: cloth, suspension $t = 10$ min, $F = 30$ N, $V = 200$ rev/m.



a) AXIOVERT-200MAT



b) Saphir 520

Fig. 2.3 – Microstructure analysis equipment

The samples were etched after polishing. Etching was carried out by Keller's solution (94% H₂O + 3% HF + 3% HNO₃), etching time was 10 seconds, then the samples were washed with running water and wiped with alcohol.

X-ray diffraction analysis. X-ray diffraction analysis of the mixture of TiB + Ti (20-60%) and TiB + 20 → 80% Ti, TiB + 50 → 80% Ti was carried out using the equipment of the Center for Collective Use at the Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (DRON-7 in Co -K α -radiation). The phase identification was carried out using the ASTM X-ray file system.

Determination of microhardness. Microhardness of the coatings was determined on a microhardness tester PTM-3 (Fig.2.4) with an indenter load of 0.1 kgf, in accordance with GOST 9450-76, using a tetrahedral diamond tip (according to Vickers). Based on the results of the microhardness measurements, profiles of its

distribution were made using the Boltzmann function for constructing approximation curves. The number of microhardness was calculated by the formula:

$$HV = \frac{1857F}{d^2}, \quad (2.4)$$

where F is the normal load applied to the diamond tip, H (kgf);

d is the arithmetic mean length of both diagonals of the square footprint, mm.



Fig.2.4 – Microhardness tester PTM -3

Determination of microhardness. Macrohardness of the deposited coatings was determined using a Duramin-500 hardness tester (Stuers A / S) with a load of 500 gauss.

Method for determination of wear resistance according to GOST 23.208-79. Tests for abrasive wear during friction on non-rigidly fixed abrasive particles in

accordance with GOST 23.208-79 (Fig.2.5) are based on a comparison of the wear amount of the sample of the material being tested with the wear amount of the reference sample.

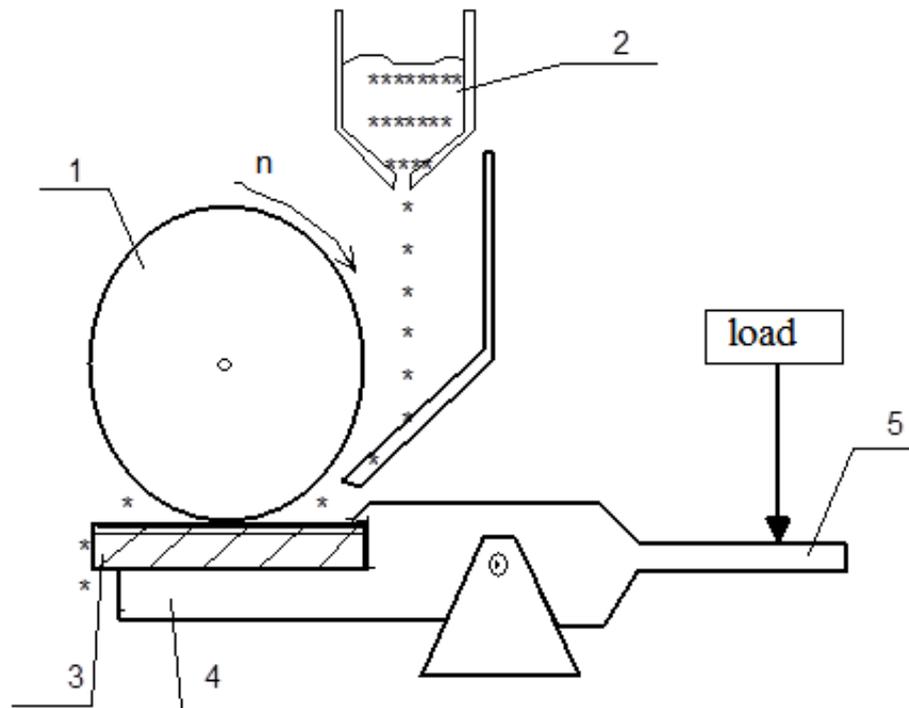


Fig.2.5 – Schematic diagram of the abrasive wear tests according to GOST 23.208-79

- 1 - rubber roller;
- 2 - bunker with abrasive material;
- 3 - test sample;
- 4 - holder;
- 5 - lever pressing the sample to the roller

The wear of the sample (3) was performed by means of abrasive particles, which were fed into the contact zone by a rotating rubber roller (1). For our tests we used electrocorundum with a grain size of 160 microns as an abrasive. The sample was pressed against the roller by force H . The abrasive was continuously fed into the friction zone from the bunker (2) during the test. The investigated coatings were

subjected to wear for 60 minutes and weighed on the scales with an accuracy of 0.1 mg. The abrasive amount for each test cycle was the same.

The wear rate of the coating was calculated by the formula:

$$v = \frac{m_1 - m_0}{t}, \quad (2.5)$$

where v - is the wear rate, mg / t;

m_0 - is the sample mass prior to wear, mg;

m_1 - is mass of the sample after wear, mg;

t - wear time, t.