

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра «Технология и оборудование автоматизированного производства»**

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП
_____ М.М. Яхутлов

«_____» _____ 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института
_____ Н.В. Черкесова

«_____» _____ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ»**

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Магистерская программа
Технологии цифрового производства

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2022

Рабочая программа дисциплины «Технологии нанесения покрытий в машиностроении»
/сост. З.Ж. Беров –Нальчик: КБГУ, 2022. –21 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.В.02 по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств в 1 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «17» августа 2020 г. № 1045.

Содержание

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации	9
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	14
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	18
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	20
9 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	20
10 Приложение	21

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний и умений в области нанесения защитных, восстанавливающих и упрочняющих покрытий в машиностроении, а также ознакомление студентов с теоретическими основами получения модифицированного поверхностного слоя на изделиях нанесением покрытий в вакууме.

Задачами изучения дисциплины являются:

1. ознакомление студентов с диффузионными, газотермическим, гальваническими, химическими и вакуумными ионно-плазменными методами нанесения покрытий;
2. привитие знаний по анализу основных требований к материалам и свойствам покрытий в зависимости от условий эксплуатации изделий;
3. привитие навыков по эксплуатации технологического оборудования и его приборов для обеспечения требований к технологическим параметрам осаждения покрытия.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Технология нанесения покрытий в машиностроении» относится к вариативной части Б1.В.02 и является дисциплиной по выбору подготовки магистров по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных по дисциплинам: Математика, Химия, Физика, Материаловедение, Технологические процессы в машиностроении.

3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОПОП ВО по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств:

Профессиональные компетенции соответствующие им индикаторы достижения (ний):

ПКС-1. Способен разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления изделий машиностроения;

ПКС-1.1. Знает методики проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения, системы конструкторской и технологической документации, технологической подготовки производства, программные средства автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства;

ПКС-1.2. Умеет проектировать и внедрять эффективные технологические процессы изготовления конкурентоспособных изделий машиностроения;

ПКС-1.3. Владеет навыками разработки технологических процессов изготовления изделий машиностроения, отвечающих современным требованиям качества продукции и технико-экономической эффективности производства;

ПКС-2. Способен выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

ПКС-2.1. Знает современные конструкционные и инструментальные материалы, технологические возможности средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

ПКС-2.2. Умеет анализировать, выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

ПКС-2.3. Владеет навыками по выбору и эффективному использованию материалов и средств технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

ПКС-3. Способен проектировать средства технологического оснащения машиностроительных производств;

ПКС-3.1. Знает устройство и характеристики средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) и методики их проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- роли поверхности в условиях эксплуатации деталей современных машинах и механизмах(31);
- современные технологии изменения физико-механических свойств поверхностей деталей машин(32);
- методы нанесения покрытий и технологии подготовки поверхности, их преимущества и недостатки(33);
- материалы для нанесения покрытий (34);
- стандартные методики определения физико-механических свойств покрытий; (35);
- требования к функциональным покрытиям для повышения износостойкости низкосортных технических алмазов в буровых коронках и правящих инструментах (36).

Уметь:

- выбирать материал покрытия, обеспечивающий требуемые свойства поверхности деталей(У1);
- выбирать метод (технологию) нанесения покрытия обеспечивающий необходимые эксплуатационные свойства поверхности деталей(У2);
- проводить сравнительный анализ различных способов нанесения покрытий(У3);
- выбирать материалы, оборудование и технологии для рационального нанесения покрытий(У4);
- моделировать различные процессы, происходящие в конденсированных системах (У5).

