**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по химико-технологическому образованию

|  |
| --- |
| **УТВЕРЖДАЮ**  Первый заместитель Министра образования Республики Беларусь  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.А.Старовойтова  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Регистрационный № ТД-\_\_\_\_\_/тип. |

**ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ**

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине для специальности**

**1-36 07 02 Производство изделий на основе трехмерных технологий**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО** | **СОГЛАСОВАНО** |
| Начальник управления  электроники и приборостроения,  электротехнической,  оптико-механической и станкоинструментальной промышленности  Министерства промышленности  Республики Беларусь  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. С. Турцевич  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ | Начальник Главного управления профессионального образования Министерства образования  Республики Беларусь  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С. А. Касперович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ |
| **СОГЛАСОВАНО** | **СОГЛАСОВАНО** |
| Председатель Учебно-методического объединения по химико-технологическому образованию  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И. В. Войтов  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ | Проректор по научно-методической работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И. В. Титович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ |
|  | Эксперт-нормоконтролер  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_\_ |

Минск 2019

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Е. И. Кордикова** – доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра «Инновационные процессы» филиала Белорусского национального технического университета «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»

**А. И. Свириденок** – заместитель директора по научно-исследовательской работе Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова» Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, академик Национальной академии наук Беларуси.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

(протокол № 5 от 28 ноября 2017 г);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

(протокол № 3 от 29 декабря 2017 г);

Научно-методическим советом по машинам и аппаратам химических, пищевых и текстильных производств Учебно-методического объединения по химико-технологическому образованию

(протокол № 1 от 15.01.2018 г);

Ответственный за редакцию: Е. И. Кордикова

Ответственный за выпуск: Е. И. Кордикова

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Основы материаловедения и структурообразования» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» и типового плана специальности.

Основы материаловедения и структурообразования – одна из основных учебных дисциплин специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

**Цель** дисциплины – предоставить студентам необходимые систематические знания в области материаловедения и структурообразования материалов и процессов, применяемых в аддитивных технологиях.

З**адача** дисциплины – предоставить студентам информацию о свойствах и технологии получения материалов аддитивного синтеза (металлов, полимеров, композиционных материалов, керамики), структуру и свойства материала в изделии, полученном по аддитивным технологиям с целью обоснования оптимальных технологических параметров и показателей свойств при создании изделий.

**Связь с другими учебными дисциплинами**

Дисциплина «Основы материаловедения и структурообразования» является базой для изучения таких дисциплин специальности, как «Механика материалов аддитивного синтеза» и «Аддитивные технологии в промышленности».

Для успешного усвоения дисциплины «Основы материаловедения и структурообразования» необходимы знания по математике, физике, общей и неорганической химии.

**Требования к освоению учебной дисциплины**

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

– виды исходных материалов для аддитивных технологий;

– особенности методов получения компонентов материалов, способы хранения и переработки;

– особенности физико-механических и технологических свойств термопластичных и термореактивных полимеров, металлов, стекла, керамики и вяжущих как основы материалов для аддитивного синтеза, волокнистых и порошковых наполнителей, модифицирующих добавок различного назначения;

– особенности структурообразования материалов на стадии производства изделий по трехмерным технологиям;

– принципы создания гибридных и анизотропных структур материалов в процессе производства по трехмерным технологиям;

– особенности свойств материалов в зависимости от параметров переработки;

– основные методы изучения структурных параметров и технологических свойств исходных материалов и материалов в готовых изделиях;

– области эффективного применения материалов различного типа;

**уметь:**

– выбирать материалы (полимерные, металлические, керамические и др.) и наполнители (дисперсные, волокнистые), тип структуры при проектировании изделий с учетом особенностей аддитивных технологий и условий эксплуатации;

– выбирать вид трехмерной технологии по критериям наибольшей эффективности обеспечения эксплуатационных свойств материалов в изделиях;

**владеть:**

– методологией выбора материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований;

– навыками обоснования и принятия решений о режимах технологии переработки материалов в изделия;

– навыками управления процессами получения материалов с заданными свойствами;

– навыками выбора методики, осуществления необходимых экспериментов и интерпретации их результатов.

