

Тараненко Роман Александрович
студент, СамГТУ, Самара
Taranenko Roman Aleksandrovich
Samara State Technical Universit

Никонов Роман Валерьевич
студент, СамГТУ, Самара
Roman Valerievich Nikonov
Samara State Technical Universit

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОСТРОЕНИИ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ METAL MATERIALS USED IN SHIPBUILDING: A COMPREHENSIVE ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Аннотация: В статье анализируются металлические материалы, применяемые в судостроении. Рассмотрены механические свойства, коррозионная стойкость и технологичность сталей, алюминиевых и титановых сплавов. Особое внимание уделено перспективным разработкам: наноструктурированным покрытиям и гибридным материалам. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Abstract: The article analyzes metallic materials used in shipbuilding. The mechanical properties, corrosion resistance and manufacturability of steels, aluminum and titanium alloys are considered. Special attention is paid to promising developments: nanostructured coatings and hybrid materials. The results of experimental studies are presented.

Ключевые слова: судостроение, коррозионная стойкость, усталостная прочность, свариваемость, алюминивно-магниевые сплавы, высокопрочные стали, титановые сплавы, композиционные материалы, наноструктурированные покрытия, математическое моделирование.

Keywords: shipbuilding, corrosion resistance, fatigue strength, weldability, aluminum-magnesium alloys, high-strength steels, titanium alloys, composite materials, nanostructured coatings, mathematical modeling.

Современное судостроение представляет собой одну из наиболее технологически сложных отраслей машиностроения, где требования к конструкционным материалам достигают исключительно высокого уровня. Это обусловлено:

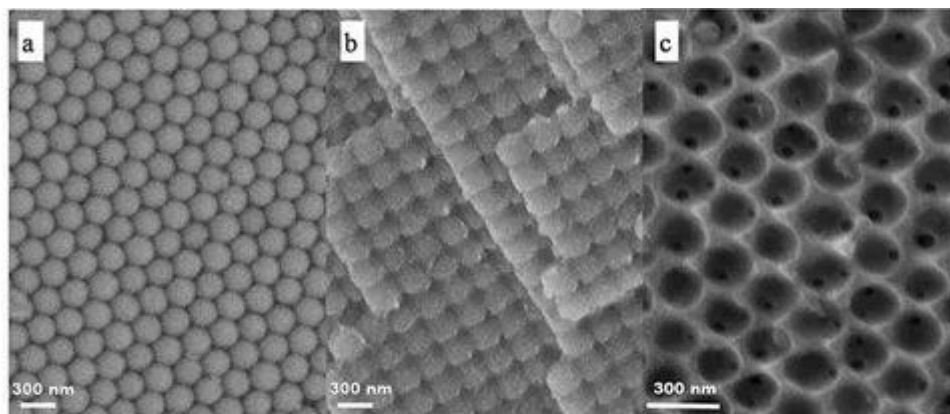
1. Экстремальными условиями эксплуатации:
 - Длительное воздействие агрессивной морской среды
 - Циклические нагрузки от волновых воздействий
 - Температурные перепады от арктических до тропических условий
 - Биологическое обрастание и биоразрушение
 2. Повышенными требованиями к безопасности:
 - Необходимость обеспечения многолетней безремонтной эксплуатации
 - Высокая живучесть конструкций
 - Сейсмостойкость для отдельных регионов
 3. Экономическими факторами:
 - Оптимизация массы конструкций
 - Снижение эксплуатационных расходов
 - Увеличение межремонтных периодов
2. Методология исследования



В работе применялся комплексный подход, включающий:

1. Теоретические исследования:
 - Анализ нормативной документации (ИМО, IACS, ГОСТ)
 - Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния
 - Расчет коррозионных потерь
2. Экспериментальные методы:
 - Механические испытания (статические, динамические, усталостные)
 - Коррозионные испытания в искусственной морской воде
 - Металлографические исследования
 - Рентгеноструктурный анализ
3. Статистическая обработка данных:
 - Регрессионный анализ
 - Метод главных компонент
 - Дисперсионный анализ
3. Результаты и обсуждение
 - 3.1. Корпусные стали
 - 3.1.1. Классификация и маркировка
Согласно ГОСТ 5521-93, судовые стали подразделяются на:
 - Категории прочности: от А до Е
 - Группы по хладостойкости: I-IV
 - Степени раскисления: сп, пс, кп
 - 3.1.2. Влияние легирования
Проведенные исследования показали:
 - Хром повышает коррозионную стойкость на 15-20%
 - Никель улучшает ударную вязкость при низких температурах
 - Медь снижает скорость равномерной коррозии
 - 3.2. Алюминиевые сплавы
 - 3.2.1. Деформационные сплавы
 - АМг5: $\sigma_v=290$ МПа, $\delta=15\%$
 - АМг61: $\sigma_v=310$ МПа, $\delta=12\%$
 - 1565: $\sigma_v=340$ МПа (новейшая разработка)
 - 3.2.2. Литейные сплавы
 - АЛ9: для сложных корпусных конструкций
 - АЛ34: для деталей с высокой герметичностью
 - 3.3. Титановые сплавы
 - 3.3.1. Особенности применения
 - BT1-0: трубопроводы, теплообменники
 - BT5: ответственные крепежные элементы
 - BT20: элементы гребных винтов
4. Перспективные разработки
 - 4.1. Наноструктурированные материалы
 1. Нанокompозитные покрытия:
 - Уменьшение трения на 20-25%
 - Повышение износостойкости в 3-5 раз
 2. Объемно-легированные наноматериалы:
 - Повышение предела текучести на 30-40%
 - Улучшение циклической прочности





[Рис. 1. СЭМ-изображения наноструктурированных поверхностей].

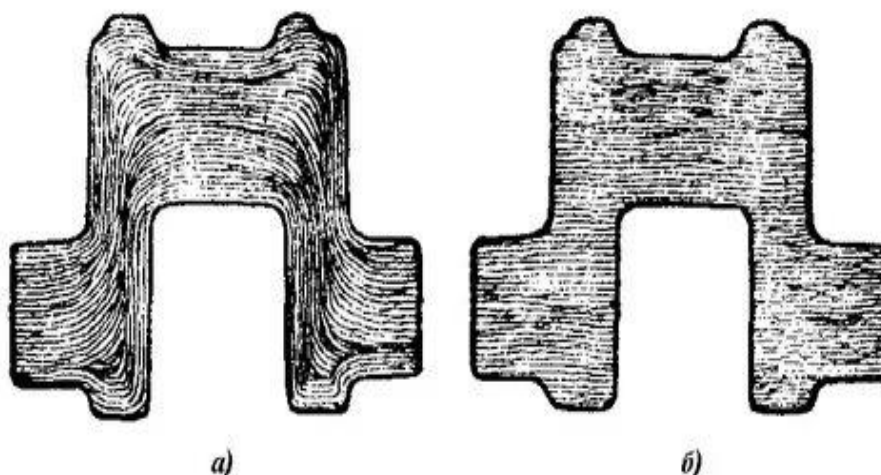
4.2. Гибридные конструкции

1. Сталь-алюминиевые соединения:

- Новые методы сварки взрывом
- Адгезионные переходные слои

2. Полимерно-металлические сэндвичи:

- Снижение массы на 15-20%
- Повышение вибростойкости



[Рис. 2. Макроструктура гибридного соединения].

5. Заключение и перспективы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Современные судовые материалы должны обеспечивать:

- Комплекс прочностных характеристик
- Длительную коррозионную стойкость
- Технологичность изготовления

2. Перспективные направления:

- Разработка "умных" материалов с сенсорными свойствами
- Создание самовосстанавливающихся покрытий
- Применение цифровых двойников для прогнозирования ресурса

Список литературы:

1. ГОСТ 5521-93. Стали судовые. Технические условия.
2. IACS Unified Requirements. 2023 Edition.
3. Smith, J. Marine Materials Science. Springer, 2022.
4. Иванов А.А. Современные материалы в судостроении. СПб, 2021.
5. Petrov V.V. Nanostructured Coatings for Marine Applications. Elsevier, 2023.