

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
Института Технологий и инженерной
механики

 Могильная Е.П.
(подпись)
« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ»

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»,

«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

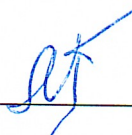
Рабочая программа учебной дисциплины «Теория и технология нанесения покрытий» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 28 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория и технология нанесения покрытий» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института

 Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины - формирование теоретических знаний, умения рационального выбора технологии, материалов и оборудования для нанесения защитных и восстанавливающих покрытий изделий.

Задачи:

- освоение методов исследования функциональных и структурных свойств покрытий, материалов для нанесения покрытий, технологических способов нанесения защитных покрытий;
- управление основными параметрами технологического процесса нанесения покрытий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория и технология нанесения покрытий» относится к блоку 1 части, формируемой участниками образовательных отношений. Условиями для освоения дисциплины являются знания дифференциального и интегрального исчисления, основ физики металлов, умения определить физический смысл свойств, полученных при изучении дисциплин «Математика», «Физические свойства материалов», «Механические свойства материалов», «Теория тепло-и массопереноса в материалах», «Методы структурного анализа материалов», «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий», «Физика конденсированного состояния» и служит основой для освоения дисциплин «Моделирование и оптимизация свойств материалов и процессов» «Теория и технологии получения порошковых материалов и изделий», «Сплавы с особыми свойствами», «Цветные металлы и сплавы».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-3. Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	ОПК-3.1. Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности	знать: способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности уметь: использовать способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности владеть: способами и инструментами разработки и

		информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности
ОПК-2. Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических систем при решении поставленных задач технического проектирования	<p>знать: современный инструментарий и интеллектуальные информационно-аналитические системы при решении поставленных задач технического проектирования</p> <p>уметь: использовать современный инструментарий и интеллектуальные информационно-аналитические системы при решении поставленных задач технического проектирования</p> <p>владеет: современным инструментарием и интеллектуальными информационно-аналитическими системами при решении поставленных задач технического проектирования</p>
ПК-5. Способен участвовать во внедрении несложных и сложных новых видов техники и технологий термической обработки	ПК-5.3. Участвует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки	<p>знать: методики испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>уметь: разрабатывать методики испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>владеет: методиками испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>
ПК-7. Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации	ПК-7.1. Участвует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	<p>знать: разработку инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: разработкой инновационных технологических процессов в области материала-</p>

		ловедения и технологии материалов
	ПК-7.2. Участвует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	<p>знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: сопровождением инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>
	ПК-7.3. Участвует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии	<p>знать: интегрированные инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии</p> <p>уметь: участвовать в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> <p>владеть: интегрированными инновационными технологическими процессами в области материаловедения и технологии</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная контактная работа в том числе: (всего)	60	12
Лекции	36	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	12	2
Лабораторные работы	12	2
Курсовая работа	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	84	132
Форма аттестации	экзамен	экзамен

2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Вводная лекция. Предмет и задачи дисциплины. Роль и место покрытий в современном промышленном производстве. Назначение и области применения покрытий.

Классификация покрытий и методов их получения. Изменение физико-химических свойств поверхностей при нанесении покрытий. Внутренние покрытия. Внешние покрытия.

Тема 2. Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий.

Физико–химические свойства поверхности твердого тела.

Формирование поверхности твердого тела, роль поверхности в изделиях. Поверхностная энергия. Строение и свойства поверхностного слоя. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбированные вещества на поверхности материала изделия.

Подготовка деталей к нанесению покрытий

Подготовка поверхности при нанесении покрытий. Мойка водой.

Обезжиривание. Травление. Механические способы подготовки поверхности.

Электрофизическая подготовка поверхности. Ионно-химические способы очистки и активации поверхности. Очистка поверхности световыми потоками. Обезвоживание. Контроль состояния подготовленной поверхности.

Тема 3. Контроль качества покрытий.

Методы оценки прочности покрытий.

Общие и специальные контрольные операции определения качественных показателей. Основные показатели качества покрытий. Прочность покрытий на границе раздела. Прочность материала покрытия. Остаточные напряжения.

Методы оценки пористости, толщины, равномерности и функциональных свойств покрытий

Несплошности в покрытиях (пористость). Определение толщины и равномерности покрытий. Методы оценки функциональных свойств покрытий.

Тема 4. Химические и электрохимические методы нанесения покрытий.

Химические методы нанесения покрытий.