**Требования к компетенциям специалиста**

*Академические компетенции*

Студент должен:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-10. Уметь создавать и использовать в своей деятельности объекты интеллектуальной собственности.

*Социально-личностные компетенции*

Студент должен:

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

*Профессиональные компетенции*

Студент должен быть способен:

ПК-2. Анализировать и объективно оценивать достижения науки в области полимерных и композиционных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития.

– ПК-5. Разрабатывать методы и технические средства экспериментального исследования материалов, изделий и процессов, метрологического, программного, организационно-методического обеспечения.

– ПК-6. Организовывать и проводить экспериментальные исследования материалов, изделий, технологических процессов и элементов технологического оборудования по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований.

– ПК-9. Разрабатывать на изделия, получаемые по трехмерным технологиям производства, средства испытаний и элементы технологического оборудования следующую техническую документацию:

– проектную конструкторскую – аванпроект, техническое предложение, эскизный и технический проект;

– рабочую конструкторскую, эксплуатационную и ремонтную;

– технологическую – для стадий предварительного проекта, опытного образца и серийного производства;

– информационную – патентный формуляр, карты технического уровня, каталоги;

– нормативную – технические условия, сертификаты, инструкции и другие нормативные документы на изделия.

– ПК-26. Организовывать собственный труд и работу других исполнителей в соответствии с поставленными задачами, условиями и сроками их выполнения.

**Структура и содержание учебной дисциплины**

На изучение дисциплины отводится всего 334 часа, в том числе 176 часов аудиторных занятий, из них 108 часов лекций и 68 часов лабораторных занятий.

Рекомендуемые формы контроля знаний – зачет и экзамен.

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество  аудиторных часов | | |
| Лекции | Лабораторные  занятия | Всего |
| **1** | **Введение** | **6** | **–** | **6** |
| **2.** | **Полимерные материалы для аддитивных технологий** | **26** | **18** | **44** |
| 2.1. | Классификация полимерных материалов | 2 | – | 2 |
| 2.2. | Вязкие свойства полимерных материалов | 2 | 6 | 8 |
| 2.3. | Кинетика отверждения термореактивных материалов | 6 | 8 | 14 |
| 2.4. | Дисперсные полимерные материалы | 6 | – | 6 |
| 2.5. | Прутковые полимерные материалы | 6 | 2 | 8 |
| 2.6. | Листовые полимерные материалы | 2 | 2 | 4 |
| 2.7. | Полимеры со специальными свойствами | 2 | – | 2 |
| **3.** | **Наполненные полимерные материалы для аддитивных технологий** | **24** | **18** | **42** |
| 3.1. | Назначение наполнителя | 4 | – | 4 |
| 3.2. | Волокнистые наполнители | 8 | 8 | 16 |
| 3.3. | Дисперсные наполнители | 4 | 6 | 10 |
| 3.4. | Технологии получения прутков и свойства композиционных материалов | 8 | 4 | 12 |
| **4.** | **Вспомогательные материалы** | **4** | **–** | **4** |
| **5.** | **Металлические материалы для аддитивных технологий** | **22** | **14** | **36** |
| 5.1. | Классификация металлов и сплавов, применяемых в аддитивных технологиях | 8 | 4 | 12 |
| 5.2. | Порошковые композиции на основе металлов | 6 | 2 | 8 |
| 5.3. | Методы изготовления изделий из порошковых металлических материалов | 4 | 4 | 8 |
| 5.4. | Металлические проволочные и листовые материалы | 4 | 4 | 8 |
| **6.** | **Керамические материалы для аддитивных технологий** | **14** | **14** | **28** |
| 6.1. | Классификация керамик | 4 | – | 4 |
| 6.2. | Порошкообразные керамические материалы | 6 | 6 | 12 |
| 6.3. | Пастообразные керамические материалы | 4 | 8 | 12 |
| **7.** | **Вяжущие материалы для аддитивных технологий** | **6** | **–** | **6** |
| **8.** | **Методы доработки материалов и изделий** | **6** | **4** | **12** |
| **Всего** | | **108** | **68** | **176** |

