

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»



« Утверждаю»

Ректор

Д.П. Маевский

» 09 2022 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ


Дисциплина: Порошковая металлургия и композиционные материалы  
Группа научных специальностей: 2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия  
Научная специальность: 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Форма обучения очная

Омск, 2022

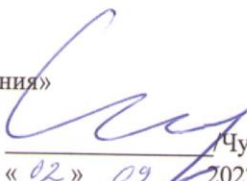
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными  
государственными требованиями

Разработчик рабочей программы  
к.т.н, доцент, профессор кафедры «Технология машиностроения»

 /Масягин В.Б./  
« 02 » 09 2022 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Технология машиностроения» от  
« 02 » 09 2022 г. протокол № 1

И.о. заведующего кафедрой «Технология машиностроения»  
к.т.н., доцент

 /Чуранкин В.Г./  
« 02 » 09 2022 г.

## **1. Цели и задачи дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины.**

Цель изучения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» - формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, умений и навыков (компетенций) в области порошковой металлургии и композиционных материалов, ориентированного на отрасли металлургии и машиностроения.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Основные задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление об основных трендах развития технологий порошковой металлургии и композиционных материалов;
- определить четкие представления о взаимосвязи технологии производства порошковых и композиционных материалов с областью их применения;
- умение прогнозирования технологических, механических, функциональных свойств порошковых и композиционных материалов;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при решении конкретной научно-технической задачи при выполнении диссертационной работы.

## **2. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» аспирант должен изучить основы производства порошков, спеченных материалов, процессы формования заготовок и изделий из порошков, методы и приборы контроля, армирующие компоненты композитов, технологии металломатричных и полимероматричных композиционных материалов, пористые литые материалы. Аспирант должен демонстрировать освоение дисциплины по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

### **Знать:**

- 3.1. Области применения композиционных и порошковых материалов;
- 3.2. Процессы производства порошковых и композиционных материалов;
- 3.3. Методы и приборы для контроля свойств порошков, волокон, усов, матричных материалов и их композиций;
- 3.4. Процессы подготовки порошков и армирующих компонентов композиционных материалов;
- 3.5. Процессы формования изделий из порошков;
- 3.6. Технологии получения композиционных материалов;
- 3.7. Физико-химические принципы получения композиционных материалов.

**Уметь:**

У.1. Правильно выбрать конкретный материал для деталей, работающих в заданных условиях;

У.2. Решать теоретические и прикладные проблемы процессов получения и применения порошковых и композиционных материалов;

У.3. Определять, систематизировать и получать необходимые данные в сфере своей деятельности с использованием новейших методов исследования и фундаментальных знаний.

**Владеть:**

В.1. Навыками разработки новых, оригинальных и высокоэффективных технологий получения современных порошковых и композиционных материалов, в том числе напояматериалов;

В.2. Навыками эксплуатации основных приборов и оборудования современной лаборатории порошковых и композиционных материалов;

В.3. Навыками работы с научно-технической литературой и нормативной документацией в области порошковых и композиционных материалов, а также способностями собирать, анализировать, обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования.

**3. Место в структуре программы аспирантуры.**

Дисциплина «Порошковая металлургия и композиционные материалы» относится к образовательной компоненте учебного плана, изучается в 5 семестре. Входные знания и умения (компетенции), необходимые для изучения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы», формируются в процессе изучения дисциплины «Методология научной работы».

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Таблица 1– Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего, часов	Семестр 5
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	108	108
<b>Всего аудиторных занятий:</b>	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
<b>Подготовка к экзаменам</b>	36	36
<b>Вид аттестации за семестр</b> (зачет, дифференцированный зачет, экзамен, кандидатский экзамен)	кандидатский экзамен	кандидатский экзамен