Основные понятия о химических и электрохимических способах нанесения покрытий. Классификация химических и электрохимических покрытий.

Сущность метода химического нанесения покрытий. Технология нанесения металлических покрытий химическим восстановлением. Химическое меднение. Химическое никелирование.

Механизмы процессов образования электролитических осадков

Образование и рост кристаллов при электрокристаллизации. Влияние режима электролиза на структуру и свойства электролитических осадков.

Влияние состава электролита на структуру и свойства электролитических осадков.

Технология нанесения электрохимических покрытий.

Количественные зависимости электрохимического процесса. Основные параметры электрохимического процесса. Технология нанесения металлических покрытий электрохимическим осаждением из растворов. Оборудование для нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.

Основные методы нанесения электрохимических покрытий

Методы нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.

Электрохимические покрытия благородными металлами. Получение композиционных электролитических покрытий. Электроосаждение из солевых расплавов. Специальные области применения электроосаждения.

Тема 5. Физическое осаждение из газовой фазы (вакуумное конденсационное нанесение покрытий).

Обобщенная схема вакуумного конденсационного нанесения покрытий.

Классификация методов. Механизм и кинетика формирования вакуумных конденсационных покрытий. Основные параметры вакуумного конденсационного нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса.

Основные методы вакуумного конденсационного нанесения покрытий

Вакуумное конденсационное нанесение покрытий термическим испарением. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий ионным распылением. Преимущества и недостатки нанесения покрытий ионным распылением. Перспективы развития.

Тема 6. Химическое осаждение из паровой фазы.

Теоретические основы получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы.

Описание процесса и основные области применения химического осаждения из газовой фазы. Теоретические основы технологии получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы.

Технология получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы.

Общая характеристика технологического процесса химическим осаждением из паровой фазы. Реакторная установка. Подготовка подложки. Нагрев подложки. Расположение подложки. Основные достоинства метода химического восстановления из паровой фазы.

Тема 7. Диффузионные методы нанесения покрытий.

Классификация и теоретические основы диффузионных методов нанесения покрытий.

Назначение диффузионных методов покрытий. Виды диффузионных покрытий, их классификация. Процессы, протекающие при получении покрытий диффузионными методами. Взаимодействие компонентов при насыщении в условиях твердорастворной диффузии. Основные законы диффузии, описывающие формирование слоя при насыщении. Технологические параметры диффузионных методов нанесения покрытий. Формирование слоя в системах с образованием промежуточных фаз.

Диффузионное насыщение из засыпок.

Развитие и область применения метода диффузионного насыщения из засыпок. Технология метода насыщения из засыпок. Технология алитирования. Достоинства и недостатки метода порошков.

Шликерный и золь – гель методы нанесения покрытий.

Технология шликерного метода нанесения покрытий. Технология золь – гель метода нанесения покрытий.

Нанесение покрытий из расплавленного состояния

Обобщенная схема формирования покрытий. Смачивание и растекание расплава. Взаимодействие расплавленного материала покрытия с атмосферой.

Кристаллизация расплавленного материала покрытия. Диффузионное взаимодействие расплавленного покрытия с поверхностью изделий. Особенности процесса и классификация покрытий из расплавленного состояния. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды. Достоинства, недостатки, области применения метода.

Насыщение металлами и неметаллами.

Получение покрытий методом насыщения неметаллами. Цементация. Термическая обработка после цементации. Азотирование. Методы совместного насыщения азотом и углеродом.

Тема 8. Контактные методы нанесения покрытий.

Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками тепла

Схема процесса и технологические особенности нанесения покрытий наплавкой. Классификация наплавленных покрытий. Дуговая наплавка покрытий. Плазменная, газопламенная, светолучевая и электронно-лучевая наплавки. Области применения наплавки.

Нанесение покрытий плакированием.

Классификация и область применения методов нанесения покрытий плакированием. Прокатка и экструзия. Взрывная обработка. Диффузионная сварка. Горячее изостатическое прессование. Электромагнитная обработка.

Тема 9. Основные параметры газотермического нанесения покрытий.

Классификация методов и формирование газотермических покрытий.

История возникновения и классификация газотермических методов нанесения покрытий. Классификация методов. Влияние параметров газотермического напыления на эффективность процесса. Формирование покрытий.

Ударное взаимодействие частиц. Формирование однослойных и многослойных покрытий.

