

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О.Сухого

О.Д. Асенчик

(подпись)

(И.О.Фамилия)

08.12. 2021

Регистрационный № УД-33-124/уч.

ФИЗИКО-ХИМИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий
из композиционных материалов»

Учебная программа составлена на основе: образовательного стандарта ОСВО 1-36 01 08-2019. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»; учебного плана первой ступени высшего образования ГГТУ им. П.О. Сухого по специальности 1-36 01 01 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»: I 36-1-07/уч. 05.02.2020.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.Н. Русая, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Е.А. Зюзьков, главный металлург ОАО «ГЛЗ «ЦЕНТРОЛИТ»;
Г.В. Петришин, к.т.н, доцент кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 9 от 19.10.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 4 от 02.11.2021);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 2 от 07.12.2021).

Регистрационный номер МТФ УД – 4-03/уч

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов базовых знаний в области физики, химии и механики армированных высокопрочными и высоко-модульными волокнами металлических, неметаллических неорганических, углеродных и полимерных композиционных материалов.

Дисциплина формирует основу для принятия современных технологических решений по созданию композиционных материалов, обеспечивая их производство, а также изделий из них, с необходимым комплексом эксплуатационных и технологических свойств.

Основные задачи освоения дисциплины:

- формирование у студентов знаний основ физико-химии, микро- и макро-механики композиционных материалов как гетерогенных систем и принципов направленного создания и регулирования их фазовой структуры и взаимодействия компонентов и фаз по границе раздела;
- анализ влияния природы и свойств компонентов (фаз), их объемных долей и характера распределения (фазовой структуры), а также взаимодействия по границе раздела на основные физико-химические и физико-механические свойства, взаимодействие с низкомолекулярными веществами, химическую стойкость и коррозию композиционных материалов различных типов.

Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:
знать:

- классификацию композиционных материалов;
- основы методов исследования, принципы и методы моделирования структуры и свойств различных материалов, закономерности протекания физических и химических процессов в них и технологиях получения, обработки и модификации материалов;
- актуальные проблемы и основные направления развития науки и производства в области создания композиционных материалов с контролируемыми свойствами;

уметь:

- выбирать режимы (температура, восстановитель, давление, время спекания и пр.) получения армирующих и композиционных материалов;
- проводить термодинамические расчеты;

- выбирать методы контроля свойств;
- определять физические и технологические свойства получаемых композиционных материалов;
- анализировать результаты исследований и измерений.

При изучении дисциплины «Физико-химия композиционных материалов» формируется следующая специализированная компетенция: студент должен обладать базовыми знаниями о физических и физико-химических явлениях, сопровождающих процессы получения, обработки и эксплуатации полимерных композиционных материалов.

Требования к иным компетенциям специалиста:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- Выявлять естественную сущность проблем, возникающую в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Физико-химия композиционных материалов» в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» для всех форм получения высшего образования составляет 60 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2,0 зачетных единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

| | Дневная форма |
|------------------------------|---------------|
| Курс | 2 |
| Семестр | 4 |
| Лекции (часов) | 17 |
| Практические занятия (часов) | - |
| Лабораторные занятия (часов) | 17 |
| Всего аудиторных (часов) | 34 |
| Зачет, семестр | 4 |

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение. Применение композиционных материалов

История создания композиционных материалов. Отличительные признаки композиционных материалов. Применение композиционных материалов. Перспективы использования и применения композиционных материалов.

Тема 2. Классификация композиционных материалов

Классификация композиционных материалов. Виды композиционных материалов и их классификация. Основы технологии получения композиционных материалов. Теоретические основы конструирования композиционных материалов.

Тема 3. Граница раздела фаз и ее роль в композиционных материалах

Композиционные материалы — гетерогенные системы. Основные типы и характеристики фазовой структуры гетерогенных систем, получаемых направленным сочетанием фаз: слоистые системы, матричные и статистические дисперсии, взаимопроникающие фазы, геометрия фаз, микро- и макроанизотропия структур.

Поверхностная энергия и поверхностные явления. Поверхностная энергия на границе раздела конденсированная фаза - газ /пар/, поверхностное натяжение жидкостей, удельная поверхностная энергия твердых тел. Межфазная поверхностная энергия. Теоретические и экспериментальные методы определения удельной поверхностной и /или/ межфазной энергий.

Тема 4. Физические свойства композита

Аддитивные свойства композитов. Упругие свойства композиционных материалов. Упругие свойства композита армированного непрерывными волокнами. Упругие свойства порошковых композитов. Вязкость разрушения композита.

Прочностные свойства композиционных материалов. Прочность композита армированного непрерывными волокнами. минимальная и критическая концентрация волокон. Влияние ориентации волокон на разрушение композита. Прочность при растяжении композита , армированного дискретными волокнами.

Тема 5. Термодинамика композиционных систем

Термодинамика систем с поверхностями раздела. Обобщенное уравнение термодинамики для систем с поверхностями раздела. Термодинамические функции для систем с межфазными границами раздела. Условие равновесия на фазовой границе с ненулевой кривизной. Формула Лапласа. Основные термоди-

намические представления о совместимости материалов. Влияние легирующих добавок на стабильность волокнистого композита.

Тема 6. Адгезия, ее роль в обеспечении прочности композиционных материалов

Адгезия композиционных материалов. Взаимодействие контактирующих поверхностей при адгезии и прочность соединений. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов. Способы усиления адгезионной прочности в композиционном материале.

Тема 7. Смачивание. Пропитывание волокнистых материалов.

Смачивание и его роль в технологии и природе. Основные условия смачивания в равновесных и неравновесных системах. Краевой угол смачивания, уравнение Юнга. Смачивание различных типов материалов.

Пропитка. Капиллярные эффекты. Закон Лапласа. Движение жидкостей в узких капиллярах. Поднятие жидкости в капилляре и ее опускание (депрессия). Высота и скорость поднятия жидкости в капилляре. Пропитывание реальных волокнообразующих систем. Методы определения пропитывающей способности жидкости.

Тема 8. Растекание. Адсорбция на границе раздела фаз

Термодинамика растекания. Режимы растекания: кинетический и гидродинамический (инерционный и вязкий). Влияние шероховатости на процесс растекания. Влияние внешних воздействий на скорость растекания.

Адсорбция. Теории адсорбции. Адсорбция из растворов. Поверхностная активность растворенных веществ. ПАВ, основные типы, структура, механизм понижения поверхностной энергии жидкостей, роль при гетерогенном зарождении фаз, стабилизация суспензий, эмульсий, пен. Особенности адсорбции полимеров.

Тема 9. Характеристика и общие методы получения компонентов композиционных материалов

Стекланные и кварцевые волокна. Методы получения стекловолокон. Сплошные волокна. Свойства стекловолокон.

Органические и неорганические волокна. Арамидные волокна. Свойства арамидных волокон. Борные волокна. Боровольфрамные волокна. Волокна карбида кремния. Технологии получения волокон.

Металлические волокна. Свойства и применение металлических нитей. Нити из чистых металлов и сплавов. Способы производства проволок. Нити волоочильного производства.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---------------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | Введение. Применение композиционных материалов. | 2 | | | | | | З |
| 2 | Классификация композиционных материалов | 2 | | | | | | З |
| 3 | Граница раздела фаз и ее роль в композиционных материалах | 2 | | | 2 | | | ЗЛР,З |
| 4 | Физические свойства композита | 2 | | | 2 | | | О, ЗЛР,З |
| 5 | Термодинамика композиционных систем | 1 | | | 4 | | | О, ЗЛР,З |
| 6 | Адгезия, ее роль в обеспечении прочности композиционных материалов | 2 | | | 4 | | | ЗЛР,З |
| 7 | Смачивание. Пропитывание волокнистых материалов | 2 | | | | | | З |
| 8 | Растекание. Адсорбция на границе раздела фаз | 2 | | | 5 | | | О, ЗЛР,З |
| 9 | Характеристика и общие методы получения компонентов композиционных материалов | 2 | | | | | | О, ЗЛР,З |
| | Итого | 17 | | | 17 | | | |

Принятые обозначения: О - отчет, ЗЛР – защита лабораторных работ, З- зачет.

ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Бурдикова, Т. В. Адгезионная прочность композиционных материалов : учебное пособие / Т. В. Бурдикова, А. М. Коробков, Е. Г. Белов ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 148 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500568> .
2. Иванов, Н. Б. Физика и химия материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, М. Р. Файзуллина ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017. – 320 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=501167>
3. Стромберг А.Г. Физическая химия: учебник для вузов/под ред. А.Г. Стромберга. – 5-е изд, испр. – Москва: Высшая школа, 2003. -527 с.
4. Физикохимия неорганических композиционных материалов : учебное пособие / А. И. Хацринов, Ю. А. Хацринова, А. З. Сулейманова, О. Ю. Хацринова ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 116 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа по подписке. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500701>.