## 5. Содержание дисциплины

Таблица 2 – Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

Содержание разделов	Практические занятия, (час)	Самостоятельная работа, (час)*
<p>Порошковая металлургия. Основы производства порошков, спеченных материалов. Процессы производства. Методы и приборы для контроля порошков. Процессы подготовки и смешивания порошков. Процессы формования заготовок и изделий из порошков, методы и приборы контроля. Спекание.</p>	<p><i>Практическое занятие 1.</i> Развернутые типовые характеристики схемы производства спеченных изделий: получение исходных порошков, их смешение, формование (прессование), спекание, последующая обработка. Сущности и назначение основных производственных операций. Классификация и основные характеристики наиболее распространенных процессов производства порошков. Основные методы исследования и контроля свойств порошков. Механические методы производства порошков (резание, размол в шаровых, вихревых, вибрационных, планетарных и других мельницах, атриторах). Роль среды при измельчении. Поверхностно- активные вещества. (1 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (2 ч.)</p>
	<p><i>Практическое занятие 2.</i> Принципы конструкции и действия мельниц, атриторов. Применение их при производстве порошков. Приготовление порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений. Общая характеристика методов распыления. Производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами. Классификация методов восстановления порошков металлов по типу исходного сырья (окислы, соли), применяемых восстановителей и оборудования. Основные промышленные способы получения порошков железа, кобальта, тугоплавких металлов и их сплавов и соединений восстановлением углеродом, водородом, металлами. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Совмещение процессов восстановления и химико-термической обработки. Приготовление порошков тугоплавких соединений (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, гидридов). Оборудование для производства порошков восстановлением. Плазменные процессы восстановления порошков, их Особенности. Порошки,готавливаемые этим методом, и их характеристики. Конструкции установок. Связь между физическими и технологическими свойствами порошков. Требования, предъявляемые к порошкам в производстве заготовок и изделий из них. Транспортировка и хранение порошков. (1 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (2 ч.)</p>
	<p><i>Практическое занятие 3.</i> Отжиг, гомогенизация, довосстановление, физико-химическая сущность и практика технологии. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц,</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных</p>

	<p>составление смесей. Смешивание порошков в смесительных барабанах, шаровых, вибрационных мельницах и другими методами. Укрупнение партий (усреднение). Введение смазывающих, пластифицирующих и склеивающих веществ для улучшения условий формования. Классификация методов формования. Общая характеристика основных явлений, наблюдаемых при уплотнении порошков. Внешнее и межчастичное трение, боковое давление, распределение плотности по объему брикета, упругое последствие. Распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы. (1 ч.)</p>	<p>вопросов (4 ч.)</p>
	<p><i>Практическое занятие 4.</i> Технология холодного прессования в закрытых пресс-формах. Дозировка и засыпка шихты в полость пресс-формы. Методы получения равномерной плотности при прессовании деталей сложной формы. Свойства спрессованных брикетов. Упругое последствие, пористость, прочность, твердость, электропроводность. Пресс-формы для холодного прессования. Классификация пресс-форм, для прессования деталей различной сложности и их особенности. Элементы конструкций пресс-форм, обеспечивающие заполнение полости матрицы порошком и выталкивание спрессованного брикета. Прессы для холодного прессования в закрытых пресс-формах. Автоматические пресс-формы. Специализированные пресс-автоматы. Виды брака при прессовании, их причины и устранение, Техника безопасности при формовании заготовок. Методы и приборы контроля. Определение усадки, пористости, механических и других свойств штабиков из формованных заготовок, Методы и приборы для контроля. (2 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>
	<p><i>Практическое занятие 5.</i> Сущность и технические задачи спекания. Классификация типов процессов спекания. Общие сведения о различных типах дефектов в кристаллах и причинах их возникновения: подвижность атомов, диффузия, крип и рекристаллизация в металлах и сплавах. Ползучесть кристаллических тел при высоких температурах. Механизм перемещения вакансий и дислокаций, их взаимодействия. Поверхностное натяжение как движущая сила спекания. Капиллярное давление. Изменение свободной поверхности и усадка при спекании. Закономерности усадки при спекании. Основные стадии процесса спекания. Взаимное приращение твердых тел, контактирующих по плоскости и в точке. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы. Особенности усадки при спекании систем с образованием твердых растворов и интерме-</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов. Подготовка реферата (14 ч.)</p> <p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>

