

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор



(подпись)

А.А. Каракозов

» марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 Производство металлических порошков для аддитивных технологий

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность
(профиль):

«Электрометаллургия стали»

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	8-й	10-й
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2/72	2/72
Контактная работа (час.), в том числе:	42	14
лекции (час.)	24	4
лабораторные работы (час.)	0	0
практические (семинарские) занятия (час.)	16	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	30	58
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	—	—
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачёт	зачёт

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «**Производство металлических порошков для аддитивных технологий**» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» (направленность (профиль): «Электрометаллургия стали») для 2023 года приёма по очной и приёма заочной формам обучения.

Составитель:

Профессор кафедры «Электрометаллургия»,
д-р. техн. наук, доцент

 Е.Л. Корзун
(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электрометаллургия».

Протокол от «02» марта 2023 года №8.

И.о. заведующего кафедрой


(подпись)

В.И. Заика
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Протокол от «29» марта 2023 года №2

Председатель


(подпись)

С.А. Снитко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрометаллургия».

Протокол от «___» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрометаллургия».

Протокол от «___» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрометаллургия».

Протокол от «___» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является: ознакомление с теоретическими положениями процессов получения металлических и керамических порошков, порошков тугоплавких соединений, свойствами порошков и методами их определения, методами процессов формования и спекания порошковых материалов, свойствами порошковых конструкционных и функциональных материалов и изделий, а также технологических процессах получения порошковых материалов и изделий из них..

Задачи: изучение теоретических положений процессов и технологии получения порошковых материалов, формирование умения разрабатывать технологические процессы получения порошковых материалов, формирование практических навыков работы на основном технологическом и исследовательском оборудовании, применяемом в порошковой металлургии.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать: физико-химические основы и методы получения металлических и керамических порошков, порошковых материалов и способы обработки материалов и изделий из них; физические принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств определения свойств порошковых изделий; методики выполнения измерений, контроля и испытаний изготавливаемых порошковых материалов и изделий из них; требования к качеству изготавливаемых в организации изделий; методики статистической обработки результатов измерений и контроля; основные технологические документы для проектирования технологического процесса изготовления порошковых материалов требования к комплектности технологической и конструкторской документации

уметь: подбирать технологические параметры процессов производства металлических порошковых материалов и обработки материалов и изделий из них, использовать методики измерений, контроля и испытаний изготавливаемых порошковых материалов, применять измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений и испытаний: выполнять статистическую обработку результатов измерений и контроля; рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений, анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию: определять соответствие характеристик изготавливаемых металлических порошковых изделий нормативным, конструкторским и технологическим документам;

владеть: навыками определения характеристик и подбора регулируемых параметров технологического процесса: анализа полученных результатов и определение оптимальных параметров процесса производства, навыками контроля параметров и испытаний изготавливаемых порошковых изделий; обработки данных, полученных при испытаниях: оформления документации по результатам контроля и испытаний.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций: ПК-2 – способен осуществлять выбор оборудования для производства сталей и сплавов.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) по выбору учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Металловедение», «Теоретические основы сталеплавильных процессов», «Процессы специальной электрометаллургии».

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении выпускной квалификационной работы и при

дальнейшем обучении в магистратуре по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия».

