

Оглавление

Предисловие авторов	11
Предисловие редактора перевода	12
Глава 1.	
Обзор	13
1.1. Введение	13
1.2. Определения и классификация	16
1.3. Композиты в природе	21
1.4. Матрица и волокно	22
1.5. Факторы, определяющие свойства композита	26
1.6. Преимущества композитов	28
Литература	36
Общая	36
Специальная	37
Задачи	37
Глава 2.	
Волокна и граница раздела волокно—матрица	38
2.1. Введение	38
2.2. Натуральные волокна	38
2.3. Искусственные волокна	41
2.4. Искусственные органические волокна	44
2.4.1. Арамидные волокна	44
2.4.2. Полиэтиленовые волокна	48
2.5. Искусственные неорганические волокна	49
2.5.1. Стекланные волокна	49
2.5.2. Волокна окиси алюминия	51
2.5.3. Борные волокна	54
2.5.4. Углеродные волокна	55
2.5.5. Волокна на основе кремния	64
2.6. Частицы и усы	67
2.7. Граница раздела	68
2.7.1. Смачиваемость	71
2.7.2. Межфазная связь	72
2.7.3. Методы измерения адгезионной прочности	76
Литература	82
Общая	82
Специальная	83
Задачи	83

Глава 3.

Композиционные материалы с металлической матрицей	84
3.1. Введение	84
3.2. Технология изготовления	85
3.2.1. Твердофазное формование	85
3.2.2. Жидкофазное формование	88
3.2.3. Осаждение	91
3.2.4. Создание композита методом <i>in situ</i>	93
3.3. Реакции на границе раздела	93
3.4. Свойства металлокомпозитов	97
3.4.1. Физические свойства	97
3.4.2. Механические свойства	99
3.5. Примеры металлокомпозитов	111
3.5.1. Мультифиламентные сверхпроводники	111
3.5.2. Алюминий, усиленный частицами карбида кремния	115
Литература	118
Общая	118
Специальная	119
Задачи	119

Глава 4.

Композиты с керамической матрицей	120
4.1. Введение	120
4.2. Блочные керамики	122
4.2.1. Технические керамики	122
4.2.2. Стекла	123
4.2.3. Стеклокерамика	126
4.3. Технология получения композитов	127
4.3.1. Прессование смеси	127
4.3.2. Формование из раствора	127
4.3.3. Жидкофазная технология	130
4.3.4. Золь—гель технология	131
4.3.5. Осаждение из газовой фазы	131
4.3.6. Процесс Ланксида и методы <i>in situ</i>	133
4.4. Свойства композитов	135
4.4.1. Композиты с матрицей окиси алюминия	135
4.4.2. Композиты со стеклокерамическими матрицами	143
4.4.3. Углерод-углеродные композиты	150
Литература	163
Общая	163
Специальная	164
Задачи	165

Глава 5.

Композиты на основе полимерных матриц	166
5.1. Введение	166
5.2. Полимерные матрицы	167
5.2.1. Термореактивные смолы	167
5.2.2. Термопласты	173
5.2.3. Каучуки	177
5.3. Технология получения армированных пластиков	179
5.3.1. Ручная укладка	179
5.3.2. Прессование	180
5.3.3. Намотка	185
5.4. Свойства армированных пластиков	187
5.4.1. Волокнистые композиты на основе эпоксидных смол	187
5.4.2. Композиты на основе матрицы ПЭЭК	194
5.4.3. Композиты на основе каучука	199
Литература	199
Общая	199
Специальная	199
Задачи	200

Глава 6.

Жесткость и прочность	201
6.1. Введение	201
6.2. Нагрузки и деформации	201
6.2.1. Нагрузки	201
6.2.2. Структурные объекты	201
6.2.3. Деформации	202
6.3. Напряжения и деформации	202
6.3.1. Напряжение	202
6.3.2. Деформация	205
6.4. Связь напряжения и деформации	205
6.5. Изгиб пластин	207
6.6. Изотропные материалы	208
6.7. Главное напряжение и деформация	209
6.8. Тонкостенные цилиндры и сферы	212
6.8.1. Цилиндр с закрытыми концами	212
6.8.2. Сфера	212
6.9. Критерий разрушения	214
Литература	214
Задачи	214

Глава 7.

Жесткость композитов	215
7.1. Введение	215
7.2. Соотношения «напряжение—деформация»	216
7.3. Внеосевое нагружение	219
7.4. Жесткость ламинатов	227
7.5. Матрицы A, B и D	234
7.6. Использование определяющих уравнений	237
Литература	238
Общая	238
Задачи	238

Глава 8.

Микромеханизмы разрушения	239
8.1. Макромеханика и микромеханические модели	239
8.2. Модели микроструктуры	239
8.2.1. Продольная жесткость	239
8.2.2. Поперечная жесткость	241
8.2.3. Модуль сдвига	243
8.2.4. Коэффициент Пуассона	244
8.3. Моделирование прочности	245
8.3.1. Продольная прочность ($\hat{\sigma}_{1T}$)	245
8.3.2. Прочность при продольном сжатии ($\hat{\sigma}_{1C}$)	248
8.3.3. Прочность при поперечном растяжении ($\hat{\sigma}_{2T}$)	249
8.3.4. Прочность при поперечном сжатии ($\hat{\sigma}_{2C}$)	251
8.3.5. Разрушение при внутрислоевом сдвиге ($\hat{\tau}_{12}$)	251
8.4. Влияние температуры и влаги	252
Литература	253
Общая	253
Задачи	253

Глава 9.

Прочность композитов	254
9.1. Введение	254
9.2. Прочность слоя	255
9.2.1. Критерии предельного состояния	255
9.2.2. Критерий Цая—Хилла	259
9.3. Прочность ламината	263
9.3.1. Инициация разрушения	263
9.3.2. Катастрофическое разрушение	265
9.4. Дополнительные факторы	267
9.4.1. Влияние температуры и влаги	267
9.4.2. Краевые напряжения	267

Глава 10.**Композиты, армированные короткими**

волокнами	269
10.1. Введение	269
10.2. Преимущества коротковолокнистых композитов	269
10.3. Длина волокон	270
10.4. Ориентация волокон	272
10.5. Распределение напряжения в волокнах	278
10.6. Критическая длина волокна	280
10.7. Жесткость и прочность	286
10.7.1. Жесткость	286
10.7.2. Прочность	291
Литература	300
Общая	300
Специальная	300
Задачи	301

Глава 11.**Механика разрушения** 302

11.1. Введение	302
11.2. Энергетический анализ	302
11.3. Концентрация напряжения	305
11.4. Дополнительные параметры, характеризующие вязкость разрушения	308
11.4.1. Зона предразрушения	308
11.4.2. Раскрытие трещины	309
11.5. Инициация разрушения	311
11.6. Удар	312
11.7. Медленный рост трещины	314
11.8. Механизмы диссипации энергии	318
11.8.1. Введение	318
11.8.2. Искривление фронта трещины	318
11.8.3. Отклонение плоскости трещины	320
11.8.4. Отслоение волокон	322
11.8.5. Извлечение волокон	323
11.8.6. Запаздывающая диссипация энергии	326
11.8.7. Микрорастрескивание	327
11.8.8. Фазовый переход	329
Литература	330
Общая	330
Специальная	331
Задачи	331

Глава 12.

Ударная стойкость 332

12.1. Введение 332

12.2. Ударные испытания 332

12.3. Ударное повреждение 334

12.4. Остаточная прочность 338

12.5. Эпоксидные и термопластичные матрицы 342

Литература 342

 Специальная 342

Задачи 342

Глава 13.

Влияние окружающей среды и усталость 343

13.1. Введение 343

13.2. Методы испытания 343

13.3. Однонаправленные композиты 344

13.4. Многослойные ламинаты 347

13.5. Влияние частоты 348

13.6. Влияние свободных краев
и концентраторов напряжения 349

13.7. Сжатие 350

13.8. Композиционные материалы на основе ткани 350

13.9. Гибридные композиты 351

13.10. Влагопоглощение 352

13.11. Влияние ультрафиолета и кислот 353

13.12. Влияние среды 353

Литература 354

 Общая 354

 Специальная 354

Задачи 354

Глава 14.

Соединение деталей 355

14.1. Введение 355

14.2. Механическое соединение 356

 14.2.1. Механизмы разрушения 356

 14.2.2. Соединительные элементы 359

 14.2.3. Прочность при смятии 360

 14.2.4. Сравнение металлов и композитов 361

 14.2.5. Влияние количества отверстий 363

 14.2.6. Анализ полей напряжения 364

14.3. Клеевые соединения 364

 14.3.1. Механизмы разрушения 364

14.3.2. Обработка склеиваемых поверхностей	365
14.3.3. Анализ распределения напряжения	365
14.3.4. Результаты испытаний	368
14.3.5. Свойства адгезива	368
14.3.6. Общие соображения при проектировании	369
14.4. Ремонт	370
14.4.1. Введение	370
14.4.2. Методы ремонта	370
14.4.3. Починка при помощи болтового соединения	372
Литература	373
Специальная	373
Задачи	373
Глава 15.	
Методы неразрушающего контроля	374
15.1. Введение	374
15.2. Ультразвуковые методы	375
15.3. Рентгенография	381
15.4. Вибрационные методы	386
15.4.1. Общие методы	386
15.4.2. Локальные методы	387
15.5. Тепловые методы	390
15.6. Акустическая эмиссия	391
15.6.1. Методы анализа сигналов	392
15.6.2. Локация источника микроразрушения	396
15.6.3. Акустоультразвук	397
Литература	397
Общая	397
Специальная	398
Задачи	398
Приложение	399
A.1. Матрицы и детерминанты	399
A.2. Детерминанты	399
A.2.1. Вычисление детерминанта матрицы 2×2	399
A.2.2. Вычисление минора	400
A.2.3. Вычисление детерминанта матриц (3×3)	400
A.2.4. Правило Сарруса	401
A.3. Свойства матриц	401
A.3.1. Равенство матриц	401
A.3.2. Сложение матриц	401
A.3.3. Умножение матрицы на число	402
A.3.4. Умножение матриц	402
A.3.5. Матричная форма записи системы уравнений	403

А.3.6а. Транспонирование матриц	403
А.3.6.в. Нахождение присоединенной матрицы	403
А.3.6с. Обратная матрица	404
Предметный указатель	405
Список дополнительной литературы	407