Владеть:

- информацией о практическом применении различных методов нанесения покрытий(В1);
- навыками разработки современных технологий нанесения покрытий(В2);
- навыками проведения исследований физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий(В3);
- навыками использования литературных источников и баз данных для разработки технологических процессов нанесения покрытий, оптимизации процессов нанесения покрытий(В4);

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

№ разд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Формируемая компетенция(часть компетенции)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	4
1	Введение.	Классификация покрытий. Современное состояние и тенденции развития технологии нанесения покрытий в машиностроении.	ПКС-1.1 ПКС-2.1; ПКС-3.1.	К, РК, Т
2	Диффузионные покрытия	Получение диффузионных покрытий. Формирование диффузионных слоев. Основные виды ХТО: цементация сталей, хромирование, азотирование. Применение диффузионных покрытий.	ПКС-1.2; ПКС-1.3 ПКС-2.1; ПКС-2.2	ПЗ, К, РК, Т
3	Газотермические методы напыления покрытий	Основные технологии газотермического напыления покрытий. Газопламенное напыление. Плазменное напыление. Электродуговая металлизация. Детонационный способ напыления. Основные технологические этапы нанесения газотермических покрытий. Структура и свойства газотермических покрытий. Факторы, влияющие на структуру и свойства покрытий. Материалы для газотермического напыления. Применение газотермических покрытий.	ПКС-1.2; ПКС-1.3 ПКС-2.1; ПКС-2.2	ПЗ, К, РК, Т
4	Гальванические и химические способы нанесения покрытий	Физико-химические свойства и функциональное назначение гальванических покрытий. Теоретические сведения об электроосаждении металлов. Электролитическое осаждение металлов и сплавов: хромирование, электролитическое меднение, электролитическое цинкование, осаждение благородных и редких металлов. Основы процесса химического восстановления металлов: химическая металлизация; иммерсионные покрытия. Методы оксидирования.	ПКС-1.2; ПКС-1.3 ПКС-2.1; ПКС-2.2	ПЗ, К, РК, Т
5	Вакуумно-конденсационные методы нанесения покрытий	Технологические особенности вакуумно-конденсационных методов нанесения покрытий и оборудование для их реализации. Технологии, основанные на химических процессах – осаждение из парогазовой фазы. Технологии, основанные на физических процессах. Электротермическое и лучевое испарение в вакууме. Катодное и магнетронное распыление.	ПКС-1.2; ПКС-1.3 ПКС-2.1; ПКС-2.2	ПЗ, ЛР, К, РК, Т

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
6	Выбор материала покрытия и параметров энергии осаждения распыленных частиц в вакууме	Взаимосвязь состава покрытия и энергии осаждения распыленных частиц с состоянием поверхности. Повышение стойкости блок-матриц в камерах высокого давления нанесением титаноникелевого покрытия ионно-плазменным методом. Взаимосвязь между энергией осаждения покрытия (Ti + NiCr) и повышением износостойкости алмазов различного качества.	ПКС-1.3; ПКС-2.3; ПКС-3.1.	ПЗ, ЛР, К, РК, Т
7	Контроль качества покрытий	Изучение морфологии металлических пленок методом растровой электронной микроскопии. Изучение фазообразования в покрытиях методом рентгенофазового анализа.	ПКС-2.1; ПКС-2.2	ПЗ, ЛР, К, РК
8	Основы патентования.	Основные понятия об интеллектуальной собственности. Международная патентная классификация. Патентные исследования. Объекты изобретения. Содержание заявки на изобретение.	ПКС-1.3; ПКС-2.3; ПКС-3.1.	ПЗ, К, РК

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), защита практического занятия (ПЗ), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов
	1 сем.
Общая трудоемкость	144
Аудиторная работа:	34
<i>Лекции (Л)</i>	9
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	8
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	17
Самостоятельная работа, в том числе контактная	83
Самостоятельное изучение разделов	53
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	30
Подготовка и сдача экзамена	27
Вид итогового контроля экзамен	Экзамен

4.3 Лекции

№	Темы лекции
1	Современное состояние и тенденции развития технологии нанесения покрытий в машиностроении.
2	Газотермические методы напыления покрытий.
3	Гальванические и химические способы нанесения покрытий.
4	Ионно-плазменные методы осаждения покрытий в вакууме.
5	Выбор состава покрытия и энергии его осаждения на дроблённые природные и поликристаллические синтетические алмазы.

