

**Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий**

Калашников Е.Г.
Махмуд-Ахунов М.Ю.

**Методические указания
для самостоятельной работы студентов
по композиционным материалам**

для студентов бакалавриата всех форм обучения

Ульяновск 2019 г.

Методические указания для самостоятельной работы студентов по композиционным материалам / составители: Е.Г.Калашников, М.Ю. Махмуд-Ахунов. – Ульяновск: УлГУ, 2019.

Настоящие методические указания предназначены для студентов бакалавриата. В указаниях приведены литература по дисциплине, контрольные вопросы для самоконтроля и задачи для самостоятельной работы.

Студентам заочной и очно-заочной формы обучения следует использовать данные методические указания при самостоятельном изучении дисциплины.

Рекомендованы к введению в образовательный процесс Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ (протокол № 11от 18 июня 2019 г.).

Содержание

Литература для изучения дисциплины.....	4
Методические указания.	5
Контрольные вопросы.....	5
Задачи	8

Литература для изучения дисциплины

1. Сергеева, Е. А. Композиционные наноматериалы : учебное пособие / Е. А. Сергеева, Ю. А. Тимошина - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 152 с. - ISBN 978-5-7882-2257-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222578.html>
2. Заикин, А. Е. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие / А. Е. Заикин - Казань : Издательство КНИТУ, 2018. - 292 с. - ISBN 978-5-7882-2429-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224299.html>
3. Костиков, В. И. Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Теоретические основы процессов создания композиционных материалов : учеб. пособие / В. И. Костиков. - Москва : МИСиС, 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-87623-389-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233899.html>
4. Баженов С. Л. Механика и технология композиционных материалов / Баженов Сергей Леонидович. - Долгопрудный : Интеллект, 2014. - 328 с.
5. Волкова В.К. Теплофизические свойства композиционных материалов с полимерной матрицей и твердых растворов / Волкова Вера Константиновна; Омск. гос. техн. ун-т. - Москва : Наука образования, 2011. - 104 с.
6. Композиционные материалы на основе силикатов и алюмосиликатов / С. М. Азаров, Т. А. Азарова, Е. Е. Петюшик [и др.]. — Минск : Белорусская наука, 2014. — 176 с. — ISBN 978-985-08-1732-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/29462.html>
7. Садова, А. Н. Практикум по технологии переработки и испытаниям полимеров и композиционных материалов / А. Н. Садова, В. Г. Бортников, А. Е. Заикин и др. - Москва : КолосС, 2013. - 191 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0745-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207454.html>

Методические указания

Контрольные вопросы

1. В чем отличие моно- от поликристалла?
2. Сформулируйте правила выбора элементарной ячейки по Бравэ.
3. В чем особенность индирования направлений и плоскостей в кристаллах с гексагональной сингонией.
1. Обоснуйте характер кривых охлаждения и опишите фазовые превращения для железоуглеродистых сплавов.
4. История создания композиционных материалов. Отличительные признаки композиционных материалов. Применение композиционных материалов. Перспективы использования и применения композиционных материалов.
5. Классификация композиционных материалов. Виды композиционных материалов и их классификация. Виды матриц и арматуры.
6. Правило смесей. Упругие свойства композиционных материалов. Упругие свойства композита армированного непрерывными волокнами. Прочностные свойства композиционных материалов. Прочность композита армированного непрерывными волокнами. Минимальная и критическая концентрация волокон. Влияние ориентации волокон на разрушение композита.
7. Прочность при растяжении композита, армированного дискретными волокнами. Предельные коэффициенты армирования и их расчет.
8. Общая характеристика ДКМ и механизмы упрочнения. Механизм упрочнения ДКМ. Надежность материала. Виды дисперсных упрочнителей и арматуры.
9. Методы получения дисперсно-упрочненных композитов. Области применения ДКМ. Определение содержания арматуры в КМ по плотности композита. Методы контроля свойств КМ
10. Совместимость компонентов композита. Классификация композитов на основе межфазного взаимодействия. Типы связей и стабильность границ раздела композита. Термическая и механическая стабильность поверхности раздела композита. Взаимодействие контактирующих поверхностей при адгезии и прочность соединений. Адгезионная прочность на поверхности раздела и механические свойства композитов. Прочность границы и характер разрушения композита.
11. Смачивание компонентов композиционных материалов. Процессы адгезии, смачивания и актуальные научные задачи получения стабильных композитов. Основные термодинамические представления о совместимости материалов. Влияние легирующих

добавок на стабильность волокнистого композита.

12. Стекланные и кварцевые волокна. Методы получения стекловолокон. Сплошные волокна. Свойства стекловолокон. Профильные стекланные волокна. Композиции, армированные профильными волокнами.
13. Арамидные волокна. Получение арамидных волокон. Свойства арамидных волокон.
14. Борные волокна. Боровольфрамные волокна. Методы получения боровольфрамных волокон.
15. Волокна карбида кремния. Технология получения волокон карбида кремния.
16. Углеродные волокна (УВ). Принципы получения углеродных волокон. Сырье для получения УВ. УВ из полиакрилонитрила (ПАН).
17. Технологические процессы получения и обработки металлических композиционных материалов. Классификация методов получения и обработки композитов с металлической матрицей.
18. Жидкофазные методы. Методы пропитки.
19. Процессы порошковой металлургии.
20. Общая характеристика эвтектических КМ. Диаграммы плавкости и структура эвтектических КМ. Методы получения эвтектических композиционных материалов.
21. Особенности производства композиционных наноматериалов. Нанокompозиты – материалы 21 века. Нанокompозиты из керамики и полимеров. Слоистые нанокompозиты.
22. Нанокompозиты, содержащие металлы или полупроводники.
23. Принципы создания полимерных композиционных материалов. Классификация и особенности свойств ПКМ. Недостатки ПКМ. Факторы, приводящие к улучшению свойства ПКМ.
24. Влияние фазовой структуры ПКМ на его свойства. Содержание наполнителя в ПКМ. Размер и форма дисперсных частиц. Межфазное взаимодействие (свойства МФС).
25. Полимерные матрицы. Термореактивные, термопластичные.
26. Основные типы наполнителей. Дисперсные, волокнистые, листовые, объемные.
27. Способы получения и характеристики волокон. Стекланные, углеродные, борные и органические (арамидные).
28. Получение заготовок для ПКМ в виде препрегов. Метод пропитки арматуры в смолах.
29. Получение заготовок для ПКМ в виде препрегов. Получение препрегов с использованием порошковых дисперсных полимеров (электростатическое нанесение).
30. Получение заготовок для ПКМ в виде препрегов. Объединение упрочняющих элементов (ткань, войлок, сотовые структуры).

31. Производство ПКМ и изделий из них. Контактное формование полимеров. Ручная выкладка, напыление.
32. Получение изделий из ПКМ формованием с эластичной диафрагмой. Метод вакуумного формования, вакуумно-автоклавное, пресс-камерное прессование.
33. Получение изделий из ПКМ формованием давлением. Пропитка под давлением, пропитка в вакууме.
34. Прессование ПКМ в формах. Прямое прессование, литьевое, термокомпрессионное.
35. Получение изделий из ПКМ формованием намоткой. Пропитка арматуры связующим. Контактное давление при намотке. Отверждение ПКМ.
36. Получение изделий из ПКМ формованием намоткой. Схемы намотки: прямая, спирально-винтовая, спирально-перекрестная.
37. Получение изделий из ПКМ формованием намоткой. Схемы намотки: совмещенная спирально-кольцевая, продольно-поперечная, косослойная продольно-поперечная.
38. Получение изделий из ПКМ формованием намоткой. Схемы намотки: планарная, тетранамотка, зональная.
39. Получение изделий из ПКМ формованием намоткой. Оправки для намотки.
40. Формование изделий из ПКМ методом пултрузии.
41. Механизмы разрушения ПКМ. Хрупкое, пластическое, квазихрупкое разрушение. Крейзы.
42. Теория хрупкого разрушения Гриффитса-Орвана. Теория Гриффитса. Теория Орвана.
43. Теория хрупкого разрушения Гриффитса-Орвана. Методы измерения вязкости разрушения (метод податливости, сильный изгиб консолей, испытание на ударную вязкость).
44. Вязкость разрушения волокнистого композита. Поперечное разрушение (упругое деформирование волокон, отслоение, извлечение). Адгезионное разрушение (по адгезиву, по границе и смешанное).
45. Применение электроактивных и электропроводящих полимеров. Ксерография, органические светодиоды и солнечные элементы.
46. Полимерная электроника. Светодиоды. Фотогальванические элементы. Сенсоры.
47. Полимерная электроника. Электрохимические приложения. Электропроводящие покрытия и композиты.

Задачи

1. Алюминиевый композит упрочнён волокнами SiC в объёмной доле $V_f = 40\%$. Модуль упругости волокон $E_f = 400$ МПа, матрицы $E_m = 70$ МПа. Отношение длины к диаметру волокон $(l / d) = 20$, межфазная прочность волокна/матрица составляет 50 МПа. Вычислите продольный модуль упругости этого композита, если все волокна выровнены в продольном направлении.
2. Углеродные нанотрубки имеют диаметр 10 нм и длину 15 мкм. Найдите число УНТ в 1 мм^3 композита, если содержание такой арматуры составляет 0,1% по объёму.
3. Пеноалюминий DUOCEL имеет плотность 216 кг/м^3 . Определите площадь поверхности его пор в 1 м^3 . Размер пор $d = 2,5$ мм.
4. Рассмотрим вольфрам / медный композит со следующими характеристиками: прочность на разрыв волокна $\sigma_f = 3$ ГПа, диаметр волокна $d = 200$ мкм и межфазная прочность волокна/матрица составляет $\tau = 80$ МПа. Оцените критическую длину волокна, которая позволит обеспечить максимальную несущую способность используемого волокна. При какой длине волокон их можно считать непрерывными?
5. Частицы нитрида бора имеют диаметр 75 мкм. Найти число частиц в 1 мм^3 , если их содержание в композите составляет 0,1% по объёму.
6. Пеноалюминий Sumat имеет плотность $\rho/\rho_{\text{Al}} = 0,04$. Определите площадь поверхности его пор в 1 м^3 . Размер пор $d = 1,5$ мм.
7. Нитевидные кристаллы Al_2O_3 (плотность $3,8 \text{ г / см}^3$) включены в полимерную матрицу (плотность $\rho = 1,3 \text{ г / см}^3$). Какова плотность композита? Возьмите $V_f = 0,35$. Какова относительная масса «усов»?
8. Углеродные нановолокна имеют диаметр $d = 6$ нм и длину $l = 150$ мкм. Найти число таких волокон в 1 мм^3 композита, если содержание этой арматуры составляет 0,1% по объёму.
9. Пеноалюминий DUOCEL имеет плотность 216 кг/м^3 . Определите площадь поверхности его пор в 1 м^3 . Размер пор $d = 1,75$ мм.
10. Рассмотрите композит из выровненных, непрерывных волокон TiB_2 ($E_f = 565$ ГПа) в алюминиевой матрице ($E_m = 70$ МПа). Вычислите модуль упругости в направлении, параллельном волокнам. Возьмите $V_f = 0,50$.
11. Частицы диборида титана имеют диаметр 90 мкм. Найти число частиц в 1 мм^3 , если их содержание в композите составляет 0,1% по объёму.
12. Пеноалюминий ALPORAS имеет плотность 240 кг/м^3 . Определите площадь поверхности его пор в 1 м^3 . Размер пор $d = 1,5$ мм.
13. Углеродные нанотрубки имеют диаметр 12 нм и длину 15 мкм. Найдите число УНТ в

- 1 мм³ композита, если содержание такой арматуры составляет 0,1% по объёму.
14. Пеноалюминий DUOCEL имеет плотность 226 кг/м³. Определите площадь поверхности его пор в 1 м³. Размер пор $d = 2,5$ мм.
 15. Алюминиевый композит упрочнён волокнами SiC в объёмной доле $V_f = 40\%$. Модуль упругости волокон $E_f = 400$ МПа, матрицы $E_m = 70$ МПа. Отношение длины к диаметру волокон $(l/d) = 20$, межфазная прочность волокна/матрица составляет 50 МПа. Вычислите продольный модуль упругости этого композита, если все волокна выровнены в продольном направлении.
 16. Пеноалюминий ALPORAS имеет плотность 240 кг/м³. Определите площадь поверхности его пор в 1 м³. Размер пор $d = 1,5$ мм.
 17. Рассмотрим вольфрам / медный композит со следующими характеристиками: прочность на разрыв волокна $\sigma_f = 3$ ГПа, диаметр волокна $d = 200$ мкм и межфазная прочность волокна/матрица составляет $\tau = 80$ МПа. Оцените критическую длину волокна, которая позволит обеспечить максимальную несущую способность используемого волокна. При какой длине волокон их можно считать непрерывными?
 18. Графитовые нанопластинки имеют размеры: $l_1 = 40$ мкм, $l_2 = 52$ мкм, $h = 6,5$ нм. Найдите число таких пластин в 1 мм³ композита, если содержание этой арматуры составляет 0,1% по объёму.
 19. Вычислите прочность магниевого композита, армированного волокнами оксида алюминия прочностью $\sigma_f = 1,8$ ГПа, в объёмной доле $V_f = 50\%$. Матрица имеет прочность $\sigma_m = 70$ МПа.
 20. Углеродные нанотрубки имеют диаметр 10 нм и длину 25 мкм. Найдите число УНТ в 1 мм³ композита, если содержание такой арматуры составляет 0,1% по объёму.
 21. Пеноалюминий Sumat имеет плотность 250 кг/м³. Определите площадь поверхности его пор в 1 м³.
 22. Частицы нитрида бора имеют диаметр 70 мкм. Найдите число частиц в 1 мм³, если их содержание в композите составляет 0,1% по объёму.
 23. Графитовые нанопластинки имеют размеры: $l_1 = 42$ мкм, $l_2 = 55$ мкм, $h = 6,5$ нм. Найдите число таких пластин в 1 мм³ композита, если содержание этой арматуры составляет 0,1% по объёму.