

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

Физико-математический факультет
Кафедра общей физики

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

«Теория и технология процессов производства, обработки и переработки
материалов и нанесения покрытий»

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.02.02**

Направление подготовки: **28.03.02 Наноинженерия**

Квалификация: **бакалавр**

Профиль подготовки: **Плазменные нанотехнологии**

Виды профессиональной деятельности: **научно-исследовательская и**
инновационная; проектно-конструкторская и проектно-
технологическая; организационно-управленческая

Разработчик доцент кафедры общей физики, к.ф.-м.н. О.А.Петрова

Казань 2017 г.

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Основной целью изучения дисциплины является формирование у будущих, бакалавров технологического мышления на основе знания технологических процессов производства материалов и покрытий, а также основ их проектирования.

1.2 Задачи дисциплины (модуля)

Основными задачами дисциплины являются:

- ознакомление студентов с многофункциональными критериальными системами комплексной разработки технологических процессов их получения и обработки; управления структурой и характеристиками конкретных групп материалов, полуфабрикатов и изделий;
- освоение практики расчетов основных технологических параметров и технологической оснастки для процессов порошковых технологий, получения покрытий, литья, переработки пластмасс
- расширение, углубление и закрепление теоретических знаний и сочетание теории с практикой достигается при выполнении лабораторных занятий в учебных аудиториях кафедры, а также в период производственной практики.

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ПК-1 способность в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	Фрагментарное знание технологии разработки макетов изделий и их модулей, программных средств и контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание технологии разработки макетов изделий и их модулей, программных средств и контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	Отличное знание технологии разработки макетов изделий и их модулей, программных средств и контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов
Умение разработать макеты изделий и их модулей, программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	Фрагментарное умение разработать макеты изделий и их модулей, программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разработать макеты изделий и их модулей, программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	Отличное умение разработать макеты изделий и их модулей, программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов
Владение навыками разработки макетов изделий и их модулей, применения контрольно-измерительную аппаратуры для определения технических характеристик макетов	Фрагментарное владение навыками разработки макетов изделий и их модулей, применения контрольно-измерительную аппаратуры для определения технических характеристик макетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками разработки макетов изделий и их модулей, применения контрольно-измерительную аппаратуры для определения технических характеристик макетов	Отличное владение навыками разработки макетов изделий и их модулей, применения контрольно-измерительную аппаратуры для определения технических характеристик макетов
ПК-7 способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проектных работах по созданию нанообъектов, и производству модулей и изделий на их основе			

Знание порядка проведения проектных работ по созданию нанообъектов, и производству модулей и изделий на их основе	Фрагментарное знание порядка проведения проектных работ по созданию нанообъектов, и производству модулей и изделий на их основе	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание порядка проведения проектных работ по созданию нанообъектов, и производству модулей и изделий на их основе	Отличное знание порядка проведения проектных работ по созданию нанообъектов, и производству модулей и изделий на их основе
---	---	---	--

3. Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Распределение фонда времени по видам занятий

Виды учебной работы	Общая трудоемкость		Семестр: 8	
	в ЗЕ	в час		
			в ЗЕ	в час
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	4	144	4	144
<i>Аудиторные занятия</i>	1	36	1	36
Лекции	0.25	9	0,5	18
Лабораторные работы	0.75	27	0,5	18
Практические занятия	-	-	-	
<i>Самостоятельная работа студента</i>	2	72	1	36
Проработка учебного материала	2	72	1	36
Курсовой проект	-		-	
Курсовая работа	-		-	
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36		
Промежуточная аттестация:	экзамен			

2.2 Содержание дисциплины (модуля)

2.2 Содержание дисциплины (модуля)

Модуль 1. Теоретические основы технологических процессов литья
Тема 1.1. Литейные свойства расплавленного металла

Виды взаимодействия между отливкой и формой. Силовое воздействие
Тепловое воздействие
Химическое воздействие. Свойства литейной формы. Литейные свойства расплавленного металла. Температура. Вязкость. Поверхностное натяжение, смачиваемость. Особенности перехода материалов из жидкого состояния в кристаллическое. Литейные свойства сплавов (жидкотекучесть, усадка) и их влияние на качество отливок.