**2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

**1. Введение**

Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Преимущества, перспективы и проблемы. Характеристика рынка, целевые задачи, отрасли использования, критерии выбора аддитивных технологий. Аддитивные технологии в Беларуси.

Терминология и классификация аддитивных технологий по формированию слоя, подводу энергии, используемому материалу. Классификация по стандарту ASTM. Краткая характеристика процессов.

Классификация применяемых материалов: жидкие фотополимеры, сыпучие (полимеры, металлы, пески), прутковые (полимеры, металлы, армированные и наполненные полимеры); листовые (полимеры, металлы).

**2. Полимерные материалы для аддитивных технологий**

*2.1. Классификация полимерных материалов*

Классификация полимерных материалов: термопласты, реактопласты. Механические, теплофизические и диэлектирические свойства. Влияние молекулярной структуры, условий получения и внешней среды. Области применения.

*2.2. Вязкие свойства полимерных материалов*

Вязкие свойства полимерных материалов. Законы течения. Влияние параметров на показатели вязкости. Методы определения показателей вязких свойств полимерных и олигомерных материалов.

*2.3. Кинетика отверждения термореактивных материалов*

Кинетика отверждения термореактивных материалов. Воздействие тепла, УФ излучения, лазера. Методы описания и определения параметров. Тепловые эффекты при отверждении.

Примеры фотополимеров: акриловые, эпоксидные и др. Особенности прохождения реакций, физико-механические и технологические свойства, структура, получение, использование.

*2.4. Дисперсные полимерные материалы*

Дисперсные (порошкообразные) полимерные материалы. Методы получения порошков и контроля параметров. Основные технологические свойства порошков.

Примеры порошкообразных полимерных материалов: ПА, ПС, ПММА и др. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

*2.5. Прутковые полимерные материалы*

Прутковые (нитевидные) полимерные материалы. Получение прутков. Основные технологические свойства непрерывных полимерных материалов.

Примеры прутковых полимерных материалов: ПА, АБС-подобные, ПС, ПЛА и др. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

*2.6. Листовые полимерные материалы.*

Листовые (пленочные) полимерные материалы. Получение пленок. Примеры используемых полимеров. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

*2.7. Полимеры со специальными свойствами.*

Полимеры со специальными свойствами. Добавки, изменяющие основные характеристики полимеров (пластификаторы, стабилизаторы, модификаторы, пигменты).

**3. Наполненные полимерные материалы для аддитивных технологий**

*3.1. Назначение наполнителя.*

Назначение наполнителя. Основные требования. Классификация. Волокнистые и дисперсные наполнители, особенности структуры и свойств. Роль наполнителей в формировании свойств.

*3.2. Волокнистые наполнители.*

Волокнистые наполнители. Стеклянные элементарные волокна. Классификация, способы получения, физико-механические свойства.

Стекловолокнистые материалы (нити, ровинги). Способы получения. Особенности свойств. Области применения. Модифицирование поверхности наполнителя.

Углеродные волокна, получение, классификация, структура и физико-механические характеристики. Углеродные волокнистые материалы (нити), особенности свойств. Области применения.

Волокнистые и дисперсные наполнители растительного происхождения (древесные волокна и отходы переработки древесины; лен, льнокостра). Особенности свойств. Области применения.

*3.3. Дисперсные наполнители*

Дисперсные наполнители. Классификация, особенности свойств, влияние на свойства полимерных материалов. Примеры дисперсных наполнителей: мел, тальк, каолин, металлические порошки, нанотрубки и др.

