

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**  
**"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"**  
**№ 3(83), 2015**  
**СОДЕРЖАНИЕ**

**МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ**

- Цуканов В. В., Зиза А. И. Совершенствование режимов термообработки стали марок 35ХНЗМФА и 38ХНЗМФА с целью повышения сопротивляемости хрупкому разрушению. 2. Применение двукратного отпуска ..... 7
- Сагарадзе В. В., Катаева Н. В., Мушникова С. Ю., Калинин Г. Ю., Харьков О. А., Костин С. К., Парменова О. Н. Структура и свойства плакированной двухслойной стали для корпусов арктических судов..... 14
- Гринберг Е.М., Алексеев А.А. Рентгенографическое исследование низкотемпературного распада мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали ..... 26
- Громов В. Е., Перегудов О. А., Иванов Ю. Ф., Морозов К. В., Алсараева К. В. Эволюция структуры и свойств поверхностного слоя рельсов при длительной эксплуатации ..... 30
- Кудрявцев А. С., Охапкин К. А., Трапезников Ю. М., Артемьева Д. А., Ковалев П. В. Повышение служебных характеристик стали марки 08Х16Н11М3 за счет оптимизации системы легирования... ..... 38
- Алеутдинова М. И., Фадин В. В. Износостойкость углеродистых сталей под воздействием трения и электрического тока высокой плотности ..... 47
- Пустовалов Д. А., Мокрицкий Б. Я., Коннова Г. В., Григорьева А. Л., Коновалова Н. С. Сравнительная оценка свойств инструментальных материалов по площади следа индентирования при маятниковом скрайбировании ..... 54
- Шаболдо О. П., Виторский Я. М., Мазуров С. А., Тихонова А. М., Филиппова Н. А. Разработка термомеханических режимов изготовления тонкой ленты из титанового  $\beta$ -сплава марки ТС6 ..... 63
- Оспенникова О. Г., Петрушин Н. В., