Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.07.2026 17:10:40
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
« 26 » февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Порошковая металлургия

Направление подготовки
22.03.02. «Металлургия

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Инновации в металлургии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очно-заочная, заочная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Доцент кафедры металлургии  Шульгин А.В.

Согласовано:

Заведующий кафедрой металлургии  Шульгин А.В.

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 6
3.3. Содержание дисциплины ... 9
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 11
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 12
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 12
4.2. Основная литература ... 12
4.3. Дополнительная литература ... 12
4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 12
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 13
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 13
5. Материально-техническое обеспечение ... 14
6. Методические рекомендации ... 14
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 14
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 14
7. Фонд оценочных средств ... 15
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 15
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 15
7.3. Оценочные средства ... 16

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель – научить основам научного подхода к разработке технологий производства порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений с учетом предъявляемых к ним требований, особенностей сырьевых материалов и производственных ресурсов, а также основам формования и спекания порошков и получения изделий из них заданного потребителем качества.

Задачи:

Научить основам научного подхода при создании различных видов порошковых материалов, обучить выбору составов сплавов различного назначения с учетом требуемых свойств для конкретного применения, управлять технологическими процессами (смешивания, формования, спекания, различных видов дополнительной обработки), эксплуатировать оборудование, оценивать свойства исходных порошков и спеченных изделий.

– изучение основам научного подхода к разработке технологий производства порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений ;

– изучение основам научного подхода формования и консолидации порошковых материалов;

– обучению выбора составов порошковых сплавов различного назначения с учетом требуемых свойств для конкретного применения;

– управлению технологическими процессами (смешивания, формования, спекания, различных видов дополнительной обработки);

- умению оценивать свойства исходных порошков и спеченных изделий.

Планируемые результаты обучения – освоение основных закономерностей процессов формования и спекания, методов оценки свойств исходных порошков и спеченных изделий.

Обучение по дисциплине «Порошковая металлургия» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

ПК-2 Способен обеспечить выполнение производственного задания подразделением производства горячекатаного проката цветных металлов и сплавов.	ИПК-2.1. Знает основные технологии металлургического производства, статистическую обработку данных. ИПК-2.2. Умеет устанавливать отклонения данных от нормального распределения, обнаруживать и исключать выбросы в выборке данных, обосновывать решения ИПК-2.3. Владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».
«Порошковая металлургия» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- математика;
- физика;
- химия;
- механика сплошных сред;
- обработка металлов давлением.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(е) единиц(ы) (180 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**54**	8
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	8
1.2	Семинарские/практические занятия	18	8
1.3	Лабораторные занятия		

2	**Самостоятельная работа**	**126**	8
	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**180**	8

3.1.2.Заочная форма обучения

п/п	**Вид учебной работы**	**Количество часов**	**Семестр**
1	**Аудиторные занятия**	**18**	8
	В том числе:		
1.1	Лекции	10	8
1.2	Семинарские/практические занятия	8	8
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**162**	8
	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**180**	8

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
	Введение. Общая характеристика порошковой металлургии	**6**	**1**				**5**
1	**Раздел 1. Измельчение твердых материалов**	**16**	**4**				**12**
1.1	Тема 1. Теоретические основы измельчения твердых материалов. Размол в шаровых вращающихся мельницах. Критическая скорость вращения барабана мельницы, характер движения в нем размольных тел и факторы, влияющие на результаты измельчения	8	2				6
1.2	Тема 2. Размол в аттриторах. Размол в вибрационных мельницах. Размол в гироскопических	8	2				6

	мельницах. Размол в планетарно-центробежных мельницах (ПЦМ). Размол в вихревых и струйных мельницах. Размол в молотковых мельницах Измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках. Измельчение ультразвуком						
2	**Раздел 2. Диспергирование металлических расплавов**	**16**	**4**				**12**
2.1	Тема 2.1. Теоретические основы диспергирования металлических расплавов. Распыление расплавов воздействием энергоносителя	8	2				6
2.2	Тема 2.2. Механические методы диспергирования расплавов	8	2				6
3	**Раздел 3. Восстановление химических соединений металлов**	**24**	**4**				**20**
3.1	Тема 3.1. Классификация методов восстановления. Термодинамика и кинетика процессов восстановления. Восстановители и их свойства и методы получения.	7	1				6
3.2	Тема 3.2 Восстановление твердых или расплавленных соединений металлов. Восстановление оксидов железа водородом. Восстановление водородом оксидов железа в стационарном слое. Восстановление оксидов железа твердым углеродом	7	1				6
3.3	Тема 3.3 Получение порошков вольфрама. Получение порошков молибдена. Получение порошка титана. Получение порошка циркония. Получение порошка ниобия.	7	1				4
3.4	Тема 3.4 Получение порошков автоклавным способом. Получение порошков меди. Получение порошков никеля и кобальта. Цементационное выделение порошков металлов. Получение металлических порошков в плазме	7	1				4
4	**Раздел 4. Производство металлических порошков электролизом**	**16**	**4**				**12**
4.1	Тема 4.1 Физико-химические основы выделения порошков металлов.	8	2				6

	Технология порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов.						
4.2	Тема 4.2 Электролиз расплавленных сред. Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия	8	2				6
5	**Раздел 5. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений**	**16**	**4**				**12**
5.1	Тема 5.1 Физико-химические основы карбонильного метода.	8	2				6
5.2	Тема 5.2 Получение порошков никеля, получение порошка железа, вольфрама и молибдена карбонильным методом	8	2				6
6	**Раздел 6 Получение порошков методом испарения-конденсация и другими методами**	**16**	**4**				**12**
6.1	Тема 6.1 Получение порошков методом испарение–конденсация	8	2				6
6.2	Тема 6.2. Получение порошков методом термодиффузионного насыщения, межкристаллитной коррозией, золь-гель методом и др.	8	2				6
7	**Раздел 7 Свойства порошков и методы их определения. Вопросы техники безопасности при работе с порошками.**	**6**	**1**				**5**
8	**Раздел 8 Методы формования металлических порошков**	**40**	**4**	**18**			**18**
8.1	Тема 8.1 Подготовка металлических порошков к формованию. Прессование металлических порошков	13	1	6			6
8.2	Тема 8.2 Изостатическое формование металлических порошков. Гидростатическое формование. Газостатическое формование. Квазистатическое формование.	14	2	6			6
8.3	Тема 8.3 Прокатка металлических порошков. Мундштучное формование. Шликерное формование. Инжекционное формование. Вибрационное формование. Динамическое	13	1	6			6

	(импульсное) формование. Практика формования.						
9	**Раздел 9. Спекание металлических порошков**	**16**	**4**				**12**
9.1	Тема 9.1 Твердофазное спекание	8	2				6
9.2	Тема 9.2 Спекание многокомпонентных систем. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы. Инфильтрация: физико-химические основы и закономерности. Практика спекания.	8	2				6
10.	**Раздел 10 Горячее прессование**	**8**	**2**				**6**
10.1	Тема 10.1 Закономерности и особенности горячего прессования порошковых материалов. Электроимпульсное плазменное спекание	8	2				6
	Итого	**180**	**36**	**18**			**126**

3.2.2. Заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Введение. Общая характеристика порошковой металлургии**	**3**	**1**				**2**
2	**Раздел 1. Измельчение твердых материалов**	**18**	**1**	**1**			**16**
3	**Раздел 2. Диспергирование металлических расплавов**	**17**	**1**				**16**
4	**Раздел 3. Восстановление химических соединений**	**18**	**1**	**1**			**16**
5	**Раздел 4. Производство порошков электролизом.**	**17**	**1**				**16**
6	**Раздел 5. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами**	**17**	**1**				**16**

7.	**Раздел 6. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами**	**17**	**1**				**16**
8.	**Раздел 7. Свойства порошков и методы их определения. Вопросы техники безопасности при работе с порошками**	**18**		**2**			**16**
9.	**Раздел 8. Методы формования порошковых материалов**	**19**	**1**	**2**			**16**
10.	**Раздел 9 Спекание**	**19**	**1**	**2**			**16**
11.	**Раздел 10 Горячее прессование**	**17**	**1**				**16**
	Итого	**180**	**10**	**8**			**162**

3.3 Содержание дисциплины

Введение. Общая характеристика порошковой металлургии

Раздел 1. Измельчение твердых материалов

Тема 1. Теоретические основы измельчения твердых материалов. Размол в шаровых вращающихся мельницах. Критическая скорость вращения барабана мельницы, характер движения в нем размольных тел и факторы, влияющие на результаты измельчения

Тема 2. Размол в аттриторах. Размол в вибрационных мельницах. Размол в гироскопических мельницах. Размол в планетарно-центробежных мельницах (ПЦМ). Размол в вихревых и струйных мельницах. Размол в молотковых мельницах Измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках. Измельчение ультразвуком

Раздел 2. Диспергирование металлических расплавов

Тема 1**.** Теоретические основы диспергирования металлических расплавов. Распыление расплавов воздействием энергоносителя

Тема 2. Механические методы диспергирования расплавов. Диспергирование расплавов с помощью вращающейся крыльчатки. Центробежное диспергирование расплавов. Диспергирование расплава вращающимся диском. Метод вращающегося электрода. Метод вибрирующего электрода. Методы высокоскоростного затвердевания расплавов.

Раздел 3. Восстановление химических соединений металлов

Тема 1. Классификация методов восстановления. Термодинамика и кинетика процессов восстановления. Восстановители и их свойства и методы получения.

Тема 2. Восстановление твердых или расплавленных соединений металлов. Восстановление оксидов железа водородом. Восстановление водородом оксидов железа в стационарном слое. Восстановление оксидов железа твердым углеродом.

Тема 3. Получение порошков вольфрама. Получение порошков молибдена. Получение порошка титана. Получение порошка циркония. Получение порошка ниобия.

Раздел 4. Производство металлических порошков электролизом

Тема 1**.** Физико-химические основы выделения порошков металлов. Технология порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов.

Тема 2. Электролиз расплавленных сред. Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия.

Раздел 5. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений

Тема 1. Физико-химические основы карбонильного метода. Синтез карбонилов. Разложение карбонилов.

Тема 2. Получение порошков никеля, получение порошка железа, вольфрама и молибдена карбонильным методом.

Раздел 6. Получение порошков методом испарения-конденсация и другими методами

Тема 1. Получение порошков методом испарение–конденсация

Тема 2**.** Получение порошков методом термодиффузионного насыщения, межкристаллитной коррозией, золь-гель методом и др.

Раздел 7 Свойства порошков и методы их определения. Вопросы техники безопасности при работе с порошками.

Тема 1. Химические свойства порошков. Физические свойства порошков. Форма, размер частиц и методы их оценки. Ситовой анализ, микроскопический, седиментационный, кондуктометрический и другие методы анализа дисперсности порошка. Удельная поверхность порошка, пикнометрическая плотность и микротвердость частиц.

Тема 2. Технологические свойства порошков. ГОСТы и ТУ на металлические порошки. ТБ при работе с порошками.

Раздел 8 Методы формования металлических порошков

Тема 1 Подготовка металлических порошков к формованию. Прессование металлических порошков

Тема 2 Изостатическое формование металлических порошков. Гидростатическое формование. Газостатическое формование. Квазистатическое формование.

Тема 3 Прокатка металлических порошков. Мундштучное формование. Шликерное формование. Инжекционное формование. Вибрационное формование. Динамическое (импульсное) формование.

Раздел 9. Спекание металлических порошков

Тема 1 Твердофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем. Термодинамические предпосылки спекания однокомпонентных систем. Стадии спекания.

Тема 2 Спекание многокомпонентных систем. Общие закономерности спекания. Спекание систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Спекание систем с невзаимодействующими компонентами. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы. Инфильтрация: физико-химические основы и закономерности. Практика спекания.

Раздел 10. Горячее прессование

Тема 1 Закономерности и особенности горячего прессования порошковых материалов. Электроимпульсное плазменное спекание

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Расчет навески порошковой прессовки

Практическое занятие 2. Расчет линейного и объемного упругого последействия при прессовании порошков

Практическое занятие 3. Расчеты потери усилия прессования на преодоление внешнего трения

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии. В 2-х томах. Производство металлических порошков: Учебник для вузов. – М.: МИСиС, 2001. – 368 с.
2 Либенсон Г.А. Производство порошковых изделий. – М.: Металлургия, 1990 – 240с.
3.Роман О.В., Габриелов И.П. Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы. – Минск. : Беларус, 1988.-175 с.
4. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1980. – 496 с.

4.3 Дополнительная литература

Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Порошковые стали и изделия – Л.: Машиностроение, 1990. – 319с.

Анциферов В.Н., Акименко В.Б., Гревнов Л.М. Порошковые легированные стали. – М.: Металлургия, 1991. – 318 с.

Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение. – М.: Металлургия, 1991. – 207 с.

Волкогон Г.М., Еремеева Ж.В., Ледовской Д.А. Современные процессы порошковой металлургии– Вологда.: Издательство Инфа-Инженерия, 2020 – 208мс.

Акименко В.Б., Буланов В.Я., Рукин В.В. и др. Железные порошки. Технология, состав, структура, свойства, экономика. – М.: Наука, 1982 – 264с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Порошковая металлургия

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11997

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
1.	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2.	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
1.	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно
2.	WebofScienceCoreCollection –	http://webofscience.com	Доступно

	политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных		

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, Учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание

рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные вписке дополнительной литературы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

Шкала оценивания	**Описание**

Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программойдисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основных способов получения порошков, основных методов формования порошков, основных видов спекания, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетвори-тельно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программойдисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных способов получения порошков, основных методов формования порошков, основных видов спекания. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетво-рительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программойдисциплины, ИЛИ Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным,практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- бланковое и компьютерное тестирование;
- рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессеосвоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ПК-2	Способностью обеспечить выполнение производственного задания подразделением производства горячекатаного проката цветных металлов и сплавов.
УК-1	Способностью осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Какие технологические задачи решает порошковая металлургия?
2. Перечислите преимущества применения порошковой металлургии при производстве материалов и изделий.

3. Перечислите недостатки применения порошковой металлургии, каковы факторы, ограничивающие применение метода порошковой металлургии?
4. Перечислите существующие методы получения металлических порошков.
5. Для каких металлов и сплавов наиболее применим метод дробления и размола в твердом состоянии?
6. В чем сущность измельчения материала в шаровой вращающейся мельнице?
7. Что такое критическая скорость вращения барабана шаровой мельницы, для чего ее нужно знать?
8. В чем преимущество шаровой вибрационной мельницы?
9. Каков принцип действия аттриторы и его преимущества?
10 Каков принцип действия вихревых и струйных мельниц?
11. Каков принцип действия дробилок?
12. В чем состоит механизм ультразвукового диспергирования твердых веществ?
13. Приведите классификацию методов диспергирования расплавов.
14. Дайте краткую характеристику методам диспергирования.
15. Каков механизм распада и разрушения жидких струй газом-энергоносителем?
16. Каков механизм разрушения струи расплава водой-энергоносителем?
17. Перечислите факторы, влияющие на форму и размер частиц, образующихся при распылении расплава различными методами.
18. Какова технология получения распыленных порошков железа и его сплавов?
19. Как получают распыленные порошки алюминия и магния?
20. Назовите общие требования к восстановителям
21. Каковы типы восстановителей и способы их получения.?
22. Какое исходное сырье используется для получения порошков железа?
23. В чем сущность процесса восстановления оксидов железа водородом?
24. В чем сущность процесса восстановления оксидов железа твердым углеродом и его оксидом, сажистым железом?
25. В чем сущность процесса восстановления железа комбинированным восстановлением?
26. В чем сущность хлорного способа получения порошка железа?
27. В чем сущность металлотермическим восстановлением – карбидным методом, гидридно-кальциевым методом?
28. Опишите основные методы получения порошка вольфрама, в чем их различие?
29. Какова технология металлотермических порошков тантала?
30. В чем сущность автоклавного метода получения порошков?
31. В чем сущность метода получения порошков цементацией?
32. В чем сущность процесса получения порошка металла восстановлением его химического соединения в кипящем слое?
33. Какие основные процессы протекают при получении порошков в плазме?
34. В чем сущность получения металлических порошков электролизом водных растворов?
35. Каков характер катодных осадков, образующихся при электролитическом выделении металлов?
36. Какие факторы влияют на характер катодных осадков при электролитическом выделении металлов?
37. При каких условиях получаются плотные осадки различных типов?
38. Какие основные технологические факторы влияют на размер частиц электролитических порошков?