	<p>таллических соединений с учетом влияния гетеродиффузии. Закономерности и кинетика спекания систем в присутствии жидкой фазы. Механизм спекания, поверхностное натяжение на границе твердого и расплавленного металлов, перекристаллизация через жидкую фазу. Закономерности спекания под давлением, горячего прессования. Структура и свойства спеченных изделий. Их зависимость от условий спекания и характеристики исходных порошков. Различия и сходство в свойствах, структуре и составе спеченных и литых металлов и сплавов.</p> <p>(4 ч.)</p>	
<p>Порошковые материалы.</p>	<p><i>Практическое занятие 6.</i> Подшипники. Бронзографитовые и железографитовые материалы. Основы технологии производства пористых подшипников. Эксплуатационные характеристики пористых подшипников. Металлические фильтры. Общая характеристика спеченных фильтров и их основные свойства. Уплотнительные материалы для газовых турбин. Электроды и пластины аккумуляторов для электрохимических производств. Уплотнительные материалы для химического машиностроения и зачеканки труб. Спеченные материалы для охлаждения выпотеванием, высокопористые металлические материалы (В11ЯМ). Классификация магнитных материалов, магнитодиэлектрики, магнитомягкие материалы, ферриты, получаемые методами порошковой металлургии. (2 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>
	<p><i>Практическое занятие 7.</i> Технологические примеры производства конструкционных деталей: шестерни, поршневые кольца, шаблоны, детали бытовых машин. Тугоплавкие металлы. Вольфрам и молибден. Требования к исходным порошкам, применяемым для получения компактных ковких металлов. Влияние технологии прессования и спекания на свойства. Влияние искусственных присадок на свойства металлов. Общая характеристика спеченных твердых сплавов и их классификация. Области применения. Типовая технологическая схема производства спеченных твердых сплавов. Безвольфрамовые твердые сплавы. Классификация, технология изготовления, свойства, области применения. Минералокерамические твердые сплавы. Составы, технология их изготовления, свойства, области применения. Жаропрочные и жаростойкие спеченные материалы. Жаропрочные материалы и псевдосплавы. Принцип создания жаропрочных материалов.</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>

	Жаропрочные соединения на основе тугоплавких металлов и соединений. (1 ч.)	
<p>Композиционные материалы. Классификация композиционных материалов. Армирующие компоненты композитов. Технологии металломатричных композиционных материалов. Технологии полимерноматричных композиционных материалов.</p>	<p><i>Практическое занятие 8.</i> Дисперсно-упрочненные, многослойные, волоконные и направленно закристаллизованные композиты. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях. Понятие о матрице, и арматуре, их функции в композите и требования, предъявляемые к ним. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита между собой. Классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов.. (1 ч.)</p>	Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)
	<p><i>Практическое занятие 9.</i> Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита. Термические и фазовые напряжения в композитах. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита. Дисперсно-упрочненные композиты. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов частицами. Основные принципы выбора армирующих компонентов. Волокна из металлов и сплавов (сталь, бериллий, вольфрама, титан и др.), неметаллов (углерод и бор), керамики (корунд, алюмосиликаты, кварц), стекла Е и стекла S; органических веществ (лавсан, кевлар, полиэтилен и др.). Технология производства волокон. Производство ткани из волокон. Технология изготовления коротких волокон (усов). Углеродные и не углеродные нанотрубки. Многослойные и однослойные, технология изготовления, применение. Технология подготовки наполнителей для обеспечения смачивания, адгезии, предотвращения химической реакции с матрицей и т.п. (1 ч.)</p>	Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)
	<p><i>Практическое занятие 10.</i> Технологии получения металломатричных композиционных материалов: - твердофазная - порошковая металлургия (спекание) - твердофазно - жидкофазная - пропитка, диспергирование, в том числе с химической реакцией между прекурсором и расплавом. жидкофазная - эвтектические композиты, химические реакции взаимодействия между металлом и прекурсором в шлаке жидкофазно-газофазная - химическая реакция взаимодействия при барботаже, взаимодействии с печной атмосферой. Совместимость компонентов в композиционных материалах ... Физико-химические, гидравлические, теплофизические аспекты формирования структуры и свойств композиционных материалов, Примеры получения и применения композиционных</p>	Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)



