

УКД 621.2+66.02  
ББК 35.20

**Авторы: А. И. Хацринов, Ю. А. Хацринова,  
А. З. Сулейманова, О. Ю. Хацринова**

Физикохимия неорганических композиционных материалов : учебное пособие / А. И. Хацринов [и др.]; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. – 116 с.

ISBN 978-5-7882-2085-7

Рассмотрены определение, классификация, теории упрочнения неорганических композиционных материалов и методы их испытаний. Изложены точки зрения различных авторов на механизм упрочнения композиционных материалов.

Предназначено для бакалавров, магистров и аспирантов, занимающихся изучением неорганических композиционных материалов.

Подготовлено на кафедре технологии неорганических веществ и материалов.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. *Р. Т. Ахметова*  
канд. техн. наук *А. С. Арутюнян*

ISBN 978-5-7882-2085-7 © Хацринов А. И., Хацринова Ю. А.,  
Сулейманова А. З., Хацринова О. Ю., 2016  
© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	8
<b>2. ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	20
2.1. Распределение напряжений в дискретных волокнах	20
2.2. Прочность композиционных материалов, армированных непрерывными волокнами	22
2.3. Разрушение волокнистых композиционных материалов	25
2.4. Диаграмма разрушения композиционных материалов	28
2.5. Работа разрушения композиционных материалов	31
2.5.1. Работа вытягивания волокон	31
2.5.2. Работа разрыва связи	33
2.5.2. Работа пластической деформации матрицы	33
2.6. Прочность композиционных материалов при сжатии	35
2.7. Статистическая модель разрушения композиционных материалов	37
2.8. Требования к волокнам и матрице	42
2.8.1. Требования к волокнам	42
2.8.2. Требование к матрице	44
2.9. Прочность пучков волокон	45
2.9.1. Модель разрушения пучка волокон, взаимодействующих по боковой поверхности	46
2.9.2. Модель разрушения пучка волокон не взаимодействующих по боковой поверхности	47
2.10. Модули упругости композиционных материалов	49
2.11. Разрушение композиционных материалов	53

2.11.1. Энергетический подход Гриффитса	53
2.11.2. Силовой подход Ирвина	55
<b>3. ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	<b>57</b>
3.1. Принципы создания дисперсно-упрочненных композиционных материалов	58
3.2. Выбор матрицы и упрочняющей фазы	59
3.3. Механизм упрочнения дисперсными частицами	63
<b>4. ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ФАЗ</b>	<b>69</b>
<b>5. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	<b>80</b>
5.1. Испытание на растяжение	81
5.2. Испытание на сжатие	85
5.3. Испытание на сдвиг	88
5.3.1. Сдвиг в плоскости листа	88
5.3.2. Межслойный сдвиг	90
5.4. Испытание на изгиб	92
5.4.1. Схема нагружения на изгибе	93
5.4.2. Трехточечный изгиб	94
5.4.3. Чистый изгиб	97
5.4.4. Четырехточечный изгиб	99
5.5. Испытание кольцевых образцов	99
<b>Библиографический список</b>	<b>104</b>
<b>Тестовые задания для проверки остаточных знаний студентов</b>	<b>105</b>
<b>Ответы на тестовые задания для проверки остаточных знаний студентов</b>	<b>112</b>