

Углепластики для деталей и узлов трения оборудования, работающего в условиях Арктики и  
Крайнего Севера  
Авторы: Бахарева В.Е., Орыщенко А.С.

ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» им. академика И.В. Горынина



**В.Е. Бахарева, А.С. Орыщенко**  
**УГЛЕПЛАСТИКИ**  
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ТРЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ,  
РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА



ЛА «Профессионал»  
С.-Петербург, 2017

Дар Прометей

## СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений

К читателю

Введение. Особенности эксплуатации оборудования в Арктике

Глава 1. Виды трения и изнашивания в узлах машин

1.1. История трибоматериаловедения .

1.2. Трение. Основные понятия и определения .

1.3. Изнашивание. Основные понятия и определения

1.4. Трение и изнашивание в воде

Литература

Глава 2. Классификация антифрикционных материалов

2.1. Общие сведения

2.2. Баббиты .

2.3. Сплавы на медной основе

2.3.1. Бронзы

2.3.2. Латуни

2.4. Природные антифрикционные материалы

2.5. Углеродные антифрикционные материалы

2.6. Полимерные антифрикционные материалы

Литература

Глава 3. Полимерные антифрикционные материалы

3.1. Полиамиды

3.1.1. Переработка алифатических полиамидов

3.1.2. Ароматический полиамид — фенилон

3.2. Фторопласты

3.2.1. Фторполимеры и их применение в Арктике

3.3. Антифрикционные углепластики

3.3.1. Армирующие материалы

3.3.2. Углеродные волокна

3.3.3. Термореактивные матрицы

Литература

Глава 4. Структура антифрикционных углепластиков и их взаимодействие с контртелами

4.1. Влияние структуры (анизотропии) на физико-механические свойства углепластиков

4.2. Триботехнические характеристики углепластиков при трении по бронзам

4.2.1. Механизм износа при трении по медным сплавам

4.3. Триботехнические характеристики углепластиков при трении по сталям

4.3.1. Микроструктура и механизм изнашивания поверхностей углепластика при трении по коррозионно-стойкой стали

4.3.2. Механизм износа

4.3.3. Зависимость триботехнических характеристик углепластиков от структуры стального контртела

Литература

Глава 5. Антифрикционные углепластики в подшипниках скольжения

5.1. Углепластики в судовых механизмах

5.1.1. Высокопрочный эпоксидный углепластик марки УГЭТ

5.1.2. Фенольный углепластик марки ФУТ

5.1.3. Теплостойкий полифениленсульфидный углепластик УПФС

5.2. Антифрикционные углепластики для подшипников скольжения центробежных насосов в энергетическом, нефтегазовом и химическом машиностроении

5.2.1. Условия эксплуатации подшипников центробежных насосов

- 5.2.2. Выбор оптимального материала для скоростных подшипников скольжения центробежных насосов
- 5.2.3. Применение подшипников из углепластиков в насосах топливно-энергетического комплекса (ТЭК)
- 5.2.4. Применение подшипников из фенольных углепластиков в насосах энергетических установок
- 5.3. Подшипники арматуры трубопроводов
- 5.4. Подшипники гидротурбин
- 5.5. Торцевые уплотнения вала гидротурбин
- 5.6. Узлы трения в тяжелом машиностроении
- 5.7. Антифрикционные углепластики в узлах трения железнодорожного транспорта
- 5.8. Узлы трения контактных электрических сетей железных дорог
- 5.9. Технология изготовления подшипников из антифрикционных углепластиков
  - 5.9.1. Основные операции
  - 5.9.2. Влияние технологических параметров на свойства полимерной матрицы
  - 5.9.3. Влияние температуры прессования на свойства антифрикционного углепластика УГЭТ
  - 5.9.4. Зависимость свойств антифрикционного углепластика УГЭТ от времени выдержки при прессовании
  - 5.9.5. Свойства углепластиков, отпрессованных при различном давлении

#### Литература

### Глава 6. Модификация антифрикционных углепластиков

- 6.1. Микромодификация углепластиков фторопластом
- 6.2. Макромодификация углепластиков фторопластами
  - 6.2.1. Высокоскоростные подшипники для судовых узлов трения
  - 6.2.2. Низкоскоростные бинарные опоры для гидротурбин
- 6.3. Модификация антифрикционных углепластиков металлами и халькогенидами металлов
  - 6.3.1. Оловянный баббит марки Б-83
  - 6.3.2. Никель
  - 6.3.3. Медь
  - 6.3.4. Модификация дисульфидом молибдена

#### Литература

### Глава 7. Теплостойкие антифрикционные углепластики

- 7.1. Антифрикционные углепластики в жестких условиях эксплуатации
- 7.2. Физико-механические характеристики термопластичного углепластика УПФС
- 7.3. Триботехнические характеристики углепластика УПФС
  - 7.3.1. Влияние материала контртела на триботехнические характеристики при работе в воде
  - 7.3.2. Триботехнические характеристики УПФС при сухом трении
- 7.4. Технология получения углепластика УПФС
- 7.5. Применение теплостойких углепластиков в паровых турбинах
- 7.6. Стендовые испытания подшипников насосов и паровых турбин
  - 7.6.1. Стендовые испытания подшипников насосов энергетических установок при температурах рабочей среды до 200 град С
  - 7.6.2. Стендовые испытания подшипника паровой турбины

#### Литература

### Глава 8. Методики исследования триботехнических характеристик

- 8.1. Исследования триботехнических характеристик экспресс-методом
- 8.2. Испытания при сухом трении
- 8.3. Длительные лабораторные исследования триботехнических характеристик
- 8.4. Методика триботехнических испытаний в экстремальных условиях
- 8.5. Методика исследований микроструктуры и химического состава углепластиков и металлических контртел

8.5.1. Методика исследования структуры связующих и углепластиков на растровом электронном микроскопе

8.5.2. Исследование структуры поверхности пар трения

8.5.3. Исследование структурных изменений в поверхностных слоях контртел

8.6. Дифференциальная сканирующая калориметрия

8.7. Динамический механический анализ

Литература

Глава 9. Исследование морфологии поверхности антифрикционных углепластиков методами атомно-силовой и электронной микроскопии

Литература

Глава 10. Утилизация углепластиков

Литература

Заключение. История создания антифрикционных углепластиков

Приложение 1. Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года

Приложение 2. Конструкционные материалы для освоения арктического шельфа

Приложение 3. Новое в науке о трении. Экологичность

Авторы