Ударные взаимодействия частиц. Формирование однослойных и многослойных газотермических покрытий.

Тема 10. Плазменное и газопламенное напыление покрытий.

Технологические особенности плазменного напыления.

Плазменная струя как источник нагрева и распыления материала. Порошковые и проволоочные способы плазменного напыления. Степень защиты процесса плазменного напыления.

Параметры плазменного напыления.

Параметры режима плазменного напыления и их влияние на эффективность процесса. Параметры распыляемого материала. Параметры, характеризующие внешние условия напыления. Параметры плазменной струи и потока напыляемых частиц. Преимущества и недостатки метода плазменного напыления.

Газопламенное напыление покрытий.

Технологические особенности газопламенного напыления. Параметры газопламенного напыления и их влияние на эффективность процесса. Области применения. Преимущества и недостатки газопламенного напыления покрытий. Установки для газопламенного напыления.

Тема 11. Детонационно-газовое напыление покрытий.

Детонационно-газовое напыление покрытий.

Технологические особенности детонационно-газового напыления. Параметры режима детонационного напыления и их влияние на эффективность процесса. Преимущества и недостатки детонационно-газового напыления.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Классификация покрытий и методов их получения.	2	0,5
2	Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий.	2	0,5
3	Контроль качества покрытий.	2	0,5
4	Химические и электрохимические методы нанесения покрытий.	2	1
5	Физическое осаждение из газовой фазы (вакуумное конденсационное нанесение покрытий).	4	0,5
6	Химическое осаждение из паровой фазы.	4	0,5
7	Диффузионные методы нанесения покрытий.	4	2
8	Контактные методы нанесения покрытий.	4	0,5
9	Основные параметры газотермического нанесения покрытий.	4	0,5
10	Плазменное и газопламенное напыление покрытий.	4	1
11	Детонационно-газовое напыление покрытий.	4	0,5
Итого:		36	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Маркировка порошков применяемых для нанесения покрытий по гостам. Состав, свойства и область применения порошков.	2	-
2	Изучение особенностей математического моделирования процессов ускорения и нагрева частиц порошков в плазменной струе.	2	-
3	Изучение особенностей компьютерного моделирования ускорения и нагрева порошковых материалов при плазменном напылении с использованием программного комплекса "CASPS".	2	2
4	Изучение влияния температуры предварительного подогрева основы на прочность сцепления покрытий.	2	-
5	Изучение конструкции и исследование работы электронно-лучевой установки для вакуумного конденсационного напыления покрытий.	4	-
Итого:		12	2

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Определение свойств порошковых материалов.	2	-
2	Определение прочности сцепления и когезионной прочности покрытий.	2	2
3	Изучение влияния режимов струйно-абразивной обработки поверхности основы перед напылением на прочность сцепления покрытий.	2	-
4	Изучение влияния дистанции напыления и состава плазмообразующего газа на прочность сцепления покрытий.	2	-
5	Изучение влияния режимов плазменного напыления порошков на когезионную прочность покрытий.	4	-
Итого:		12	2

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Практические занятия №1-5	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчетов	10	20
2	Лабораторные занятия №1-5	Подготовка к лабораторным занятиям, самостоятельный поиск источников	10	20

		информации, оформление отчетов		
3	Классификация покрытий и методов их получения.	Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации, написание реферата по заданной теме	4	6
4	Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий.		4	6
5	Контроль качества покрытий.		4	6
6	Химические и электрохимические методы нанесения покрытий.		6	8
7	Физическое осаждение из газовой фазы (вакуумное конденсационное нанесения покрытий).		6	8
8	Химическое осаждение из паровой фазы.		6	8
9	Диффузионные методы нанесения покрытий.		6	8
10	Контактные методы нанесения покрытий.		6	8
11	Основные параметры газотермического нанесения покрытий.		4	8
12	Плазменное и газопламенное напыление покрытий.		4	8
13	Детонационно-газовое напыление покрытий.		4	8
14	Подготовка к экзамену		10	10
Итого:			84	132

4.7. Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;

- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим занятиям;

- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Теория формирования покрытий. Методы получения покрытий [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Педос С.И., Шугаев В.А. - М.: МИСиС, 2007. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_191.html

2. Плохов А.В., Исследование конструктивной прочности материалов после комбинированного упрочнения и специальных видов сварки / Плохов А.В., Попелюх А.И. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 392 с. (Серия "Монографии НГТУ") - ISBN 978-5-7782-2635-7 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226357.html>