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор	Практ. (Семин.).	СР
Тема 1. История развития порошковой металлургии.	3/2,5	2/0,5	0	0	1/2
Тема 2. Физико-механические способы производства порошков	9/6,5	4/1	0	2/0,5	3/5
Тема 3. Физико-химические способы производства порошков	6/5,75	1/0,25	0	2/0,5	3/5
Тема 4. Химико-металлургические способы производства порошков	6/5,75	1/0,25	0	2/0,5	3/5
Тема 5. Свойства металлических порошков	7/6	2/0,5	0	2/0,5	3/5
Тема 6. Компактирование металлических порошков.	7/6,5	2/0,5	0	2/1	3/5
Тема 7. Техничко-экономическое обоснование технологического процесса порошковой металлургии	9/7,5	2/0,5	0	4/1	3/6
Тема 8. Конструкционные металлические порошковые материалы. Антифрикционные материалы. Фрикционные порошковые материалы	4/5	2/0	0	0	2/5
Тема 9. Электротехнические порошковые материалы. Металлические порошковые инструментальные и износостойкие материалы	4/5	2/0	0	0	2/5
Тема 10. Тугоплавкие порошковые материалы	4/5	2/0	0	0	2/5
Тема 11. Дисперсно-упрочненные металлические порошковые материалы	7/5	2/0	0	2/0	3/5
Тема 12. Проблемы и пути их решения при создании новых технологий производства порошковых металлических материалов, при создании новых металлических порошковых материалов	4/5,5	2/0,5	0	0	2/5
Контактная работа (дополнительная)	2/6	0	0	0	0/0
Курсовая работа (проект)	0	0	0	0	0
Итого по видам занятий	72/72	24/4	0	16/4	30/58
Контроль	0	0	0	0	0
ИТОГО:	72/72				

Проведение лабораторных работ по дисциплине не предусмотрено учебным планом

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-2	Темы 1 – 12

3.2 Лекции

Тема 1. История развития порошковой металлургии.

Содержание темы 1: Эволюция металлообработки. История развития порошковой металлургии. Изобретение 3D печати. Вклад русских ученых в развитие технологий порошковой металлургии. Классификация методов получения порошков. Размерность порошков. Основные направления в развитии порошковой металлургии на современном этапе.

Литература к теме 1: [2, 4].

Тема 2. Физико-механические способы производства порошков.

Содержание темы 2: Механические методы получения порошков Измельчение материалов в шаровых мельницах. Получение механолигированных порошков. Получение порошков металлов и неметаллов ультразвуковым измельчением в жидких средах. Диспергирование расплавов.

Литература к теме 2: [2, 4, 6].

Тема 3. Физико-химические способы производства порошков.

Содержание темы: Восстановление химических соединений металлов. Получение порошков железа восстановлением химических соединений. Получение порошков вольфрама восстановлением оксидов водородом и углеродом. Получение порошков молибдена, титана и циркония восстановлением химических соединений. Получение порошков тантала, ниобия, меди, кобальта, никеля и легированных сплавов.

Литература к теме 3: [2, 4, 5, 6].

Тема 4. Химико-металлургические способы производства порошков.

Содержание темы: Восстановление химических соединений металлов из растворов солей и газообразных соединений металлов. Общие закономерности процессов производства порошков электролизом. Получение порошков электролизом водных растворов. Получение порошков электролизом расплавленных сред. Получение порошков металлов методом термической диссоциации карбониллов. Получение порошков методом межкристаллитной коррозии, испарения-конденсации, термодиффузного насыщения

Литература к теме 4: [2, 4, 5, 6].

Тема 5. Свойства металлических порошков.

Содержание темы: Свойства металлических порошков – гранулометрический состав, химический состав, насыпная плотность, текучесть, реакционная способность. Абсорбция. Пирофорная способность. Техника безопасности при работе с металлическими порошками. Охрана труда.

Литература к теме 5: [1-5].

Тема 6. Компактирование металлических порошков.

Содержание темы 6: Закономерности процесса прессования металлических порошков. Способы формования. Сущность спекания. Физико-химические процессы, происходящие при спекании. Усадка. Стадии процесса спекания. модель спекания. Назначение параметров спекания. Защитные среды и засыпки. Брак при спекании.

Литература к теме 6: [2-5].

Тема 7. Техничко-экономическое обоснование технологического процесса порошковой металлургии.

Содержание темы 7: Примеры использования металлических порошков для в аддитивных технологиях производства изделий в аэрокосмической отрасли, медицине,

высокотехнологичных изделий с сложной геометрией каналов охлаждения, высокопроизводительных теплообменников и износостойких покрытий в энергетике, нефтяной и газовой промышленности. Типовая схема техпроцесса изготовления изделия методом порошковой металлургии. Свойства однородных и композиционных порошковых материалов. Основные и вспомогательные операции. Методика проектирования техпроцесса. Основная нормативная документация при проектировании.