4.4 Лабораторные работы

№	Наименование лабораторных работ
1	Химическое нанесение металлических покрытий.
2	Определение микротвердости покрытий
3	Пористость металлических покрытий
4	Нанесение титаноникелевого покрытия на блок-матрицы камер высокого давления.
5	Нанесение титано-нихромового покрытия на природные алмазные зерна подгруппы Ind. 3.3.

4.5 Практические занятия

№ занятий	Темы практических занятий
1	Получение тонкопленочного покрытия методом магнетронного распыления.
2	Расчет основных параметров процесса ионной имплантации конструкционных материалов.
3	Изучение фазообразования в титано-нихромовых покрытиях при термообработке металлизированных природных алмазов в вакууме.
4	Изучение фазообразования в титано-никелевых покрытиях при термообработке металлизированных поликристаллических синтетических алмазов в водородной печи.

4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ разд.	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Классификация покрытий.
2	Получение диффузионных покрытий. Формирование диффузионных слоев. Основные виды ХТО: цементация сталей, хромирование, азотирование. Применение диффузионных покрытий.
3	Структура и свойства газотермических покрытий. Факторы, влияющие на структуру и свойства покрытий. Материалы для газотермического напыления. Применение газотермических покрытий.
4	Основы процесса химического восстановления металлов: химическая металлизация; иммерсионные покрытия. Химическое и электрохимическое оксидирование.
5	Электротермическое и лучевое испарение в вакууме. Лазерные и ионно-лучевые методы формирования покрытий.

6	Взаимосвязь состава покрытия и энергии осаждения распыленных частиц с состоянием поверхности.
7	Ознакомление с устройством и принципом работы растровых электронных микроскопов.

5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Тестирование	18 (6+6+6)
3	Коллоквиум	18 (6+6+6)
4	Выполнение и защита лабораторных и практических работ	24 (8+8+8)
Итого		70

Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся по вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию. При этом на каждый из трех рубежных контрольных мероприятия выносится одна треть вопросов из общего их числа к экзамену. Подготовка к коллоквиуму осуществляется по материалам лекций, лабораторных работ и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

Тесты

Для текущего контроля успешности обучения используются разработанные на кафедре аттестационные педагогические измерительные материалы для компьютерного тестирования (тестовые задания). Структура этих материалов приведена в таблице.

№ тем	Тема	Кол-во заданий
1	Современное состояние и тенденции развития технологии нанесения покрытий в машиностроении.	6
2	Диффузионные покрытия	31
3	Газотермические методы напыления покрытий	47
4	Гальванические и химические способы нанесения покрытий	31
5	Вакуумно-конденсационные методы нанесения покрытий	29
6	Выбор материала покрытия и параметров энергии осаждения распыленных частиц в вакууме	25
Итого		264

Примеры тестовых заданий

1. Покрытия, получаемые в результате диффузии атомов осаждаемого материала в поверхностные слои изделия не используются для повышения его

- износостойкости –
- жаростойкости –
- твердости поверхности –
- декоративной отделки +

- коррозионностойкости –

2. Основным видом материалов для газотермического напыления являются

- проволоки –
- стержни –
- порошки +
- гибкие шнуры –

3. Соответствие между номерами на схеме электроосаждения металлов (рис.) с используемыми приборами и материалами

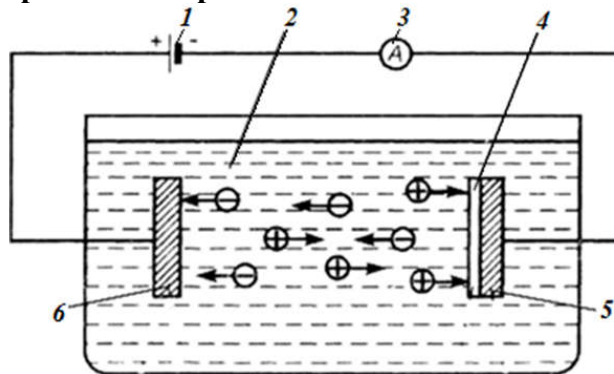


Рис. Схема процесса электроосаждения металлов

- 1 – источник тока;
- 2 – раствор электролита;
- 3 – амперметр;
- 4 – осаждающийся металл;
- 5 – катод;
- 6 – анод