Литература: [2]

Тема 1.2. Гидравлические и тепловые процессы в литейной форме

Процесс заполнения форм жидким сплавом. Законы гидростатики и гидродинамики. Уравнение Бернулли

Тепловое, силовое и физико-химическое взаимодействие отливки и литейной формы. Процессы, происходящие при заполнении литейной формы. Формирование структуры отливки
Типы кристаллических структур сплавов в отливках
Структурные зоны отливок. Распределение примесей в структуре. Дендритная, зональная ликвация. Влияние структуры отливок на их свойства. Регулирование кристаллизационных процессов
Литература: [2]

Тема 1.3. Теория кристаллизации сплавов

Кристаллизация чистых металлов и структура слитков
Параметры кристаллизации

Регулирование кристаллизационных процессов. Неравновесная кристаллизация и развитие ликвации.

Термодинамическая теория кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное образование зародышей кристаллизации.

Влияние технологических факторов и конфигурации отливки на затвердевание.

Инженерные методы расчета затвердевания отливок. Расчет толщины стенок изложниц.

Усадочные процессы. Физическая природа усадки. Усадочная пористость. Расчет объема усадочных раковин. Влияние технологических факторов и состава сплава на формирование усадочных раковин. Прибыли и их классификация, расчет параметров прибылей. Усадочные деформации и трещины. Брак отливок и борьба с ним. Развитие напряжений в отливках

Литература: [2]

Тема 1.4. Принципы проектирования литниковых систем

Литейная форма, ее элементы, назначение. Требования, предъявляемые к литейным формам.

Классификация литейных форм.

Способы изготовления отливок. Непрерывное литье. Электрошлаковое литье, монокристаллическое литье, метод направленной кристаллизации.

Технологичность конструкций литых деталей. Выбор рационального способа изготовления отливок металла

Литература: [1,2]

Модуль 2. Переработка полимерных материалов

Тема 2.1 Методы получения изделий из волокнистых и слоистых материалов

Методы формования изделий из волокнистых материалов. Контактное формование, напыление, пропитка под давлением, намотка.

Методы формования изделий из слоистых композиционных материалов. Контактное формование, вакуумное формование, пневматическое формование. Негативные позитивные и свободные методы формования.

Литература: [4]

Тема 2.2 Сварка изделий из пластичных масс

Основные стадии процесса сварки. Механизм образования сварных соединений.

Методы повышения свариваемости

Сварка нагретым инструментом, нагретым газом, ИК-излучением сварка ТВЧ, СВЧ, сварка трением, УЗ-сварка.

Литература: [3]

Тема 2.3 Технология нанесения покрытий на основе полимерных порошковых материалов

Способы нанесения порошковых покрытий. Способы, основанные на псевдооживлении порошков (нанесение в кипящем слое); способы, основанные на распылении порошков с одновременной электризацией их частей (распыление в электрическом поле высокого напряжения); способы, основанные на распылении частиц с их нагревом в момент распыления или при контакте с окрашиваемой поверхностью (струйное распыление).

Литература [5]

Модуль 3. Порошковая металлургия

Тема 3.1. Основные методы производства порошков и волокон из металлических и неметаллических материалов и методы их контроля

Механические методы- получения порошков: дробление, размол, диспергирование, грануляция, экструзия, чешуирование.

Физико-химические методы получения порошков: восстановление, электролиз, термодиффузионное насыщение, испарение и конденсация, межкристаллитная коррозия, карбонильный метод.

Методы получения композиционных порошков: механическое легирование, плакирование, конгломерирование, комбинированные методы. Свойства композиционных порошков.

Свойства порошков - химические, физические (гранулометрический состав, фракционный состав, удельная поверхность, пикнометрическая плотность, форма порошков), технологические (угол естественного откоса, насыпная плотность, плотность утряски, текучесть, уплотняемость, прессуемость, формуемость)

Литература дополнительная: [9, стр.5-14; 11, стр. 29-65]

Тема 3.2. Методы формования порошков и волокон

Отбор и подготовка проб. Классификация материалов. Предварительная тепловая обработка сырья - сушка, подогрев, отжиг. Приготовление смесей (цели смешения, идеальная смесь, основной и ключевой компонент смеси, коэффициент неоднородности смеси).