	<p>материалов. Смолы для полимерноматричных композиционных материалов, литейные свойства, механизм полимеризации. Инициаторы и активаторы. Технологии пропитки: одностадийная - экструзия и «мокрая» намотка, пултрузия (протяжка), вакуумное формование; двухстадийная: Использование премиксов в виде гранул, таблеток, дозирующихся волокнитов или в виде сырьевой массы. Использование препрегов. Технология получения препрегов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пропиткой при помощи контактного валика;</li> <li>- рулонной пропиткой;</li> <li>- центробежной пропиткой;</li> <li>- напылением (пульверизацией);</li> <li>- пропитка с использованием связующих в виде эластичных пленок.</li> </ul> <p>(1 ч.)</p>	
	<p><i>Практическое занятие 11.</i> Механизм взаимодействия компонентов ПКМ Упругопрочностные свойства композитов Определение оптимальных размеров частиц наполнителя Выбор формы частиц наполнителя Подбор компонентов с оптимальным соотношением механических характеристик Определение оптимальной степени наполнения. Гибридные и градиентно-армированные пластики. (1 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>
<p>Пористые литые материалы</p>	<p><i>Практическое занятие 12.</i> Материалы для пористых литых металлов. Технологии вспенивания, пропитки, шликерного литья, комбинированные технологические процессы. Физико-химические, теплофизические, гидростатические закономерности формирования пористой структуры. Влияние технологии производства на эксплуатационные свойства пористых материалов. Применение пористых материалов. (2 ч.)</p>	<p>Проработка учебного материала и контрольных вопросов (4 ч.)</p>

## 6. Методическое обеспечение системы оценки качества освоения программы дисциплины

### 6.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

В рамках дисциплины предусмотрено домашнее задание в виде реферата (по выбору преподавателя). Примерный перечень тем рефератов:

1. Современное состояние химических технологий порошков.
2. Современное состояние получения порошков распылением.
3. Современное состояние получения порошков размолом.
4. Современное состояние технологии металлополимерных композитов.
5. Современное состояние технологии алюмоматричных дисперсно-упрочненных композитов.
6. Современное состояние технологии композиционных материалов ex situ.
7. Современное состояние технологии композиционных материалов in situ.
8. Современное состояние технологии производства нанотрубок.
9. Современное состояние технологии пропитки направленно-армированных композитов.

10. Современное состояние технологии эвтектических композитов.

### 6.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения задания осуществляется в конце изучения дисциплины до сдачи кандидатского экзамена.

### 6.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена.

### 6.4. Фонды оценочных средств

Оценка качества освоения программы дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию.

Обучающимся предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

#### Задания для текущего контроля

#### Критерии оценки:

«зачтено»	В реферате дано описание химических технологий порошков; описание получения порошков распылением; описание получения порошков размолотом; описание технологии металлополимерных композитов, производства нанотрубок, эвтектических композитов.
«не зачтено»	В реферате не дано описания химических технологий порошков; описание получения порошков распылением; не дано описание получения порошков размолотом; не дано описание технологии металлополимерных композитов, производства нанотрубок, эвтектических композитов.

#### Вопросы для промежуточной аттестации

#### Критерии оценки:

оценка «отлично»	аспирант демонстрирует всесторонние, систематические и глубокие знания учебного материала; усвоение взаимосвязи основных понятий и применение их к анализу и решению практических задач; сопоставление данных и обобщение материала; дает ответы на все дополнительные вопросы.
оценка «хорошо»	аспирант демонстрирует хорошие знания учебного материала, предусмотренного программой и успешно выполнивший все задания, но допущены незначительные погрешности при изложении теории, формулировке основных понятий и при ответе на дополнительные вопросы.
оценка «удовлетворительно»	аспирант демонстрирует знания основного учебного материала, предусмотренного программой, в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы по специальности подготовки, но допущены значительные ошибки. Материал изложен непоследовательно и не полностью, с неточностями в изложении фактов или описании процессов; возникла необходимость помощи в виде поправок и наводящих вопросов членов экзаменационной комиссии.
оценка «неудовлетворительно»	аспирант допускает принципиальные ошибки при изложении ответа на основные и дополнительные вопросы программы, свидетельствующие о неправильном понимании предмета; материал изложен беспорядочно и неуверенно.

## **7. Ресурсное обеспечение модуля (заполняется в соответствии с ФГТ)**

### **7.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

7.1.1 Современные приборы, установки (стенды), необходимость специализированных лабораторий и классов <перечислить>.

Аудитория 1-170: сканер 3D RangeVizion Spectrum; сканер 3D ручной Artec Eva Lite.

Аудитория 1-164: 3D принтер Tronxy X55A-499.

Аудитория 1-171А: металлографический микроскоп Zeiss Axioobserver сА1, измеритель шероховатости TR220; микроскоп БМИ 1; станок шлифовально-полировальный Weiyi MP-1B.

Аудитория Г-138: высокочастотная индукционная нагревательная установка транзисторного типа LH-15KW с инфракрасным устройством измерения температуры и системой контроля.

7.1.2. Технические средства обучения и контроля.

Использование презентаций на практических занятиях и демонстрация макетов и деталей.

7.1.3 Лицензионное программное обеспечение.

Microsoft Office Standart 2016 Acdmc, Договор ЭА-1744089 от 01.11.2017; Программа для ЭВМ SolidWorks EDU Edition 2019-2020 Network-500 Users Sub Sevice, Договор ЗК-19223163 от 06.11.2019

### **7.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

#### **7.2.1. Основная литература**

1. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г.Мухин. – М.: Изд-во МГТУ, 2005. - 648с.

2. Процессы порошковой металлургии: в 2 т. / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарицкий. – М.: МИСиС, 2002.

3. Батаев А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 383 с.

#### **7.2.2. Дополнительная литература**

1. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов и др. - 3-е изд. испр. и доп. – М.: Высшая школа. 2005. - 862 с.

2. Костиков В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы / В.И. Костиков, А.Н. Варенков. – М.: Интернет Инжиниринг. 2003. - 558 с.

3. Андриевский, Р.А. Основы наноструктурного материаловедения / Р.А. Андриевский. – М.: Металлургия, 2012. - 205 с.

4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 416.

5. Кульков С. Н. Наноматериалы: порошки и спеченные композиты: учебное пособие / С. Н. Кульков, С. П. Буйкова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) - Томск : Изд-во ТПУ, 2011 - 100 с. : ил.

6. Михайлин Юрий Александрович. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин - СПб. : НОТ, 2009 - 660 с. : ил.

7. Слосман А.И., Зенин Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий: Учебное пособие.-Томск: Изд. ТПУ, 2002.- 118 с.

8. Кипарисов, С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1991. - 432 с.

#### **7.2.3. Периодические издания**

1. Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. 2006–2018.

2. Технология машиностроения. 2001–2021.

3. Вестник машиностроения. 1975–2021.

#### **7.2.4. Информационные ресурсы**

1. ЭБС «АРБУЗ»;
2. Научная электронная библиотека Elibrary.ru;
3. Integrum;
4. Электронная библиотека диссертаций РГБ;
5. Springer.

Согласовано:  
Библиотека ОмГТУ

---

(штамп КО и подпись зам. директора библиотеки)

## Структура аннотации к рабочей программе дисциплины

### Аннотация к рабочей программе дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

#### **Цели и задачи дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины является:

- формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, умений и навыков (компетенций) в области порошковой металлургии и композиционных материалов, ориентированного на отрасли металлургии и машиностроения.

**Задачами** изучения дисциплины является:

- сформировать у аспирантов представление об основных трендах развития технологий порошковой металлургии и композиционных материалов;
- определить четкие представления о взаимосвязи технологии производства порошковых и композиционных материалов с областью их применения;
- умение прогнозирования технологических, механических, функциональных свойств порошковых и композиционных материалов;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при решении конкретной научно-технической задачи при выполнении диссертационной работы.

**Структура дисциплины** (распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий и самостоятельной работы):

Практические занятия – 18 ч.;

Самостоятельная работа – 54 ч.;

Подготовка к кандидатскому экзамену – 36 ч.

**Основные разделы:** Порошковая металлургия; порошковые материалы; композиционные материалы; пористые литые материалы.

#### **Планируемые результаты обучения:**

В результате освоения дисциплины «Материаловедение» аспирант должен изучить введение в материаловедение и физикохимию композиционных материалов, методы и технологии получения порошков, волокон и нитевидных кристаллов, структуре и свойствах материалов, формование порошков, спекание изделий из порошков, технологии получения композиционных и пористых литых материалов.

**Форма промежуточной аттестации:** кандидатский экзамен