4. Насыщение поверхности стального изделия углеродом называется

- улучшением –
- нормализацией –
- цементацией +;
- цианированием –

5. В результате цементации стали формируется диффузионный слой (от поверхности), имеющий структуру

- цементит + феррит; перлит; феррит–
- перлит + феррит; феррит; феррит + цементит–
- цементит + перлит; перлит; перлит + феррит +
- перлит; перлит + цементит; цементит + феррит–

6. Насыщение поверхности стали азотом и углеродом в расплавленных солях, содержащих группу CN, называется

- нитроцементацией–
- модифицированием –
- улучшением –
- цианированием +

7. Насыщение поверхности стали азотом и углеродом в газовой среде производится

- цианированием –
- улучшением –
- модифицированием –

- нитроцементацией +

8. Диффузионно-вакуумное хромирование алмазов рекомендуется проводить при температурах

- 1150⁰ C –
- 950⁰ C +
- 850⁰ C –
- 700⁰ C –

9. Металлизацию низкосортных технических алмазов целесообразно проводить

- методами газотранспортных реакций –
- нанесением покрытий из жидкого металлического расплава –
- контактно-реакционным (диффузионным) способом в вакууме –
- ионно-плазменным распылением материала покрытия в вакууме +

10. Отток атомов углерода из кристаллической решётки алмаза в формирующееся покрытие не вызывает

- газотранспортные методы металлизации –
- агрегирование алмазов в металлическом расплаве –
- контактно-реакционные способы металлизации –
- конденсация распылённых частиц металла с энергией 300 эВ +

11. Аморфизация поверхности низкосортных технических алмазов начинается при бомбардировке их ионами металлов или инертного газа с энергией

- 250 эВ –
- 300 эВ +
- 450 эВ –

12. Энергия конденсации распылённых частиц металла ограничивается энергией связи атомов углерода в кристаллической решётке алмаза, которая составляет

- 480 эВ –
- 580 эВ –
- 680 эВ +
- 780 эВ –

13. Диффузионное хромирование алмазов осуществляется

- в газовой атмосфере –
- в расплавах хрома –
- в парах хрома –
- в порошковых смесях +

14. Диффузионное хромирование внутренних полостей деталей осуществляется

- в порошковых смесях +
- в контакте с твёрдыми кусочками хрома +
- в расплавах хрома –
- в парах хрома –
- в газовой атмосфере –

15. Хромирование изделий в вакууме не снижает

- скорость насыщения +

- температуру испарения хрома—
- продолжительность хромирования—
- себестоимость—