Методы получения порошковых смесей с дисперсной фазой одного из компонентов: механическое смешение, "химическое" смешение, внутреннее окисление или азотирование, гидрометаллургические методы (водородное восстановление в растворах, химическое соосаждение из растворов солей с последующим восстановлением).

Прессование в металлических прессформах. Схемы прессования.

Изостатическое формование: гидро-, газостатическое прессование, формование в толстостенных эластичных оболочках. Технология ТИП при изготовлении жаропрочных деталей ГТД. Комбинированные технологии ТИП.

Прокатка порошков. Виды прокатки. Условия устойчивого протекания процесса. Степень уплотнения при прокатке.

Экструзионное формование. Сущность метода. Устройство шнек-винта, его параметры. Технологические разновидности экструзионных машин. Формующие элементы экструдеров их параметры.

Вибрационное формование. Разновидности вибрационного формования. Их преимущества и недостатки.

Шликерное формование. Достоинства и недостатки метода. Требования, предъявляемые к шликерам. Особенности формования в пористых и непористых формах.

Мундштучное формование.

Импульсное формование.

Литература дополнительная: [9, стр. 14-26; 11, стр. 15-21, 115-160]

Тема 3. 3. Спекание материалов

Общая характеристика процесса. Стадии спекания. Двухчастичная модель спекания. Основные закономерности процесса спекания. Твердофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем.

Движущие силы процессов переноса вещества в зону шейки контакта двух частиц. Уравнение Лапласа.

Механизмы массопереноса: перенос вещества через газовую фазу, поверхностная диффузия, объемная диффузия, вязкое течение.

Процессы рекристаллизации при спекании. Уплотнение при нагреве. Уравнение Ивенсена. Особенности спекания многокомпонентных систем. Жидкофазное спекание. Основные стадии. Горячее прессование.

Спекание многокомпонентных систем. Спекание систем с полной и ограниченной взаимной растворимостью. Спекание систем с нерастворимыми компонентами. Жидкофазное спекание.

Обработка порошковых изделий. Термическая, химико-термическая, термомеханическая и дисперсионно-упрочняющая обработка, защита от коррозии и механическая обработка.

Литература дополнительная [9, стр. 26-35; 11, стр. 220-225]

Модуль 4. Технологические процессы нанесения неорганических покрытий

4Л. Физико-химические свойства поверхности твердого тела

Характеристика поверхности твердых тел

Поверхностная энергия. Строение и свойства поверхностного слоя. Физическая и химическая адсорбция. Уравнения Генри, Ленгмюра.

Подготовка поверхности при нанесении покрытий: механические, электрофизические, ионно-химические, электродуговые, электроннолучевые методы. Термическая обработка

поверхностей.

Классификация методов воздействия на поверхность деталей по условиям формирования слоя: методы модифицирования и методы нанесения покрытий.

Литература дополнительная: [14, стр. 118-127, 17, стр. 351-357]

4.2. Газотермические процессы нанесения неорганических покрытий

Классификация газотермических процессов: по виду энергии, применяемого для распыления, по виду распыляемого материала, виду защиты поверхности напыления, по периодичности осуществления процессов. Преимущества и недостатки технологии газотермического напыления. Сравнительная характеристика различных методов напыления. Область применения газотермических покрытий.

Характеристика плазменного процесса напыления. Понятие плазмы. Получение плазмы. Энергия диссоциации и энергия ионизации различных элементов. Краткая характеристика свойств основных плазмообразующих газов. Принципиальная схема и процесс плазменного напыления. Схема работы плазменного распылителя. Виды плазменной струи. Виды плазмотронов.

Характеристика газопламенного напыления проволокой, прутком и порошком. Схема газопламенного напыления. Применяемые газы. Характеристики газопламенных покрытий. Схема высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF - High Velocity Oxygen Fuel). Сопло Лавалья. Технические характеристики HVOF - установок и покрытий. Типичная микроструктура HVOF-покрытия.

Характеристика детонационно-газового напыления. Применяемые газы. Характеристики детонационных покрытий.

Литература дополнительная: [14, стр. 230-259, 283-311]

4.3. Управление формированием и свойствами газотермических покрытий

Управление формированием и свойствами газотермических покрытий. Этапы процесса формирования покрытия. Температура и скорость процесса.

Очаги схватывания. Силы взаимодействия между частицами: механическое зацепление, силы физического межмолекулярного взаимодействия, силы химического взаимодействия. Влияние температуры (перегрева), окисления, скорости напыляемых частиц на величину адгезии и когезии.

Теория топохимических реакций при сварке материалов Красулина Ю.Л., Шоршорова М.Х. Три стадии взаимодействия основы с материалом частиц покрытия. Уравнение топохимической реакции.

Температура контакта жидкая частица - твердая основа. Термический цикл микросварки частицы с основой. Длительность взаимодействия.

Удар частиц. Абсолютная и относительная скорости деформации.

Энергия активации процесса создания прочного покрытия.

Объемное взаимодействие. Формирование слоя покрытия. Его свойства. Причины низкой прочности сцепления покрытия с основой.

Причины появления остаточных напряжений: термические условия напыления, различия в теплофизических свойствах материалов, фазовые превращения в материале покрытия. Технологические способы регулирования остаточных напряжений.

Строение покрытия. Структурные элементы покрытия. Типичные структуры газотермических покрытий.

Основные показатели качества покрытий. Роль остаточных напряжений.

Прочность сцепления покрытия с основой (адгезионная прочность). Зависимость адгезионной прочности покрытия его толщины. Прочность покрытия (когезионная прочность), пористость покрытия. Выбор состава покрытия и его толщины в зависимости от величины коэффициента линейного расширения материалов и модуля Юнга покрытия и основы.

Материалы, применяемые для напыления: металлические, керамические, полимерные, композиционные. Особенности порошков, применяемых для газотермического напыления: требования по гранулометрическому составу, форме, плотности.

Литература дополнительная: [5, 14, 17, 18, 19]

4.4. Методы вакуумного конденсационного нанесения неорганических покрытий
Обобщенная схема вакуумного конденсационного напыления. Классификация процессов по степени вакуума в камерах. Классификация способов: по способам распыления материала и формирования потока напыленных частиц, по энергетическому состоянию напыляемых частиц, по способу взаимодействия напыляемых частиц с остаточными газами камеры. Область применения вакуумных способов напыления. Основные преимущества вакуумных покрытий по сравнению с газотермическими.

Основные общие параметры вакуумного напыления: конструкционные параметры вакуумных камер. Параметры режима работы распылителя, параметры распыляемого материала, параметры, характеризующие внешние условия напыления, параметры потока напыляемых частиц.

Физическое осаждение покрытий (PVD). Схема установки вакуумного напыления с испарением наносимого материала электронным лучом. Трехзонная модель электронно-лучевых покрытий. Граничные температуры.

Методы ионно-плазменного напыления. Дуговое испарение-распыление. Метод КИБ (катодно-ионная бомбардировка). Область применения метода.

Конденсационно-диффузионные ионно-плазменные покрытия.

Магнетронное распыление. Схема магнетронного распыляющего устройства.

Химическое осаждение покрытий (CVD). Схема установки для нанесения покрытий методом CVD. Основные этапы формирования покрытий из исходных веществ. Карбидные, нитридные, боридные CVD-покрытия.

Литература [2, стр. 17-3; 3, стр.45-60; 14, стр. 453-472, 486-495, 539-542]

4.5. Комбинированные процессы нанесения защитных покрытий

Основные технологические процессы нанесения покрытий на детали ГТД.

Износостойкие покрытия на бандажных полках и пере лопаток компрессора. Материалы и способы напыления.

Уплотнительные покрытия на сопловом аппарате ГТД. Материалы и способы напыления.

Теплозащитные покрытия на деталях камеры сгорания, лопатках турбины. Материалы теплозащитных покрытий. Способы их напыления.

Жаростойкие покрытия на лопатках турбины, соплового аппарата. Материалы и способы напыления, осаждения.