39. Для каких металлов получение порошков методом электролиза водных растворов имеет наибольшее промышленное значение?
40. Какова основная технологическая схема получения медного порошка электролизом водных растворов, какие основные реакции протекают в ванне электролизера?
41. Каково назначение операций промывки и стабилизации электролитического медного порошка и как их проводят?
42. Какова сущность карбонил-процесса?
43. Какие основные факторы влияют на размер частиц порошка при карбонил-процесса?
44. Для чего и как проводят вторичную обработку карбонильных порошков?
45. Каков механизм формирования металлической частицы при разложении соответствующего карбонила?
46. Для чего и как проводят вторичную обработку карбонильных порошков?
47. Какие основные факторы, влияющие на размер частиц порошка?
48. Какие основные химические свойства порошков?
49. Как определяют насыпную плотность и другие объемные характеристики порошка?
50. Как определить текучесть порока?
51. Какие основные (типичные) формы частиц порошка?
52. Что такое пикнометрическая плотность частиц порошка и как ее определяют?
53. Какие основные методы определения удельной поверхности порошка. Какова их сущность?
54. Какие основные физические свойства порошков?
55. Какие основные технологические свойства порошков?
56. Какие операции могут осуществляться перед прессованием металлических порошков?
57. Какой метод формования порошков наиболее широко используется в практике порошковой металлургии?
58. Какой физический смысл имеет величина Pmax в уравнении М.Ю. Бальшина?
59. Как при одностороннем прессовании изменяется плотность прессовки вблизи непрессующего пуансона от центра к периферии?
60. Каков характер распределения средней плотности слоев прессовки по высоте при двустороннем прессовании?
61. Какова основная причина неравноплотности порошковой прессовки по высоте?
62. Оказывает ли межчастичное трение влияние на неравноплотность прессовки?
63. На что влияет инертная смазка, вводимая в порошок при прессовании?
64. К чему приводит проявление упругого последействия?
65. Общая характеристика методов изостатического формования, их преимущества и недостатки.
66. Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям и материалам оболочек для гидростатического формования.
67. Требования, предъявляемые к материалу оболочек при газостатическом формовании.
68. Требования предъявляемые к материалу оболочек при формовании в толстостенных эластичных оболочках.
69. Основные виды брака при гидростатическом и газостатическом формовании
70. Перечислите основные параметры прокатки металлических порошков
71. Назовите преимущества и недостатки прокатки металлических порошков.
72. Охарактеризуйте основные периоды прокатки

73 Перечислите основные виды прокатки
74. Дайте характеристики возможным видам брака при прокатке
75. Какие пластификаторы используют при мундштучном формовании?
76. Какова скорость выдавливания при мундштучном формовании?
77. В каких оболочках можно осуществлять мундштучное формование при повышенных температурах?
78. Какие требования предъявляются к материалу оболочки
79. Основные способы шликерного формования
80. Основные технологические операции шликерного формования в адсорбирующие пористые формы
81. Вида брака при формовании в пористые адсорбирующие формы
82. В чем сущность метода инжекционного формования порошка?
83. Перечислите преимущества метода инжекционного формования.
84. Как осуществляется удаление связки после инжекционного формования
85. В чем сущность и преимущества вибрационного формования порошка?
86. Расскажите о классификации способов вибрационного формования.
87. Расскажите об основных закономерностях вибрационного формования
88. Дайте определение понятия "импульсное формование".
89. Расскажите о преимуществах импульсного формования порошка.
90. Расскажите о взрывном формовании металлических порошков.
91. Приведите краткую характеристику электромагнитного, электрогидравлического и пневмомеханического формования порошка.
92. Дайте определение понятия "спекание порошковой формовки".
93. Приведите классификацию процессов спекания.
94. Расскажите о стадиях и движущих силах твердофазного спекания порошковых тел.
95. Каковы механизмы массопереноса при твердофазном спекании?
96. Расскажите об уплотнении порошковых тел при нагреве.
97. Как технологические факторы влияют при твердофазном спекании на формирование свойств порошковых тел?
98. Перечислите и охарактеризуйте способы активирования твердофазного спекания
99. Каковы движущие силы при твердофазном спекании многокомпонентных порошковых тел?
100. Расскажите о твердофазном спекании систем с полной взаимной растворимостью компонентов.
101. В чем особенности спекания порошковых систем с участием жидкой фазы. Классификация жидкофазного спекания.
102. Какие источники возникновения жидкой фазы. Особенности контактного плавления. Смачивание при жидкофазном спекании.
103. Перечислите стадии жидкофазного спекания
104. В чем особенности спекания систем с исчезающей жидкой фазой.
105. Каковы основные закономерности инфильтрации?
106. Каково назначение защитных атмосфер при спекании?
107. Перечислите защитные газовые среды, применяемы при спекании.
108. Дайте характеристику качества защитных газов.
109. Какова роль защитной засыпки при спекании и требования к ней?
110. Каковы причины появления брака при спекании? Перечислите виды брака, появляющегося при спекании.
111. Расскажите об окислении и обезуглероживании порошковых формовок при спекании.

112. Какое прессование называют горячим?
113. Перечислите возможные схемы нагрева прессуемого порошка.
114. Расскажите о порядке приложения давления и нагреве прессуемого порошка.
115. В чем сущность динамического горячего прессования?
116. Расскажите об электроразрядном спекании и об электроимпульсном спекании.