Дополнительная литература

1. Евстратов К.И., Купина И.А. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1990.
2. Жуховицкий А.А. Физическая химия: учебник для студентов вузов. –3-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия. – 1976. – 544 с.
3. Зуев В.В. Физика и химия полимеров. Учебное пособие / В.В.Зуев, М.В.Успенская, А.О.Олехнович. — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. — 45с. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/693.pdf>
4. Магсумова А.Ф. Физико-химические основы производства полимерных композитов: Учебное пособие / А.Ф.Магсумова, К.А.Андрианова, Ганиев М.М., Л.М.Амирова. Казань: «Новое знание», 2011. — 120 с. e-library.kai.ru
5. Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов. Учебное пособие/В.Г.Шевченко.- М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2010.98с.
6. Шварцман, Л.А. Начала физической химии для металлургов/ Л.А. Шварцман, А.А. Жуховицкий. – 2-е изд. – Москва: Металлургия,1991. - 208 с.
7. Ceramic matrix composites, C/SiC [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http:// www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de)

8. 4.Composites [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.info.lu.farmingdale.edu>

Учебно-методические материалы

1. Русая, Л.Н. Физико-химические основы литейного производства: электронный учебно-методический комплекс дисциплины/ Л.Н.Русая, Т.М. Заяц. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. Режим доступа: <http://elib.gstu/by>

Диагностика компетенций студента

Учебным планом по специальности 1-36 01 08 "Конструирование и производство изделий из композиционных материалов" предусмотрен зачет в четвертом семестре для студентов дневной формы обучения. Оценка учебных достижений студента осуществляется на зачете, который проводится в устной форме.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

Устная форма:

- выборочный устный (блиц) опрос по пройденной теме;
- проведение бесед по отдельным темам дисциплины.

Письменная форма:

- письменные контрольные работы.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Определение поверхностного натяжения жидкостей.
2. Дисперсный анализ гетерогенных систем.
3. Влияние поверхностно-активных веществ на физико-химические свойства материалов.
4. Влияние порога коагуляции жидкого стекла на прочность смесей.
5. Исследование влияния природы связующего на механизм формирования прочностных свойств смесей.
6. Расчет тепловых эффектов химических реакций в стандартных условиях и при разных температурах. Закон Гесса. Уравнение Кирхгоффа.
7. Расчет энтропии и изобарно-изотермического потенциала химических реакций в стандартных условиях и при разных температурах.
8. Приготовление микрошлифов и выявление микроструктуры композиционных материалов.
9. Композиционные материалы с полимерной матрицей.
10. Определение твердости полимеров.

11. Испытания пластмассового изделия на морозостойкость.
12. Определение физико-механических свойств полимеров при растяжении.
13. Исследование прочности склеивания резины со сталью.

Примерный перечень материалов и технических средств обучения
– Презентации, видеоматериалы по темам.

Описание инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Методы (технологии) обучения:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче зачета по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Организация самостоятельной работы студентов

Студенты изучают литературные источники из рекомендованного списка.

Используются следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач в аудитории при проведении лабораторных занятий под контролем преподавателя;
- самостоятельная работа при выполнении заданий под контролем преподавателя.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Отличительные признаки композиционных материалов.
2. Применение композиционных материалов.
3. Виды композиционных материалов и их классификация.
4. Типы и характеристики фазовой структуры гетерогенных систем
5. Термодинамика смачивания. Закон Юнга.
6. Методы измерения поверхностного натяжения жидкости.
7. Гистерезис смачивания. Формы гистерезиса.
8. Углы натекания и отекания.
9. Основные термодинамические представления о совместимости материалов.
10. Влияние легирующих добавок на стабильность волокнистого композита.
11. Адгезионное взаимодействие. Теории адгезии.
12. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов.
13. Способы усиления адгезионной прочности в композиционном материале.
14. Растекание. Режимы растекания.
15. Принцип аддитивности.
16. Упругие свойства композита армированного непрерывными волокнами.
17. Упругие свойства порошковых композитов.
18. Вязкость разрушения композита.
19. Прочностные свойства композиционных материалов.
20. Подходы для оценки величин поверхностного натяжения жидкости и свободной поверхностной энергии твердого тела.
21. Управление смачиванием с помощью ПАВ. Классификация ПАВ.
22. Поверхностное натяжение жидкости. Разложение величины поверхностного натяжения на составляющие. Подход Фоукса.
23. Краевой угол смачивания, уравнение Юнга.
24. Смачивание различных типов материалов.
25. Пропитка. Капиллярные эффекты.
26. Движение жидкостей в узких капиллярах.
27. Скорость пропитки.
28. Теории адсорбции.
29. Адсорбция из растворов.
30. Особенности адсорбции полимеров.
31. Стекланные и кварцевые волокна.
32. Сплошные волокна.
33. Свойства стекловолокон.
34. Органические и неорганические волокна.
35. Арамидные волокна. Свойства арамидных волокон.
36. Борные волокна.
37. Боровольфрамовые волокна.
38. Волокна карбида кремния.
39. Металлические волокна. Свойства и применение металлических нитей.

40. Нити из чистых металлов и сплавов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|------------------|---|---|
| Полимерные и композиционные материалы | МиТОМ | Нет | |

Заведующий кафедрой
«Металлургия и технологии
обработки материалов»

Ю.Л. Бобарикин