*3.4. Технологии получения прутков и свойства композиционных материалов.*

Технологии получения прутков. Параметры технологического процесса влияющие на физико-механические и технологические свойства получаемых стренг (прутков), структура, использование.

Однонаправленные материалы. Особенности метода получения стренг на основе термопластичных полимеров и непрерывных стеклянных или углеродных наполнителей. Параметры структуры и свойства однонаправленных материалов. Получение изделий.

Композиции дисперсных наполнителей с полимерными матричными материалами. Особенности метода получения стренг. Параметры структуры и свойства. Получение изделий.

**4. Вспомогательные материалы**

Материалы платформы. Устройство и назначение платформы, используемые подходы и материалы для обеспечения направленной адгезии. Материалы платформы: стекло, металлы, акрил и др.

Поддерживающие материалы. Назначение, основные требования к поддерживающим материалам. Примеры, использование, свойства.

**5. Металлические материалы для аддитивных технологий**

*5.1. Классификация металлов и сплавов, применяемых в аддитивных технологиях*

Классификация металлов и сплавов, применяемых в аддитивных технологиях. Основные физико-механические и технологические свойства. Волокнистые и порошкообразные металлы и сплавы. Методы контроля свойств.

*5.2. Порошковые композиции на основе металлов*

Порошкообразные металлы. Классификация и основные характеристики процессов производства металлических порошков: механические, химико-металлургические. Процессы диспергирования расплава, газовая, вакуумная, центробежная атомизация.

Примеры металлических порошков: Al, Cu, Ti-Al, Ag, Au, Co-Cr, Ni-Fe, инструментальные стали. Основные свойства, используемые методы контроля параметров, применение.

Порошковые композиции на основе металлов. Процессы подготовки и смешивания порошков. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

*5.3. Методы изготовления изделий из порошковых металлических материалов*

Методы изготовления изделий из порошковых металлических материалов. Процессы уплотнения и спекания. Сущность и технологические основы спекания.

Классификация методов спекания (твердофазное, жидкофазное). Механизмы процесса, стадии спекания. Термическая постобработка.

*5.4. Металлические проволочные и листовые материалы*

Металлические проволочные материалы. Получение прутков. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

Листовые металлические материалы. Получение фольги. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование.

**6. Керамические материалы для аддитивных технологий**

*6.1. Классификация керамик*

Классификация керамик, применяемых в аддитивных технологиях. Основные физико-механические и технологические свойства. Методы контроля свойств.

*6.2. Порошкообразные керамические материалы*

Порошкообразные керамические материалы. Методы получения: совместное соосаждение, распыление, криогенный и др.

Примеры керамических порошков для аддитивных технологий: пески кварцевые, циркониевые, глины и др. Получение порошковых композиции. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование. Термическая постобработка.

*6.3. Пастообразные керамические материалы*

Пастообразные керамические материалы. Получение паст (коллоидных систем).

Физико-механические и технологические свойства пастообразных керамических материалов, структура, использование. Термическая постобработка.

**7. Вяжущие материалы для аддитивных технологий**

Классификация вяжущих, применяемых в аддитивных технологиях. Основные физико-механические и технологические свойства. Методы контроля свойств.

Примеры вяжущих материалов: бетоны, цементы, строительные смеси, и др., в том числе наполненные. Технологии получения, особенности свойств, применение.

**8. Методы доработки материалов и изделий.**

Механическая обработка изделий полученных по аддитивным технологиям. Отделение от стола, удаление поддержки, сверление, фрезерование и др.

Химическая обработка. Удаление поддержки, повышение качества поверхности. Растворители для химической обработки, растворимость основного материала и материала поддержки. Применение методов для обработки поверхности: окунание, распыление и др.