5.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. Необходимость применения упрочняющих, восстановительных, защитных и декоративных покрытий в машиностроении.
2. Термостойкие покрытия. Материалы для термостойких покрытий
3. Жаростойкие покрытия. Материалы, применяемые для жаростойких покрытий.
4. Эрозионно-стойкие покрытия. Материалы для эрозионно-стойких покрытий
5. Износостойкие покрытия. Материалы для износостойких покрытий
6. Антифрикционные покрытия. Материалы для антифрикционных покрытий
7. Коррозионностойкие покрытия. Требования к материалам для коррозионностойких покрытий
8. Покрытия, поглощающие и обрабатывающие различные излучения. Требования к материалам для этих покрытий.
9. Классификация методов нанесения защищающих покрытий
10. Нанесение покрытий осаждением из газовой фазы
11. Нанесение покрытий наплавкой
12. Схема процесса осаждения из газовой фазы
13. Схема наплавки
14. Нанесение покрытий газо-плазменным напылением
15. Используемые источники теплоты при газопламенном напылении
16. Электродуговая металлизация
17. Детонационное напыление покрытий
18. Плазменное напыление покрытий
19. Схема процесса плазменного напыления
20. Классификация материалов для нанесения газотермических покрытий
21. Используемые порошки для нанесения газотермических покрытий
22. Композиционные порошки для нанесения газотермических покрытий
23. Композиционные порошки, экзотермически реагирующие и термонеутральные при газотермическом напылении.
24. Гибкие шнуры, используемые для газотермических напылений
25. Свойства покрытия, характеризующие его качество
26. Факторы, влияющие на качество плазменных покрытий
27. Схема формирования качества покрытий в процессе плазменного нанесения
28. Понятия о внутреннем и внешнем контурах при нанесении покрытия газотермическим методом
29. Схема влияния параметров внешнего и внутреннего контуров на показатели качества покрытия
30. Способы управления качеством напыляемых покрытий
31. Способы повышения прочности сцепления покрытия с основой
32. Способы достижения перегрева напыляемых частиц
33. Способы активации подложки при газотермическом напылении
34. Способы охлаждения формирующегося покрытия и заготовки
35. Газотермическое напыление в контролируемой сфере
36. Сепарация напыляемых частиц по скорости

37. Термомеханическая обработка покрытия
 38. Методы повышения стабильности процессов плазменного напыления
 39. Где находят применение химические покрытия?
 40. Какие существуют способы получения химических покрытий?
 41. На чем основан контактный способ нанесения покрытий?
 42. При каких условиях реализуется контактно-химический способ осаждения металлов?
 43. Какой тип реакции сопровождает процесс химической металлизации?
 44. Объясните смысл химического автокаталитического восстановления металлов.
 45. Какие требования предъявляются к поверхности материала для химического нанесения покрытий?
 46. Поясните термины "сенсibilизированные" и "активированные" поверхности.
 47. Перечислите достоинства и недостатки химических никелевых покрытий?
- Медных покрытий?
48. Какие компоненты входят в состав растворов для химического омеднения?
 49. Какие компоненты входят в состав растворов для химического никелирования?
 50. Каков механизм получения покрытия электрохимическим методом?
 51. Каково назначение электролитических покрытий?
 52. Перечислите виды электрохимических покрытий.
 53. Какие виды электролитов применяются при получении покрытий электрохимическим методом?
 54. Какие параметры могут регулироваться при проведении электролиза?
 55. Как плотность тока влияет на качество нанесенного покрытия?
 56. Как температура электролита на качество нанесенного покрытия?
 57. Чем обусловлена необходимость перемешивания электролита при электролизе?
 58. Дайте характеристику электролитов для хромирования.
 59. Перечислите достоинства и недостатки хромовых покрытий.
 60. Какова последовательность подготовки образцов к нанесению электрохимических покрытий.
 61. Каковы преимущества нанесения многокомпонентных покрытий по сравнению с однокомпонентными?
 62. Каковы условия совместного электроосаждения сплавов?
 63. Какие способы позволяют добиться сближения электрохимических потенциалов двух металлов?
 64. Как влияют режимы электроосаждения на свойства осажденных сплавов?
 65. Какие компоненты входят в состав растворов для совместного осаждения олова и никеля?
 66. Какие компоненты входят в состав растворов для совместного осаждения олова и свинца?
 67. Какие добавки в электролит улучшают структуру осадков?
 68. Каковы основные этапы микроскопического анализа?
 69. В чем сущность и особенности химического травления образцов?
 70. Какие требования предъявляются к полированным шлифам для микроструктурного анализа?
 71. Как производится калибровка размеров при микрофотосъемке?
 72. Какова методика приготовления микрошлифов.
 73. Какими методами можно определить толщину покрытий?
 74. Какие существуют методы химического контроля толщины покрытий?
 75. При каких условиях реализуется метод снятия покрытия?