Литература к теме 7: [1-5].

Тема 8. Конструкционные металлические порошковые материалы. Антифрикционные материалы. Фрикционные порошковые материалы.

Содержание темы 8: Классификация порошковых материалов по служебным характеристикам. Спеченное железо и углеродистые стали. Легированные стали. Порошковые мартенситностареющие стали. Применение конструкционных порошковых сталей. Титан и его сплавы. Сплавы алюминия и меди. Порошковые антифрикционные материалы на основе железа. Железографитовые материалы. Материалы с твердыми смазками. Антифрикционные материалы на основе меди. Особенности условий работы фрикционных материалов. Технология изготовления фрикционных материалов. Фрикционные материалы на основе железа, никеля и меди, их применение.

Литература к теме 8: [1-5].

Тема 9. Электротехнические порошковые материалы. Металлические порошковые инструментальные и износостойкие материалы.

Содержание темы 9: Электрические контакты. Магнитно-мягкие материалы. Ферриты. Магнитно-твердые материалы. Магнитодиэлектрики. Применение порошковых магнитных материалов. Методы получения порошковых инструментальных сталей. Порошковые быстрорежущие стали и композиции на их основе. Свойства порошковых инструментальных сталей. Композиционные инструментальные материалы. Общая характеристика твердых сплавов и их классификация. Области применения. Технология изготовления порошковых твердых сплавов. Существующие марки твердых сплавов и пути их улучшения.

Литература к теме 9: [1-5].

Тема 10. Тугоплавкие порошковые материалы.

Содержание темы 10: Роль тугоплавких металлов в современной технике. Свойства, условия и области применения. Порошковые изделия из вольфрама и его сплавов. Порошковые изделия из молибдена и его сплавов.

Литература к теме 10: [1-5].

Тема 11. Дисперсно-упрочненные металлические порошковые материалы.

Содержание темы 11: Жаропрочные и жаростойкие порошковые материалы. Применение жаропрочных материалов. Механизм упрочнения металлов дисперсными частицами. Дисперсноупрочненные материалы на основе меди, никеля, алюминия.

Литература к теме 11: [1-5].

Тема 12. Проблемы и пути их решения при создании новых технологий производства порошковых металлических материалов, при создании новых металлических порошковых материалов.

Содержание темы 12: Основные направления совершенствования и развития производственных систем, использующих аддитивные технологии.

Литература к теме 12: [1-5].

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн./заочн.	Литература
1	Принципы маркировки порошков металлов и порошковых материалов	2/0	[7]
2	Расчет эффективных условий измельчения порошков в шаровых мельницах	2/0,5	[7]
3	Расчет оптимальных режимов диспергирования расплавов металлов	4/1	[7]
4	Расчет термодинамических характеристик химических реакций	2/0,5	[7]
5	Решение задач по теме «Свойства порошков»	2/0,5	[7]
6	Решение задач по теме «Технико-экономическое обоснование технологического процесса»	4/1	[7]
7	Решение задач по теме «Компактирование металлических порошков»	2/0,5	[7]
ИТОГО:		16/4	

3.4 Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не запланированы.

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн./заочн.
1	Изучение лекционного материала	12/22
2	Подготовка к практическим занятиям	18/27
3	Подготовка к лабораторным работам	0/0
4	Выполнение курсового проекта	0/0
5	Выполнение курсовой работы	0/0
6	Выполнение индивидуального задания	0/9
ИТОГО:		30/58

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Учебным планом курсовой проект (работа) не запланирован.

Учебным планом подготовки бакалавров-заочников предусмотрено выполнение индивидуального задания (контрольной работы). Цель – обучение основам расчета; закрепление, углубление и обобщение знаний, приобретенных при изучении теории этой дисциплины. Индивидуальное задание оказывает содействие развитию навыков самостоятельного решения технических и/или технологических задач. Развивает конструктивное отношение к методам расчетов, совершенствует навыки ведения и оформление проектной документации. О выполнении индивидуального задания сообщается студентам в начале семестра, а условия к заданию предоставляется в течение месяца после начала учебного семестра после изучения соответствующего лекционного материала и/или изучения материала, который не рассматривается на лекциях. Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – не менее 9 часов. Сдача индивидуального задания осуществляется не позднее чем за две недели до окончания учебного семестра. Выполнение индивидуального задания осуществляется в часы СРС. Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – 5-15 страниц формата А4 (210×297 мм).