Литература дополнительная: [14, стр. 405—449; 16, стр. 226-359]

2.3 Курсовой проект /курсовая работа

Курсовая работа представляет собой самостоятельный выбор и расчет основных технологических параметров или оснастки, используемой для производства, обработки и переработки материала или нанесения покрытия

В курсовой работе приводится: -описание служебного назначения детали; - описание условий эксплуатации детали (температуры, нагрузок, коррозионной среды); -выбор способа получения, обработки, переработки материалов и нанесения покрытий;-выбор материала детали и его обоснование; -выбор основного оборудования, режущего, измерительного инструмента, приборов, приспособлений для контроля параметров технологических операций;- выбор и расчет основных технологических параметров или оснастки, используемой для производства, обработки и переработки материала или нанесения покрытия;- основные технологические операции разрабатываемого технологического процесса производства, обработки или переработки материалов и нанесения покрытий или их контроля качества. Методика выполнения курсовой работы рассматривается на практических занятиях и поясняется при выдаче задания.

Литература: [1]

4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1.1. Основная литература

4.1.1.1. Основная литература

1. Ильинкова, Т. А. Теория и технология процессов производства, обработки и переработки материалов и нанесения покрытий [Электронный ресурс] : учеб, пособие / Т. А. Ильинкова, А. В. Черноглазова ; Мин-во образ-я и науки РФ, КНИТУ-КАИ им. А.Н.

Туполева. - Электрон, текстовые дан. - Казань, 2012. - 73 с. - Режим доступа: <http://www.elaiibrary.kai.ru>, свободный. — Загл. с экрана

2. Чернышов Е. А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки : учебник для студ. вузов / Е. А. Чернышов, А. И. Евстигнеев. - М. : Машиностроение, 2015. - 480 с.

3. Сварка труб из полимерных материалов [Электронный ресурс] : учеб, пособие, под ред. проф. Э. Р. Галимова ; Мин-во образ-я и науки РФ, КНИТУ- КАИ им. А.Н. Туполева. - Электрон, текстовые дан. - Казань : [б. и.], 2012.-129 с.-Режим доступа: [http://10.114.98.2/dsweb/Get/Resource-1551/СВарКа труб из пол. матер](http://10.114.98.2/dsweb/Get/Resource-1551/СВарКа%20труб%20из%20пол.%20матер) Учебное пособие Максимов, Черноглазова Сударев Куртаева Горбунов.

4. 4.Баженов, Сергей Леонидович. Механика и технология композиционных материалов / С. Л. Баженов. - Долгопрудный : Интеллект, 2014. - 328 с.

5. Материаловедение. Технология композиционных материалов : учебник для студ. вузов / А. Г. Кобелев [и др.]. - М. : КНОРУС, 2016. - 270 с.

4.1.2 Дополнительная литература

6. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии. В 2-х томах т.2. Формование и спекание, М.: МИСИС, 2001, 320 с.

7. Галимов Э.Р., Исмаилова А.Г., Галимова Н.Я. и др. Полимерные материалы: структура, свойства и применение (учебное пособие), Казань: Изд-во Казан, гос. техн. ун-та, 2001,187 с.

8. А.М.Дальский Технология конструкционных материалов М.: Машиностроение, 2005, 592 с.

9. Литейное производство, под ред. Куманина И.Б. . -М. Машиностроение, 1971.-320с.

10. Новые материалы, под н. ред. Ю.С. Карабасова, М.: МИСИС,2002,736с

11. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий, М.: Ин- термет.: 2004. 623 с.

12. Елисеев Ю.С., Бойцов А.Г., Крымов В.В., Хворостухин Л.А. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение. 2003 ,510 с.

13. Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов, М.: Интернет Инжинеринг, 2001, 302 с.

14. Порошковая металлургия и напыленные покрытия, под ред. Митина Б.С. . М.: Металлургия, 1987.-792 с.

14. М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутьлина Аддитивные технологии в машиностроении// Изд-во политехи, ун-та. -Санкт-Петербург.-2013.- 221 с.