76. Какими преимуществами перед методом снятия покрытия обладает капельный метод?
77. Как определить толщину покрытия струйным методом?
78. Какие разновидности определения толщины покрытия струйным методом существуют?
79. Какие виды пор могут присутствовать в покрытии?
80. В каких видах покрытий наличие пористости является обязательным условием их хорошего качества?
81. Каковы причины возникновения пористости в различных покрытиях?
82. Перечислите основные методы определения пористости покрытий.
83. Какова методика определения пористости методом погружения?
84. Какие компоненты входят в состав паст для выявления пор?
85. Какие компоненты входят в состав растворов для выявления пор?

Лабораторные работы

Лабораторные работы посвящены изучению морфологии функциональных покрытий и выявлению фазообразования в них при температурно-временных режимах изготовления инструментов. В лабораторных работах изучается также влияние покрытий на износостойкость природных и поликристаллических синтетических алмазов. В методических разработках к лабораторным работам приведены цель и программа работы, методические указания к их выполнению, содержание отчета, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Практические занятия

Практические занятия предназначены для углубления знания студентов по различным направлениям: методы нанесения покрытий; роль защитных и упрочняющих покрытий; требования к материалам покрытий и их свойствам, способствующие улучшению эксплуатационных характеристик изделий. Оценка усвоения материалов осуществляется в собеседованиях и по вопросам во время занятий коллоквиумов.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Контролируемые компетенции (индикаторы их достижения)	Результаты обучения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
1	2	3	4
ПКС-1.1. Знает методики проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения, систем конструкторской и технологической документации, технологической подготовки производства, программные средства автома-	31. Знать роли поверхности в условиях эксплуатации деталей современных машин и механизмов 32. Знать современные технологии изменения физико-механических свойств поверхностей деталей машин	Необходимость повышения физико-механических и эксплуатационных свойств рабочих поверхностей деталей. Способы повышения физико-механических свойств поверхностей деталей машин Современное состояние и тенденции развития технологии нанесения	Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены

тизации конструкторско-технологической подготовки производства		покрытий в машиностроении. Классификация покрытий.	
ПКС-1.2. Умеет проектировать и внедрять эффективные технологические процессы изготовления конкурентоспособных изделий машиностроения;	У1. Уметь выбирать материал покрытия, обеспечивающий требуемые свойства поверхности деталей; У2. Уметь выбирать метод (технология) нанесения покрытия, обеспечивающий необходимые эксплуатационные свойства поверхности деталей	Основные требования к материалам и свойствам покрытий в зависимости от условий эксплуатации деталей. Материалы, используемые для защитных, защитно-декоративных и специальных покрытий.	Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены
ПКС-1.3. Владеет навыками разработки технологических процессов изготовления изделий машиностроения, отвечающих современным требованиям качества продукции и технико-экономической эффективности производства;	В1. Владеть информацией о практическом применении различных методов нанесения покрытий. В2. Владеть навыками разработки современных технологий нанесения покрытий.	Знать используемые материалы для различных покрытий: термостойких, жаростойких, эрозионно-стойких, износостойких, антифрикционных. Уметь анализировать основные требования к материалам и свойствам покрытий. Совместимость компонентов покрытия между собой и с материалом изделия	Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены
ПКС-2.1. Знает современные конструкторские и инструментальные материалы, технологические возможности средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;	З3. Знать методы нанесения покрытий и технологии подготовки поверхности, их преимущества и недостатки З4. Знать используемые материалы для нанесения покрытий	Технологические особенности вакуумно-конденсационных методов нанесения покрытий и оборудование для их реализации. Технологии, основанные на химических процессах – осаждение из парогазовой фазы. Технологии, основанные на физических процессах. Электротермическое и лучевое испарение в вакууме. Катодное и магнетронное распыление материалов покрытия.	Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены
ПКС-2.2. Умеет анализировать, вы-	У3. Уметь проводить сравнительный анализ	Физические, химические и электрохимиче-	Практические и лабо-