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не может найти в справочной научно-технической литературе исходные значения для расчетов;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Экзамен по дисциплине учебным планом не запланирован.

Контрольные вопросы:

- 1) Особенности аддитивных технологий. Предпосылки развития аддитивных технологий.
- 2) Рост значимости обновления продуктовых линеек и необходимость повышения производительности труда на всех стадиях производственного процесса с использованием аддитивных технологий.
- 3) Преимущества аддитивных технологий
- 4) Типы производства и разновидности технологических процессов. Стандарты ЕСКД и ЕСТД. Классификаторы продукции.
- 5) Структура технологического процесса.
- 6) Технологические переделы.
- 7) Основные виды технологических процессов обработки материалов.
- 8) Общая схема аддитивного производства.
- 9) Направления развития аддитивных технологий по принципу формирования детали.
- 10) Охарактеризуйте свойства и опишите классификацию карбидов переходных металлов.
- 11) Как изменяется твердость при образовании твердых растворов карбидов?
- 12) Опишите технологию получения карбида титана из диоксида титана.
- 13) Раскройте сущность технологии получения волокон из карбида титана.
- 14) Опишите структуру карбидосталей.
- 15) Назовите технологии получения карбидосталей.
- 16) Охарактеризуйте структуру и свойств карбида кремния.
- 17) Какие легирующие элементы повышают термостойкость материалов на основе карбида кремния?
- 18) Опишите технологии получения силицированного графита.
- 19) Как можно характеризовать химическую стойкость силицированного графита?
- 20) Какие модификации нитрида кремния вы знаете, каковы их свойства?
- 21) Какие методы получения порошков нитрида кремния вы знаете?
- 22) Назовите механизмы спекания карбида кремния.
- 23) Назовите направления применения материалов на основе нитрида кремния.
- 24) Дайте характеристику структуры и свойств карбосилицида титана.

- 25) Опишите методы получения карбосилицида титана.
- 26) Назовите области использования карбосилицида титана.
- 27) Классификация аддитивных технологий по агрегатному состоянию материала, используемого при формировании детали.
- 28) Классификация аддитивных технологий по виду используемого материала. Классификация аддитивных технологий по виду и форме материала, используемого для изготовления деталей.
- 29) SLM (Selective laser melting) — инновационная технология производства сложных изделий посредством лазерного плавления металлического порошка по математическим CAD-моделям.
- 30) Опишите сущность и назовите разновидности лазерного синтеза порошков оксидов металлов.
- 31) Расскажите о термодинамике лазерного синтеза порошков оксидов.
- 32) Дайте характеристику технологии получения нанодисперсных порошков лазерным методом.
- 33) Каковы зависимости фазового состава порошка оксида алюминия от параметров лазерного синтеза?
- 34) Дайте классификацию высокопористых порошковых материалов.
- 35) Охарактеризуйте структуру высокопористые ячеистые проницаемые материалы (ВПЯМ).
- 36) Назовите методы измерения функциональных свойств высокопористых материалов.
- 37) Опишите направления применения высокопористые ячеистые проницаемые материалы (ВПЯМ).
- 38) В чем заключается процесс получения изделий методом порошковой металлургии?
- 39) Охарактеризуйте механические методы получения порошков.
- 40) Охарактеризуйте физико-химические методы получения порошков.
- 41) Какими химическими свойствами обладают порошки?
- 42) Какими физическими свойствами обладают порошки?
- 43) Какими технологическими свойствами обладают порошки?
- 44) Как можно определить гранулометрический состав порошка?
- 45) Как можно определить насыпную плотность порошка?
- 46) Чем вызвана необходимость подготовки порошков к прессованию?
- 47) Какие стадии уплотнения порошков различают при прессовании?
- 48) Назначение и принцип работы пресс-форм.
- 49) Причина возникновения бокового давления при прессовании и его влияние на лотность заготовки.
- 50) Причины возникновения упругой деформации при прессовании и ее влияние на размерную точность заготовки.
- 51) В чем заключается различие между прерывным и непрерывным прессованием?
- 52) В чем заключается различие между односторонним и двухсторонним прессованием?
- 53) В чем заключается сущность вибрационного прессования?
- 54) В чем заключается сущность изостатического прессования?
- 55) В чем заключается сущность прессования?
- 56) В чем заключается сущность шликерного прессования?
- 57) В чем заключается различие между спеканием в твердой фазе и спеканием в жидкой фазе?
- 58) Приведите примеры изделий из спеченных антифрикционных материалов и область их применения.
- 59) Приведите примеры изделий из спеченных фрикционных материалов и область их применения.
- 60) Приведите примеры изделий из пористых материалов и область их применения.
- 61) Приведите примеры изделий из электротехнических материалов и область их применения.
- 62) Какие известны разновидности конструкционных материалов?
- 63) Какие известны разновидности высокотемпературных материалов?

- 64) Приведите примеры изделий из твердых сплавов и область их применения.
- 65) Какие известны методы нанесения напыленных покрытий?
- 66) Каковы особенности структуры и свойств поверхности основы для напыления?
- 67) В чем заключается процесс распыления?
- 68) Особенности нанесения покрытий в вакууме.
- 69) Современные тенденции развития порошковой металлургии.

4.3 Критерии оценивания

Оценка испытания по 100-балльной шкале формируется как сумма баллов, набранных за ответы на два вопроса на практических занятиях (для студентов очной формы обучения). По каждому вопросу:

– «50 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно, логично, четко и ясно предоставлять грамотные, правильные ответы на поставленный вопрос с использованием терминологии и символики в необходимой логической последовательности, а также сведений из других дисциплин и знаний, приобретенных ранее; твердые практические навыки с творческим применением полученных теоретических знаний; использование и предоставление полного обоснования наиболее эффективных и рациональных методов поиска решения; умение использовать приобретенные знания и навыки в нестандартных ситуациях, требующих выхода на иной, более высокий уровень знаний;

– «40 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент проявил высокий уровень знаний при ответе на вопрос, показал умение применять теоретические знания для решения поставленной задачи, четко владеет и применяет аналитические зависимости для условий задачи, умеет формулировать выводы, однако при ответе допустил некоторые неточности;

– «30 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно предоставлять правильные ответы на поставленные вопросы с использованием терминологии, а также знаний, приобретенных ранее; наличие несущественных недостатков или нарушения последовательности изложения; использование не самых рациональных методов поиска решения;

– «20 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил базовые знания по вопросу, знание основных закономерностей, описывающих заданный процесс, однако допустил существенные ошибки при ответе, не смог систематизировать исходные данные и сформулировать выводы;

– «10 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил владение основными положениями материала, но фрагментарно и непоследовательно дает ответы на поставленные вопросы; имеет слабые практические навыки;

– «0 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил незначительный общий объем знаний, фрагментарно и непоследовательно дает ответы на поставленные вопросы с принципиальными ошибками.

Для студентов заочной формы обучения средствами оценивания являются:

- выполнение индивидуального задания;
- защита индивидуального задания.

Защита индивидуального задания проводится в виде собеседования.

Итоговая оценка по 100-балльной шкале определяется суммой баллов за следующие виды работ согласно таблице:

Виды работ	Максимальное количество баллов
Выполнение индивидуального задания	60
Защита индивидуального задания	40

Количество баллов за выполнение индивидуального задания определяется как сумма баллов следующим образом:

Показатель	Количество баллов
Оформление отчета	0–5
Соблюдение графика выполнения	5
Сложность выбранной темы	0–10
Полнота решения поставленной задачи	0–40

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	зачтено
80-89	B	зачтено
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	зачтено
35-59	FX	
0-34	F*	
		не зачтено

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме зачета в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донетском национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ от 02.05.2018г. № 337-14.