3. Белый А.В., Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий / А.В. Белый - Минск: Белорус. наука, 2017. - 457 с. - ISBN 978-985-08-2140-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850821409.html>

б) дополнительная литература:

1. Ракоч А.Г., Плазменно-электролитическая обработка алюминиевых и титановых сплавов: моногр. / А.Г. Ракоч, А.А. Гладкова. А.В. Дуб - М.: МИСиС, 2017. - 160 с. - ISBN 978-5-906846-51-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906846518.html>

2. Плазменные электротехнологические установки [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.С. Чередниченко, А.С. Аныпаков, М.Г. Кузьмин - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778215764.html>

3. Солнцев Ю.П., Материаловедение: Учебник для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. - Изд. 6-е, стереотип. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 784 с. - ISBN 978-5-93808-294-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082946.html>

4. Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / П.А. Витязь (гл. ред.) [и др.] - Минск: Белорус. наука, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850815484.html>

5. Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов [Электронный ресурс] / Лепешев А.А. - Красноярск: СФУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763828030.html>

в) методические рекомендации:

1. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория и технология нанесения покрытий» для студентов направления подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов. /Сост.: Ю.Н. Никитин – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 67 с. – 10 экз.

2. Методические рекомендации к выполнению практических работ по дисциплине «Теория и технология нанесения покрытий» для студентов направления подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов. /Сост.: Ю.Н. Никитин – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 47 с. – 10 экз.

г) Интернет-ресурсы:

- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Реализация программы дисциплины требует наличия аудиторий и лабораторий.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедиапроектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: компьютерный класс, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия: микроскопы металлографические МИМ-7; печи нагревательные лабораторные СНОЛ-6,7/9 и др.; образцы, микрошлифы и оборудование для их подготовки; твердомер Бринелля, твердомер Роквелла; разрывная машина Р 0,5; весы лабораторные технические с комплектом разновесов перечень наглядных пособий и технических средств обучения.

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов по количеству обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php

Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Теория и технология нанесения покрытий»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений экспериментальные данные	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических систем при решении поставленных задач технического проектирования	Тема 1. Классификация покрытий и методов их получения Тема 2. Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий	8
2	ОПК-3	ОПК-3. Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	ОПК-3.1. Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности	Тема 3. Контроль качества покрытий	8

3	ПК-5	Способен участвовать во внедрении несложных и сложных новых видов техники и технологий термической обработки	ПК-5.3. Участствует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки	Тема 4. Химические и электрохимические методы нанесения покрытий. Тема 5. Физическое осаждение из газовой фазы.	8
4	ПК-7	Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации	ПК-7.1. Участствует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Тема 6. Химическое осаждение из паровой фазы Тема 7. Диффузионные методы нанесения покрытий	8
			ПК-7.2. Участствует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Тема 8. Контактные методы нанесения покрытий Тема 9. Основные параметры газотермического нанесения покрытий.	8
			ПК-7.3. Участствует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии	Тема 10. Плазменное и газопламенное напыление покрытий. Тема 11. Детонационно-газовое напыление покрытий	8

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-2	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических си-	знать: современный инструментарий и интеллектуальные информационно-аналитические системы при решении поставленных задач	Тема 1. Классификация покрытий и методов их получения Тема 2. Подготовка по-	Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен

		<p>стем при решении поставленных задач технического проектирования</p>	<p>технического проектирования</p> <p>уметь: использовать современный инструментарий и интеллектуальные информационно-аналитические системы при решении поставленных задач технического проектирования</p> <p>владеет: современным инструментари-ем и интеллектуальными информационно-аналитические системами при решении поставленных задач технического проектирования</p>	<p>верхностей деталей к нанесению покрытий</p>	
2	ОПК-3	<p>ОПК-3.1.</p> <p>Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p>	<p>знать: способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: использовать способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>владеть: способами и инструментами разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p>	<p>Тема 3.</p> <p>Контроль качества покрытий</p>	<p>Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен</p>

3	ПК-5	ПК-5.3. Участствует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки	<p>уметь: разрабатывать методики испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>знать: методики испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>владеет: методиками испытаний и исследований изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p>Тема 4. Химические и электрохимические методы нанесения покрытий.</p> <p>Тема 5. Физическое осаждение из газовой фазы.</p>	Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен
4	ПК-7	ПК-7.1. Участствует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	<p>знать: разработку инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: разработкой инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>Тема 6. Химическое осаждение из паровой фазы</p> <p>Тема 7. Диффузионные методы нанесения покрытий</p>	Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен
		ПК-7.2. Участствует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материал-	<p>знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>Тема 8. Контактные методы нанесения покрытий</p> <p>Тема 9. Основные пара-</p>	Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен

	ведения и технологии материалов	<p>уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: сопровождением инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>	метры газотермического нанесения покрытий.	
	ПК-7.3. Участвует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии	<p>знать: интегрированные инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии</p> <p>уметь: участвовать в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> <p>владеть: интегрированными инновационными технологическими процессами в области материаловедения и технологии</p>	<p>Тема 10. Плазменное и газопламенное напыление покрытий.</p> <p>Тема 11. Детонационно-газовое напыление покрытий</p>	Вопросы для сдачи лабораторных работ и практических занятий, экзамен

Задания для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Определение свойств порошковых материалов.

Задание. Изучить методики и освоить практические навыки определения основных свойств порошковых и гранулированных материалов.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные методы определения дисперсного состава порошков.
2. Что такое фракция?
3. Что такое текучесть порошков? Каким образом она определяется?
4. Что такое насыпная плотность порошков? Каким образом она определяется?
5. Какие факторы влияют на текучесть и насыпную плотность порошков?
6. Каким образом классифицируются порошки по степени их дисперсности?
7. Какие методы могут быть использованы для определения дисперсного состава порошков?
8. Что такое интегральные и дифференциальные методы гранулометрии?
9. Каким образом осуществляется ситовый анализ порошков?

10. Можно ли с помощью ситового анализа определить фракционный состав порошка дисперсностью -40 мкм?
11. Каким образом производится седиментационный анализ порошков?
12. Каким образом производится микроскопический анализ порошков?
13. Каким образом определяется степень полидисперсности порошков?
14. Каким образом строятся дифференциальные и интегральные функции распределения частиц по размерам?

Лабораторная работа № 2. Определение прочности сцепления и когезионной прочности покрытий

Задание 1. Ознакомиться с методами определения прочности сцепления и когезионной прочности газотермических покрытий;

2. Освоить методику испытаний покрытий на прочность сцепления вытягиванием конического штифта и методику определения когезионной прочности покрытий при растяжении.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные методы испытаний газо-термических покрытий на прочность сцепления.
2. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий на плоских и цилиндрических образцах вытягиванием цилиндрического штифта.
3. Опишите клеевую методику определения прочности сцепления покрытий при растяжении?
4. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий при сдвиге на плоских и цилиндрических образцах.
5. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий при изгибе.
6. Опишите методику определения когезионной прочности покрытий при их растяжении в продольном направлении.
7. Опишите клеевую методику определения когезионной прочности покрытий.
8. В чем состоит основной недостаток методики определения прочности сцепления покрытий вытягиванием цилиндрического штифта? Какие преимущества могут быть достигнуты при замене цилиндрического штифта коническим штифтом?
9. Каким образом могут разрушаться покрытия при испытании на прочность сцепления?

Лабораторная работа № 3. Изучение влияния режимов струйно-абразивной обработки поверхности основы перед напылением на прочность сцепления покрытий

Задание. 1. Ознакомиться с основными методами активации поверхности основы перед напылением;

2. Исследовать влияние режимов струйно-абразивной обработки напыляемой поверхности на прочность сцепления плазменных покрытий с конструкционными сталями.

Контрольные вопросы:

1. Назовите наиболее распространенные способы активирующей подготовки поверхности основы под напыление покрытий.
2. Какие материалы используются для струйно-абразивной обработки поверхности основы перед напылением?
3. Какие требования предъявляются к дисперсности и свойствам абразивных материалов, используемых для активации поверхности основы перед напылением?
4. Влияет ли дисперсность абразива на прочность сцепления покрытий с основой? Если влияет, каким образом?
5. Каким образом изменяется энергия активации химического взаимодействия в системе "частица - основа" при предварительной обработке поверхности основы абразивом, стальной и чугунной дробью?

6. Какими способами может осуществляться механическая активация поверхности основы перед напылением?
7. В каких случаях нельзя использовать механические методы активации поверхности основы перед напылением?
8. За счет чего обеспечивается активация поверхности основы при химическом травлении?
9. В каких случаях не рекомендуется использовать химическое травление как активирующую обработку напыляемой поверхности?
10. Каким образом производится электроискровая активирующая обработка поверхности основы?
11. Опишите конструкцию и принцип работы эжекционных и нагнетательных аппаратов для струйно-абразивной обработки материалов.

Лабораторная работа № 4. Изучение влияния дистанции напыления и состава плазмообразующего газа на прочность сцепления покрытий

Задание. Экспериментально изучить зависимости прочности сцепления покрытий от дистанции напыления и состава плазмообразующей среды.

Контрольные вопросы:

1. Влияние дистанции напыления на прочность сцепления покрытий.
2. Факторы, влияющие на прочность сцепления покрытий.
3. Что происходит при увеличении дистанции напыления?
4. Возможен ли перегрев изделий при нанесении покрытий в открытой атмосфере?
5. Что происходит при перегреве изделий?
6. Что приводит к увеличению внутренних термических напряжений в покрытии?
7. Какое влияние оказывает на теплофизические характеристики плазменной струи и условия теплообмена при плазменно-порошковом напылении свойства плазмообразующего газа?

Лабораторная работа № 5. Изучение влияния режимов плазменного напыления порошков на когезионную прочность покрытий

Задание. Экспериментально изучить влияние режимов плазменного напыления на когезионную прочность покрытий.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные методы испытаний газо-термических покрытий на прочность сцепления.
2. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий на плоских и цилиндрических образцах вытягиванием цилиндрического штифта.
3. Опишите клеевую методику определения прочности сцепления покрытий при растяжении?
4. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий при сдвиге на плоских и цилиндрических образцах.
5. Опишите методику определения прочности сцепления покрытий при изгибе.
6. Опишите методику определения когезионной прочности покрытий при их растяжении в продольном направлении.
7. Опишите клеевую методику определения когезионной прочности покрытий.
8. В чем состоит основной недостаток методики определения прочности сцепления покрытий вытягиванием цилиндрического штифта? Какие преимущества могут быть достигнуты при замене цилиндрического штифта коническим штифтом?
9. Каким образом могут разрушаться покрытия при испытании на прочность сцепления?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «лабораторная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Задания для практических занятий

Занятие 1. Маркировка порошков применяемых для нанесения покрытий по гостам.

Состав, свойства и область применения порошков

Задание. 1. Изучить особенности обозначения порошковых материалов, характеристики методов их получения и область применения порошков.

2. Расшифровать марки порошков.

Контрольные вопросы:

1. Какова структура Международной организации по стандартизации?
2. Назовите основные задачи и сферу деятельности Международной организации по стандартизации.
3. Изложите основы маркировки металлических порошков.

Занятие 2. Изучение особенностей математического моделирования процессов ускорения и нагрева частиц порошков в плазменной струе.

Задание. Рассчитать температуру частиц на расстоянии 0,1гр; 0,5гр и 1,0гр от геометрического центра и сделать заключение о степени проплавления частиц (гр – радиус частиц).

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте численные методы решения нестационарных задач теории теплопроводности и дайте их краткую характеристику.
2. Какие граничные условия задаются на границе раздела “частица-плазменный поток”?
3. Какие допущения могут быть использованы при аналитическом рассмотрении уравнения нестационарной теплопроводности применительно к одиночной частице, обтекаемой высокотемпературным газовым потоком?
4. Что такое критерий Био и какова его физическая сущность?
5. Что такое критерий Фурье; каким образом он определяется и каков его физический смысл?
6. Опишите алгоритм Рунге-Кутта для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка в полных производных.

7. Опишите алгоритм Эйлера и модифицированный алгоритм Эйлера для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка в полных производных.
8. В чем заключаются недостатки алгоритма Эйлера и модифицированного алгоритма Эйлера и каким образом их можно устранить при использовании ЭВМ?
9. Опишите алгоритм Эйлера для решения дифференциального уравнения движения сферической частицы в градиентном газовом потоке.

Занятие 3. Изучение особенностей компьютерного моделирования ускорения и нагрева порошковых материалов при плазменном напылении с использованием программного комплекса "CASPS"

Задание. Изучить методику выбора оптимальных параметров режима плазменно-порошкового напыления покрытий с использованием программного обеспечения "Casps".