<p>бирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;</p>	<p>различных способов нанесения покрытий; У4. Уметь выбирать материалы, оборудование и технологии для рационального нанесения покрытий У5. Уметь моделировать различные процессы, происходящие в конденсированных системах</p>	<p>ские способы нанесения покрытия. Используемые материалы и назначение защитных, защитно-декоративных и специальных покрытий. Фазообразования в титано-нихромовых покрытиях при термобработке металлизированных алмазов в вакууме при температурах спекания матрицы.</p>	<p>раторные занятия, коллоквиумы, экзамены</p>
<p>ПКС-2.3. Владеет навыками по выбору и эффективному использованию материалов и средств технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;</p>	<p>В3. Владеть навыками проведения исследований физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий В4. Владеть навыками использования литературных источников и баз данных для разработки технологических процессов нанесения покрытий, оптимизации процессов нанесения покрытий</p>	<p>Методы измерения влияния покрытия на прочность алмазоталлического контакта в инструменте. Требования к технологиям напыления. Влияние титаноникелевого покрытия на стойкость блок-матриц камер высокого давления. Влияние титанонихромового покрытия на износостойкость алмазов в буровых коронках и правящих карандашах.</p>	<p>Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены</p>
<p>ПКС-3.1. Знает устройство и характеристики средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) и методики их проектирования;</p>	<p>З5. Знать стандартные методики определения физико-механических свойств покрытий З6. Знать требования к функциональным покрытиям для повышения износостойкости низкосортных технических алмазов в буровых коронках и правящих инструментах</p>	<p>Методы измерения пористости, твёрдости и прочности сцепления покрытия с поверхностью изделия. Способы повышения прочности низкосортных технических алмазов и их недостатки. Задачи, решаемые заращиванием дефектов на поверхности алмаза металлической фазой.</p>	<p>Практические и лабораторные занятия, коллоквиумы, экзамены</p>

6.2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

6.2.1 Текущий и рубежный контроль

В рамках текущего и рубежного контроля по дисциплине студент может набрать до 70 баллов. Распределение баллов приведено в таблице.

Се- местр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	61-70 баллов
1	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Удовлетворительные показатели по коллоквиумам и тестированиям.	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Хорошие показатели по коллоквиумам и тестированиям.	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Высокие показатели по коллоквиумам и тестированиям.

Оценка результатов освоения учебной дисциплины проводится по шкале, используемой на экзамене:

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
1	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене) дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.

Шкала соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам

Рейтинговая оценка (в баллах)	Оценка по пятибалльной шкале
91-100	«отлично»
81-90	«хорошо»
61-80	«удовлетворительно»
менее 61	«неудовлетворительно»

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления: Учеб. пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпозигов» 2-е изд.-М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. –360с.
2. Защитные покрытия: учеб. пособие / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россияна, А.С. Юровских. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. –200с.
3. Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении: Учеб. пособие. - М.: РУДН, 2008. – 324с.
4. Коррозионностойкие и жаростойкие материалы. Химическое газофазное осаждение защитных покрытий [Электронный ресурс]: курс лекций/ В.В. Душик [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. – 64 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56280.html>. – ЭБС «IPRbooks».
5. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий [Электронный ресурс]: монография/ П.А. Витязь [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2011. — 283 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12322.html>. — ЭБС «IPRbooks».

7.2 Дополнительная литература

1. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / П.А. Витязь [и др.]; под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева. - Минск: Беларус. навука, 2011. - 283 с. -ISBN 978-985-08-1292-6.
2. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. Учебное пособие для вузов / Панов В.С., Чувилин А.М. –М.: «МИСИС», 2001. 428 с.
3. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1992. –432с.
4. Теория формирования покрытий. Методы получения покрытий: Учебное пособие/ Педос С.И., Шугаев В.А.// МИСиС, 2007г.-65 с.
5. Шешин Е. Вакуумные технологии. Интеллект. 2009 г.-504 с.
6. Лайнер, В. И. Защитные покрытия металлов [Текст]/ В. И. Лайнер, -М.: Металлургия, 1974. - 560 с.
7. Металлизация алмазов для буровых коронок / С.А. Ашинов, З.Ж. Беров, Н.И.Корнилов, А.И. Осецкий. –М.: ВИЭМС, 1989-27 с.

7.3 Периодические издания

1. «Сверхтвердые материалы».
2. «Порошковая металлургия и функциональные покрытия».

3. «СТИН».
4. «ПОВЕРХНОСТЬ. РЕНТГЕНОВСКИЕ, СИНХРОТРОННЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ».

7.4. Методические указания к лабораторным занятиям

Ю.Е. Спектров, Е.Д. Кравцова. Технология нанесения и свойства покрытий Методические указания к лабораторным работам. / Институт Цветных металлов и материаловедения. Красноярск, 2008. –87 с.

Жданов А.В. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технологические процессы нанесения покрытий методами вакуумных технологий». –Владимир, ВлГУ, 2013. –115 с.

7.5 Интернет-ресурсы

1. <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - научная электронная библиотека РФФИ.
2. <https://elibrary.ru/> - база данных Science Index (РИНЦ).
3. <https://www.studentlibrary.ru/> - ЭБС «Консультант студента».
4. <https://rusneb.ru/> - национальная электронная библиотека РГБ.
5. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань».
6. <https://iprbooks.ru/> - ЭБС «IPRbooks».
7. <https://urait.ru/> - ЭБС «Юрайт».

7.6 Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

При проведении занятий используются лицензионное программное обеспечение:

- Программное обеспечение средств антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1000-1500 Node 1 year Educational Renewal License (KL4863RAVFQ).
- Офисное программное обеспечение МойОфис Стандартный.
- Программное обеспечение для работы с документами формата PDF Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Level 1 (1-9) Education Named License 65297997BB01A12.
- Программное обеспечение для работы с PDF-документами. ABBYY FineReader 15 Business
- Программное обеспечение универсальная система для всестороннего статистического анализа и визуализации данных. Statistica Ultimate Academic for Windows 10 Russian/13 English на 500 пользователей Локальная версия (Named User).
- Программное средство-видеоредактор Movavi видеоредактор 15 SE Academic Edition.

Учебные комплекты программного обеспечения:

- КОМПАС-3D приложение "Проектирование и конструирование в машиностроении";
- КОМПАС-3D приложение «3D-моделирование для 3D-печати»;
- КОМПАС-3D для системы прочностного анализа;
- КОМПАС-3D пакет обновлений АРМ FEM для прочностного анализа;
- КОМПАС-3D приложение «гидрогазодинамика» KompasFlow.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях (аудиториях) для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Лабораторные работы, проводятся в специализированных компьютерном классе с современным компьютерным оборудованием, использующим в процессе обучения студентов программное обеспечение, прописанное в п. 7.7.

9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. обеспечение условий для присутствия сопровождающего ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
3. использование световой сигнализации дублирующую звуковую (например, тревожный сигнал противопожарной системы) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху;
4. обеспечение средствами аудио воспроизведения визуальной информации лекционных материалов, расписаний и других объявлений, относящихся к организации учебного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению;
5. наличие организационных и технических средств, обеспечивающих возможность доступа обучающихся в учебные помещения и в другие помещения университета, связанные с оказанием образовательных услуг, а также доступа к местам питания, гигиены и их комфортного пребывания в указанных местах для студентов с ОВЗ, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата. (расширенные дверные проемы, дополнительные поручни, пандусы, кнопки вызова обслуживающего персонала вспомогательных механизированных средств и приспособлений для перемещения между этажами здания образовательного учреждения и т.п.).

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочую программу по дисциплине «Технология нанесения покрытий в машиностроении» по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Профиль подготовки – Технологии цифрового производства на _____ учебный год.

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры «Технология и оборудование автоматизированного производства»

протокол № _____ от " ____ " _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой _____ /М.М. Яхутлов/