Соединение деталей. Печать изделий из нескольких материалов для термодинамически несовместимых полимеров. Разработка сборной конструкции на стадии проектирования.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Перечень основной литературы**

1. Материаловедение: Уч. пос. для вузов / Тарасенко Л. В. – НИЦ Инфра-М, 2017. – 475с.

2. Материаловедение: от технологии к применению. Металлы, керамики, полимеры // Каллистер У. Д. – Профессия, 2015. – 900 с.

3. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие – 4-е испр. и доп. изд. / под ред. Л.А. Берлина. – СПб.: ЦОП Профессия, 2014. – 592 с.

4. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты // Перепелкин К. Е. – СПб.: ЦОП Профессия, 2015. – 380 с.

5. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. // Михайлин Ю.А. – СПб.: ЦОП Профессия, 2015. – 822 с.

6. Методы получения нанодисперсных порошков // Винников В. П., Генералов М. Б. – СПб.: ЦОП Профессия, 2016. – 240 с.

7. Азбука бетона // Зоткин А. Г. – СПб.: ЦОП Профессия, 2017. – 244 с.

**Перечень дополнительной литературы**

1. Фотохимия полимеров и красителей // Сафонов В.В. – СПб.: ЦОП Профессия, 2014. – 296 с.

2. Полимерные оптические материалы // Серова В.Н. – СПб.: ЦОП Профессия, 2015. – 384 с.

3. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников // Под ред. Лонг Ю, Перевод с англ. под ред. Кулезнева В. Н. – СПб.: ЦОП Профессия, 2013. – 360 с.

4. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция // Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И., Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б., Маева И.С., Новиченкова Т.Б. – СПб.: ЦОП Профессия, 2012. – 196 с.

5. Свойства пленок из пластмасс и эластомеров // Л. МакКинли, перевод с англ. – СПб.: Профессия, 2015 – 550 с.

6. Бобович, Б. Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение): уч. пособие для студентов высших учебных заведений / Б. Б. Бобович. – Москва: Форум, 2014. – 398 с.

**Интернет ресурсы**

1. Пластик для 3D печати поддержки HIPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://250041.ua.all.biz/plastik-dlya-3d-pechati-podderzhki-hips-g8707738> – Дата обращения: 09.06.2017).

2. Этапы 3D-печати. Цифровая модель с поддерживающи­ми конструкциями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/Jetapy-3D-pechati> – Дата обращения: 09.06.2017).

3. Технологии лазерного аддитивного производства металлических изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/218271/> – Дата обращения: 09.06.2017).

4. Выборочное лазерное спекание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/wiki/SLS_print/> – Дата обращения: 09.06.2017).

5. Обзор производителей расходных материалов для FDM 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/231299/> – Дата обращения: 09.06.2017).

**Методические рекомендации по организации и выполнению**

**самостоятельной работы студентов**

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, формирование умений, навыков по изучаемой дисциплине, активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся, формирование умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний, формирование умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике. В рамках дисциплины предусмотрена *самостоятельная работа* в виде:

– освоения теоретического материала по учебным пособиям;

– оформления отчетов по лабораторным работам в аудитории во время проведения занятий в соответствии с расписанием.

Задания для самостоятельной проработки тем теоретического раздела курса выдаются преподавателем, читающим лекционный курс дисциплины, на лекции, посвященной данной тематике.

Задания по подготовке к лабораторным занятиям выдаются преподавателем, ведущим занятия, в период их проведения. Защита лабораторных работ студентами проводится в присутствии преподавателя, выдавшего задание на выполнение этого вида самостоятельной работы. Результаты текущего контроля знаний используются при проведении зачета и экзамена.

**Перечень рекомендуемых средств диагностики**

Оценка промежуточных учебных навыков студентов осуществляется по результатам достижения поставленных целей на лабораторных работах.

Для контроля качества усвоения знаний и оценки уровня знаний и умений студентов рекомендуется использовать следующие диагностические средства:

– контрольные опросы;

– отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;

– зачет, экзамен.