

PHY2782 - Современные проблемы наук о материалах и процессах

13-Лекция

Углеродные волокна и композиционные материалы

Получение, переработка,
эксплуатационные проблемы

7M07103 – Материаловедение и технология новых материалов

5 кредита (2/0/1/2)

Семестр: 3, весенний, 2025-2026 учебный год

лектор: Керимкулова Алмагуль Рыскуловна – к.х.н., ассоц.профессор



Что такое углеродное волокно?

Структура и свойства

Тонкие нити диаметром 3–15 микрон из выровненных кристаллов углерода. Обладают исключительной прочностью на растяжение — до 3 ГПа — при минимальном удельном весе и низком тепловом расширении.

История развития

От первых опытов Томаса Эдисона в 1880 году до современных полиакрилонитрильных (ПАН) волокон, разработанных в 1960-х годах. Путь от лабораторной диковинки к промышленной необходимости.

Технологии производства углеродных волокон

01

Выбор предшественника

Полиакрилонитрильные волокна (ПАН) и нефтяные пеки — основные сырьевые источники для получения углеродных волокон высокого качества.

02

Многоступенчатая термообработка

Сложный процесс нагрева до 2500 °C с контролируемой атмосферой. Каждый этап — критичен для развития кристаллической структуры и механических свойств.

03

Инновации: биомасса

Новейшие разработки 2020-х годов: углеродные волокна из целлюлозы и древесины. Экологичный путь к устойчивому производству без потери качества.



Микроструктура углеродного волокна

- ❏ **Волокно — кристаллическая сила** Упорядоченная атомная решетка углерода, выявленная электронной микроскопией, объясняет уникальные механические и тепловые характеристики. Каждый атом на месте — каждая связь имеет значение.

Композиционные материалы на основе углеродных волокон



Углерод-углеродные (C/C)

Термостойкость до 3000 °C.
Авиация, космос, ракеты.



CFRP в полимерах

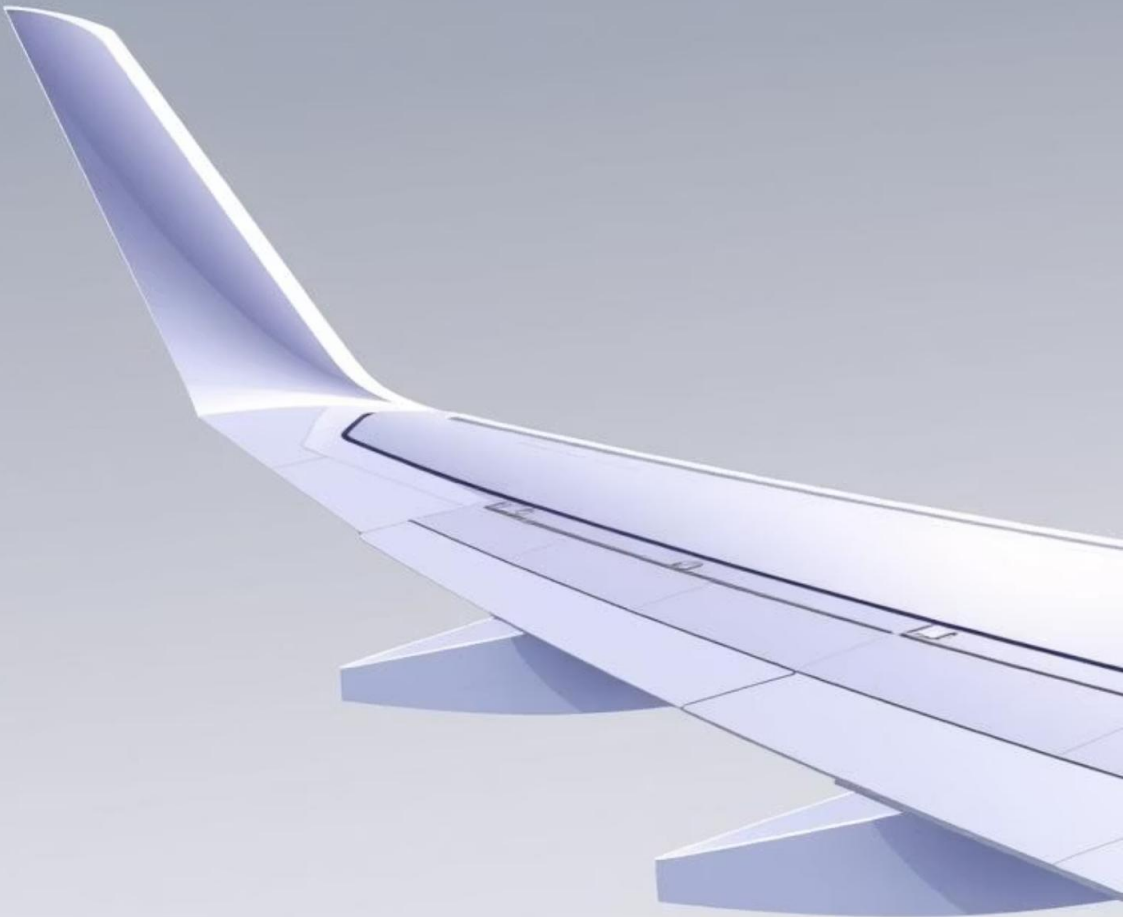
Легкость и прочность. Boeing 787, Airbus A350.



Металлические матрицы

Алюминий, титан, никель.
Высокотемпературные применения.

Каждая комбинация матрицы и волокна создает уникальный профиль свойств для специализированных применений.



Применение: примеры и масштабы

50%

Boeing 787
конструкции из
CFRP

Экономия топлива:
22%

38%

Лопаст
ветротурбин

Vestas >100 метров
Снижение массы на
38%



Растущий
рынок

Автомобили, спорт,
электроника,
медицина

Эксплуатационные проблемы композитов

Хрупкость материала

Низкая ударная вязкость CFRP по сравнению с металлами требует осторожного проектирования и эксплуатации.

Температурные ограничения

Полимерные матрицы работают только до 300–350 °С. Требуются альтернативные решения для экстремальных условий.

Переработка и утилизация

Термореактивные композиты сложны для повторной переработки. Актуальная экологическая проблема для индустрии.

Коррозионная стойкость

Взаимодействие с металлическими креплениями может привести к гальванической коррозии и деградации материала.



Современные решения и инновации

→ Витримеры

Перерабатываемые термореактивные матрицы с углеродным армированием — решение экологической проблемы.

→ Улучшение интерфейса

Оптимизация взаимодействия волокно-матрица повышает прочность, долговечность и надежность в критических применениях.

→ Новые матричные системы

Керамические и металлические матрицы расширяют температурные диапазоны и возможности применения композитов.

→ Биомассовые альтернативы

Углеродные волокна из целлюлозы и древесины обещают экологичность без компромисса в производительности.

Круговая экономика в углеродных материалах

Проблема отходов

Ежегодно миллионы тонн композитных отходов. Первостепенная задача — разработка экономически эффективных и экологичных методов переработки и повторного использования материалов.

Путь к устойчивости

Витримеры, химическая рециклизация и новые технологии восстановления волокна открывают возможность полноценной круговой экономики в этом секторе.



Заключение: будущее углеродных композитов

Углеродные материалы — ключ к легким, прочным и устойчивым конструкциям будущего.

Инновации в производстве

Расширяют сферы применения и снижают экологический след.

Вызовы эксплуатации

Стимулируют новые научные открытия и технологические прорывы.

Время действия — сейчас

Углеродные композиты трансформируют промышленность прямо сегодня.