4.1.3 Методическая литература к выполнению практических и/или лабораторных работ

1. Технология изготовления изделий из полимерных материалов : лабо- рат. практикум /Э.Р. Галимов, Ю.И. Сударев, А.В.Черноглазова и др.; Мин-во образования и науки РФ; КГТУ им. А.Н. Туполева .-2007, - 80 с. (250шт)

2. Порошковая металлургия и защитные покрытия: лабораторный практикум / Ильинкова Т.А., Черноглазова А.В., Валиев Р.Р. Казань.: Изд-во Казан, гос. техн ун-та, 2012, 136 с

3. Технология конструкционных материалов/Практикум (рекомендовано УМЦ) //Черноглазова А.В., Корнилова Е.Р., Ильинкова Т.А., Беляев А.В. - 2012. - 120 с.

4.3 Основное информационное обеспечение

4.2.1 Основное информационное обеспечение

1. Черноглазова А.В., Ильинкова Т.А. «Теория и технология процессов производства, обработки и переработки материалов и нанесения покрытий» [Электронный ресурс] : курс дистанц. обучения по направлению подготовки 150100.62 «Материаловедение и технология материалов» ФГОС 3/КНИТУ-КАИ, Казань, 2014.- Доступ по логину и паролю. URL:

4.2.2 Дополнительное справочное обеспечение

1. ОСТ 1. 42141-02. Нормативы расхода сплавов при изготовлении фасонных отливок.
2. ОСТ 41009-80. Нормирование расхода металла штампованных заготовок.

4.3 Кадровое обеспечение

4.3.1 Базовое образование

Высшее образование в предметной области *физика* и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области *физика атомов и атомных явлений* и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

4.3.2 Профессионально-предметная квалификация преподавателей

Наличие научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению *физика атома и атомных явлений*, выполненных в течение трех последних лет.

4.3.3 Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей

Высшее образование в предметной области материаловедения и технологии материалов и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования - профессиональной переподготовки в области материаловедения и технологии материалов и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

4.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В табличной форме указывается наименование основных и специализированных учебных лабораторий/аудиторий/кабинетов с перечнем специализированной мебели и технических средств обучения, средств измерительной техники и др., необходимых для освоения заданных компетенций.

Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса (с указанием)	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения	Количество единиц
для лекционных занятий:	1 зд. Ауд.320,322,323	компьютер, интерактивная доска, маркерная доска, мультимедийный проектор	
2.3 Сварка полимерных материалов	Сварочная лаборатория 1 здание	Сварочная машина для сварки труб из полиэтилена, разрывная машина для испытания на растяжение образцов.	1 1

Тема 2.4. Защитные покрытия на основе полимерных порошковых материалов	Лаборатория нанесения покрытий	Комплекс оборудования для электростатического напыления покрытий, печь для пленкообразования покрытий. Прибор по испытанию адгезии покрытий методом отскока	
3.1. свойства порошков	Технологическая лаборатория 327 ауд., 1	Весы, разновесы, волюмометр, воронка, пикнометры, набор порошков.	
Тема 3.2. Методы формования порошков и волокон Тема 3.3. Спекание материалов	Термическая лаборатория 331 ауд., 1 здание	Печи для т.о., аналитические весы, разновесы, набор стеклянных стаканов, Приспособление для испытания прессовок на изгиб. Набор порошковых прессовок.	
Тема 4.2. Газотермические процессы нанесения неорганических покрытий	Металлографическая лаборатория 325 ауд., 1 здание	Прибор для электроискрового легирования, аналитические весы, набор пластинок углеродистой стали, электроды для легирования типа ВК. Микроскопы Метам-ЛВ-32. Набор микрошлифов. Методический материал. 9,10, 12, 15. Микроскопы Метам-ЛВ- 32.	
для самостоятельной работы	читальн. зал 8 уч.зд.	Компьютеры с установленным ПО: - операционная система Windows; - пакет приложений MS Office; - антивирусная программа KasperskyEndpointSecurity; и подключением к сети в Интернет	12

Лицензионное программное обеспечение, установленное на всех компьютерах:

- операционная система Windows;
- пакет приложений MS Office;
- антивирусная программа Kaspersky Endpoint Security