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам контрольных опросов в ходе проведения практических занятий и результатам выполнения индивидуального задания.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам выполнения индивидуального задания, во время контрольных опросов в ходе проведения практических занятий.

Пример текущего опроса на практическом занятии №2 по темам лекций №2:

1. Какие существуют методы получения металлических порошков?
2. В чем суть дробления и размола металла?
3. Что такое диспергирование расплава?
4. Как классифицируются порошки в зависимости от размера?
5. Основные операции технологий порошковой металлургии?

4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом курсовое проектирование не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий: учебное пособие / А.А. Попович, В.Ш. Суфияров, Н.Г. Разумов [и др.] – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021. – 204 с. – ISBN 978-5-7422-7090-4. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт] – URL: <https://www.iprbookshop.ru/116134.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Волкогон, Г.М. Современные процессы порошковой металлургии: учебное пособие / Г.М. Волкогон, Ж.В. Еремеева, Д.А. Дедовской – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2020 – 206с. – ISBN 978-5-9729-0509-6. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/98466.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Сухочев, Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий: учебное пособие / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. – 132с. – ISBN 978-5-7731-0872-6. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108200.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей

II. Дополнительная литература

4. Антонова, В.С. Новейшие достижения аддитивных технологий: учебное пособие / В.С. Антонова, И.И. Осовская – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. – 60с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102536.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/102536>.

5. Шибеев, Е.А. Порошковая металлургия: конспект лекций / Е.А. Шибеев – Омск: Омский государственный технический университет, 2015 – 58с. – ISBN 978-5-8149-1927-4. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт] – URL: <https://www.iprbookshop.ru/58096.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6. Симонян, Л.М. Современные методы и технологии специальной электрометаллургии и аддитивного производства. Теория и технология спецэлектрометаллургии: курс лекций / Л.М. Симонян, А.Е. Семин, А.И. Кочетов – Москва: Издательский Дом МИСиС, 2017. – 182 с. – ISBN 978-5-906846-96-9. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/71682.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

К лекциям:

7. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Производство металлических порошков для аддитивных технологий» для обучающихся по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов» [Электронный ресурс] / Составитель: Корзун Е.Л. – 0,74 Мб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

8. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Производство металлических порошков для аддитивных технологий» для обучающихся по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов» [Электронный ресурс] / Составитель Корзун Е.Л. – 368 Кб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента)

9. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по дисциплине «Производство металлических порошков для аддитивных технологий» для обучающихся по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов» [Электронный ресурс] / Составитель: Корзун Е.Л. – 0,79 Мб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента)..

Электронно-информационные ресурсы
 ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.
 ЭБС IPR SMART – <http://www.iprbookshop.ru>.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия.

Учебная аудитория №5.037 ЭШП учебный корпус 5 для проведения занятий лекционного типа (мультимедийное оборудование: компьютер с выходом в Интернет P3/1.6GHz/512Mb/40Gb, Операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), монитор LG Studioworks 5D, видеопроектор Sony VPL-EX4 с экраном ProView 180x180 Matte White; специализированная мебель: доска аудиторная, столы и стулья).

Практические занятия.

Учебная аудитория №5.035 ЭШП учебный корпус 5 для проведения практических занятий (мультимедийное оборудование: компьютеры с выходом в Интернет Duron/1.4GHz/256Mb/80Gb, Операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), компьютерная online модель процесса внепечной обработки стали доступная по ссылке <https://steeluniversity.org>, компьютерная модель для моделирования литейных процессов LVMFlow CV4.7r8 (учебная версия, лицензия №8323), разработанная в ДОННТУ компьютерная модель процесса выплавки стали и ферросплавов «ОПАКУЛ», видеопроектор Sony VPL-EX4, экран проекционный ELINSCREEHNS V119XWS1; специализированная мебель: доска для рисования маркерами, столы и стулья).

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3. (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL