

## **Оглавление**

### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

#### **Глава 1**

### **ВВЕДЕНИЕ**

- 1.1. Масштабные уровни структуры
  - 1.2. История разработки композитов
  - 1.3. Свойства волокон
  - 1.4. Доля волокон
  - 1.5. Преимущества композитов
- Список литературы

#### **Глава 2**

### **РАЗРУШЕНИЕ**

- 2.1. Что такое разрушение
  - 2.2. Механизмы разрушения
    - 2.2.1. Хрупкое разрушение
    - 2.2.2. Пластическое разрушение
    - 2.2.3. Квазихрупкое разрушение
    - 2.2.4. Крэйзы
  - 2.3. Механические характеристики
    - 2.3.1. Виды разрушения
  - 2.4. Теория хрупкого разрушения Гриффитса—Орована
    - 2.4.1. Теоретическая прочность
  - 2.5. Концентрация напряжений
    - 2.5.1. Теория Гриффитса
    - 2.5.2. Теория Орована
    - 2.5.3. Методы измерения вязкости разрушения
    - 2.5.4. Метод податливости
    - 2.5.5. Сильный изгиб консолей
    - 2.5.6. Плосконапряженное состояние и плоская деформация
    - 2.5.7. Размер зоны пластичности
    - 2.5.8. Температура и скорость нагружения
  - 2.6. Вязкость разрушения волокнистого композита
  - 2.7. Поперечное разрушение
    - 2.7.1. Энергия упругой деформации волокна
    - 2.7.2. Отслоение волокон
    - 2.7.3. Извлечение волокон
    - 2.7.4. Адгезионное разрушение
    - 2.7.5. Слой адгезива
- Список литературы

#### **Глава 3**

### **ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ**

- 3.1. Продольный модуль упругости
- 3.2. Поперечный модуль упругости

- 3.3. Модуль сдвига
  - 3.4. Влияние температуры
  - 3.5. Коэффициент Пуассона
  - 3.6. Прочность
    - 3.6.1. Поперечное растяжение
    - 3.6.2. Пластичная матрица
      - 3.6.2.1. Регулярная решетка волокон
      - 3.6.2.2. Случайно распределенные волокна
  - 3.7. Внутрислойный сдвиг
  - 3.8. Продольное растяжение
    - 3.8.1. Растяжение под углом к оси волокон
  - 3.9. Осевое растяжение
    - 3.9.1.  $e_f > e_m$
    - 3.9.2.  $e_f < e_m$
  - 3.10. Растрескивание
    - 3.10.1. Исчерпание несущей способности волокон
  - 3.11. Теория Розена
  - 3.12. Неэффективная длина волокна
  - 3.13. Малые степени армирования
    - 3.13.1. Пластичная матрица
    - 3.13.2. Прочность пучка волокон
      - 3.13.2.1. Средняя прочность волокон
    - 3.13.3. Размотка
    - 3.13.4. Отслоение разрушенного волокна
    - 3.13.5. Растрескивание вблизи отверстия
    - 3.13.6. Коэффициент реализации прочности волокон
  - 3.14. Влияние температуры
- Список литературы

## **Глава 4**

### **РАЗРУШЕНИЕ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ СЖАТИИ**

- 4.1. Потеря устойчивости волокон
  - 4.2. Исчерпание несущей способности волокон
    - 4.2.1. Разрушение органопластика при повышенной температуре
  - 4.3. Разрушение стеклопластика
    - 4.3.1. Крутка нити
    - 4.3.2. Потеря устойчивости стеклянных волокон
  - 4.4. Разрушение углепластика
    - 4.4.1. Высокопрочные углеродные волокна
      - 4.4.1.1. Влияние отверстия
      - 4.4.1.2. Влияние пор
      - 4.4.1.3. Разрушение при повышенной температуре
- Список литературы

## **Глава 5**

### **РАЗРУШЕНИЕ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИТОВ**

- 5.1. Предел прочности

- 5.1.1. Модель регулярной упаковки частиц
- 5.1.2. Модель композита со случайно распределенными частицами
- 5.1.3. Крупные частицы
- 5.2. Деформация при разрыве
  - 5.2.1. Однородно деформирующиеся матрицы
  - 5.2.2. Матрицы, деформирующиеся путем распространения шейки
- 5.3. Верхний предел текучести
- 5.4. Нижний предел текучести
  - 5.4.1. Переходы механизмов разрушения
  - 5.4.2. Переход к хрупкому разрушению
    - 5.4.2.1. Хорошая адгезия
    - 5.4.2.2. Слабая адгезия
      - 5.4.2.2.1.  $s_m < s_y$ . Переход к хрупкому разрушению
      - 5.4.2.2.2.  $s_m > s_y$ . Переход к однородному пластическому течению
- Список литературы

## Глава 6

### ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТОВ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ, ЖЕСТКОСТЬЮ И ВЯЗКОСТЬЮ РАЗРУШЕНИЯ

- 6.1. Влияние пространственного распределения частиц наполнителя
- 6.2. Влияние низкомолекулярных добавок
- 6.3. Полимеры, наполненные эластичными частицами
  - 6.3.1. Теории упрочнения
  - 6.3.2. Морфология дисперсной фазы
  - 6.3.3. Эластомерные оболочки вокруг жестких частиц
  - 6.3.4. Другие способы повышения ударной вязкости
  - 6.3.5. Полимерные смеси
- 6.4. Гомогенизация микронеоднородных сред
  - 6.4.1. Осредненное описание композитов
  - 6.4.2. Уравнения для расчета эффективных характеристик
  - 6.4.3. Обоснование корректности и оценка точности осредненного описания
- 6.5. Методы моделирования
  - 6.5.1. Некоторые вспомогательные соотношения
  - 6.5.2. Верхние и нижние оценки эффективных постоянных
  - 6.5.3. Приближения в области малых и больших концентраций и некоторые точные результаты
  - 6.5.4. Модели самосогласования
  - 6.5.5. Приближения теории случайных функций
  - 6.5.6. Вычислительные методы механики композитов
  - 6.5.7. Осреднение по ориентации армирующих элементов
- 6.6. Упругие свойства неоднородных материалов упорядоченной структуры
  - 6.6.1. Дисперсно-наполненные полимерные композиты и смеси
  - 6.6.2. Пенопласты

- 6.6.3. Материалы, армированные волокнами
  - 6.6.4. Композиты, содержащие пластинчатые включения
  - 6.6.5. Влияние адгезии
  - 6.7. Упругие свойства неоднородных материалов хаотической структуры
    - 6.7.1. Теория перколяции
    - 6.7.2. Влияние на жесткость двухфазных композитов объемного соотношения составляющих
  - 6.8. Поведение композитов в области больших деформаций
    - 6.8.1. Композиты упорядоченного строения
    - 6.8.2. Неоднородные материалы случайной структуры
- Список литературы

## **Глава 7**

### **ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

- 7.1. Дефекты и неоднородность структуры материала, влияющие на прочность композита
  - 7.2. Прочность крученной нити
  - 7.3. Концентраторы напряжений
  - 7.4. Разрушение пенопластов при сжатии по механизму потери устойчивости
- Список литературы

## **Глава 8**

### **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, ДИФфуЗИОННЫЕ СВОЙСТВА И ГОРЮЧЕСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

- 8.1. Моделирование процессов тепло-, электропроводности и диффузии
  - 8.2. Расчет коэффициента теплового расширения композита
  - 8.3. Горючесть
    - 8.3.1. Инертные наполнители
    - 8.3.2. Активные наполнители (антипирены)
    - 8.3.3. Микрокапсулирование антипиренов
- Список литературы

## **Глава 9**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, ИХ ПЕРЕРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ**

- 9.1. Технология получения наполнителей
- 9.2. Методы обработки наполнителей
  - 9.2.1. Аппретирование
  - 9.2.2. Капсулирование наполнителя
- 9.3. Получение полимерного слоя на поверхности наполнителя методом радикальной полимеризации
  - 9.3.1. Механохимическое инициирование
  - 9.3.2. Радиационная прививка

- 9.3.3. Прививка на целлюлозные материалы
  - 9.3.4. Закрепление активных центров на поверхности наполнителя
  - 9.4. Компаундирование
    - 9.4.1. Смешение в экструдере
    - 9.4.2. Введение армирующих наполнителей
  - 9.5. Полимеризация на поверхности наполнителей
    - 9.5.1. Методы полимеризации
    - 9.5.2. Молекулярная характеристика полимеризационно-наполненных композитов
    - 9.5.3. Реологические и механические свойства полимеризационно-наполненных композитов, области применения
  - 9.6. Полимеризация в присутствии наполнителей
  - 9.7. Модификация матрицы
  - 9.8. Переработка ПКМ и свойства изделий
    - 9.8.1. Литье под давлением
    - 9.8.2. Два подхода к решению технологических задач
    - 9.8.3. Экструзия
  - 9.9. Экономика ПКМ
    - 9.9.1. ПКМ в производстве труб
    - 9.9.2. Изделия массового потребления из ПКМ
    - 9.9.3. ПКМ с улучшенными свойствами
    - 9.9.4. Высокопрочные ПКМ и суперконструкционные пластики
- Список литературы