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные параметры режима плазменно-порошкового напыления покрытий.
2. Какие материалы используются для напыления покрытий? Как влияют теплофизические свойства порошков (теплопроводность, теплоемкость, плотность) на процесс нагрева и ускорения частиц в плазменном потоке?
3. Каким образом влияют добавки водорода и азота к аргону на теплопроводность и теплосодержание плазмы?
4. Каким образом изменяется падение напряжения на дуге и электрическая мощность дугового разряда при добавке к аргону водорода и азота?
5. Каким образом влияет на траекторию движения частиц в плазменной струе расход транспортирующего газа?
6. Чем ограничена минимальная величина дистанции напыления?
7. Какие способы ввода порошка в плазму позволяет моделировать программный комплекс CASPS?
8. Каково влияние способа ввода порошка в плазму на интенсивность нагрева и ускорения частиц?
9. Как влияет фракционный состав порошка на интенсивность нагрева и ускорения частиц?
10. От каких факторов зависит коэффициент использования материала при плазменно-порошковом напылении?
11. По каким критериям определяются оптимальные параметры режима плазменно-порошкового напыления?
12. Какими факторами ограничен максимальный расход порошка и плазмообразующего газа при плазменно-порошковом напылении?

Занятие 4. Изучение влияния температуры предварительного подогрева основы на прочность сцепления покрытий

Задание. Рассчитать изменение температуры в контакте "никелевая частица - стальная основа (сталь 45)" при изменении температуры основы от 20 до 5000С.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом влияет температура основы на величину контактной температуры в системе "частица-основа"?
2. Каким образом в работе контролировалась температура предварительного подогрева образцов под напыление?
3. Как изменяется скорость роста оксидной пленки на поверхности стальной основы с ростом температуры при нагревании в воздушной среде?
4. Почему между толстой оксидной пленкой и напыляемыми металлическими частицами не возникают прочные химические связи?

5. Объясните полученные зависимости прочности сцепления покрытий от температуры предварительного подогрева основы.
6. Чем отличается физическая адсорбция от химической адсорбции?
7. В каком случае адсорбированный слой будет более прочно связан с поверхностью металла – при физической или химической адсорбции?
8. Каким образом связаны между собой энергия активации химического взаимодействия и энергия сублимации? Что такое энергия сублимации?

Занятие 5. Изучение конструкции и исследование работы электронно-лучевой установки для вакуумного конденсационного напыления покрытий

Задание. Изучить конструкцию и принцип работы установки для электронно-лучевого вакуумного конденсационного напыления покрытий.

Контрольные вопросы:

1. За счёт чего выделяется тепловая энергия при электронно-лучевом нагреве? От чего зависит её количество?
2. Каково назначение вакуумной камеры?
3. Как регулируется диаметр фокального пятна пучка электронов?
4. Каково назначение отклоняющей системы в электронной пушке?
5. Как осуществляется активация напыляемой поверхности?
6. Какими преимуществами обладает электронно-лучевое вакуумное конденсационное напыление покрытий по сравнению с другими методами?
7. С какой целью и каким образом осуществляется, подогрев напыляемого изделия при электронно-лучевом вакуумном конденсационном напылении покрытий?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «практические занятия»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
отлично (5)	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
хорошо (4)	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
удовлетворительно (3)	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач
неудовлетворительно (2)	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Тест № 1

1. Назначение и области применения покрытий.
2. Классификация покрытий и методов их получения.

3. Рассчитать температуру частиц на расстоянии $0,1r$ от геометрического центра и сделать заключение о степени проплавления частиц

Тест № 2

1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбированные вещества на поверхности материала изделия.
2. Подготовка деталей к нанесению покрытий.
3. Разработайте алгоритм Эйлера для решения дифференциального уравнения движения сферической частицы в градиентном газовом потоке.

Тест № 3

1. Общие и специальные контрольные операции определения качественных показателей.
2. Методы оценки пористости, толщины, равномерности и функциональных свойств покрытий.
3. Рассчитать прочность сцепления покрытий с основой. Основа – закаленная сталь 45. Материал покрытий – порошок меди (фракция 50-100 мкм). Величина разрушающей нагрузки составила $P=150 Н$. Диаметр торца штифта $d=2 мм$

Тест № 4

1. Несплошности в покрытиях (пористость). Определение толщины и равномерности покрытий. Методы оценки функциональных свойств покрытий.
2. Классификация химических и электрохимических покрытий.
3. Рассчитать критическую частоту вращения ($n_{кр}$) барабана шаровой мельницы (внутренний диаметр барабана мельницы 600 мм). Произвести рассев на фракции чугуновых порошков, полученных 5-часовым измельчением чугуновой стружки СЧ-21 в шаровой мельнице при частоте вращения барабана мельницы $n = 0,8n_{кр}$.

Тест № 5

1. Технология нанесения металлических покрытий химическим восстановлением.
2. Химическое меднение.
3. Рассчитать температуру частиц на расстоянии $0,3r$; от геометрического центра и сделать заключение о степени проплавления частиц

Тест № 6

1. Химическое никелирование.
2. Основные параметры электрохимического процесса.
3. Рассчитать прочность сцепления покрытий с основой. Основа – закаленная сталь 45. Материал покрытий – порошок чугуна СЧ-21 (фракция 63-100 мкм). Величина разрушающей нагрузки составила $P=145 Н$. Диаметр торца штифта $d=2 мм$

Тест № 7

1. Технология нанесения металлических покрытий электрохимическим осаждением из растворов.
2. Оборудование для нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.

3. Разработайте алгоритм Эйлера для решения дифференциального уравнения движения сферической частицы в градиентном газовом потоке.

Тест № 8

1. Методы нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.
2. Электрохимические покрытия благородными металлами.
3. Рассчитать прочность сцепления покрытий с основой. Основа – сталь 40. Материал покрытий – порошок меди (фракция 50-100 мкм). Величина разрушающей нагрузки составила $P=130 \text{ Н}$. Диаметр торца штифта $d=2 \text{ мм}$

Тест № 9

1. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий термическим испарением.
2. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия.
3. Рассчитать изменение скорости и температуры частиц меди диаметром 40 и 100 мкм по дистанции напыления 0 - 200 мм. Начальная температура частиц 300С. Начальная скорость частиц 5 м/с.

Тест № 10

1. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий ионным распылением.
2. Описание процесса и основные области применения химического осаждения из газовой фазы.
3. Рассчитать прочность сцепления покрытий с основой. Основа – закаленная сталь 45. Материал покрытий – порошок чугуна СЧ-21 (фракция 63-100 мкм). Величина разрушающей нагрузки составила $P=130 \text{ Н}$. Диаметр торца штифта $d=2 \text{ мм}$

Тест № 11

1. Технология получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы
2. Классификация и теоретические основы диффузионных методов нанесения покрытий.
3. Рассчитать изменение скорости и температуры частиц оксида алюминия диаметром 40 и 80 мкм по дистанции напыления 0 - 60 мм. Начальная температура частиц 300С. Начальная скорость частиц 8 м/с.

Тест № 12

1. Технология алитирования. Достоинства и недостатки метода порошков.
2. Технология шликерного метода нанесения покрытий.
3. Рассчитать изменение скорости и температуры частиц никеля диаметром 80 и 160 мкм по дистанции напыления 0 - 80 мм. Начальная температура частиц 300С. Начальная скорость частиц 10 м/с.

Тест № 13

1. Технология золь – гель метода нанесения покрытий.
2. Особенности процесса и классификация покрытий из расплавленного состояния.

3. Рассчитать температуру частиц на расстоянии 1,0г от геометрического центра и сделать заключение о степени проплавления частиц

Тест № 14

1. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды. Достоинства, недостатки, области применения метода
2. Получение покрытий методом насыщения неметаллами.
3. Рассчитать критическую частоту вращения ($n_{кр}$) барабана шаровой мельницы (внутренний диаметр барабана мельницы 600 мм). Произвести рассев на фракции чугунных порошков, полученных 20-часовым измельчением чугунной стружки СЧ-21 в шаровой мельнице при частоте вращения барабана мельницы $n = 0,8n_{кр}$.

Тест № 15

1. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками тепла.
2. Схема процесса и технологические особенности нанесения покрытий наплавкой.
3. Рассчитать прочность сцепления покрытий с основой. Основа – сталь 50. Материал покрытий – порошок меди (фракция 50-100 мкм). Величина разрушающей нагрузки составила $P=160 Н$. Диаметр торца штифта $d=2мм$

Тест № 16

1. Классификация наплавленных покрытий.
2. Дуговая наплавка покрытий.
3. Рассчитать изменение скорости и температуры частиц меди диаметром 60 и 100 мкм по дистанции напыления 0 - 100 мм. Начальная температура частиц 300С. Начальная скорость частиц 5 м/с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «экзамен»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низ-

	кую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)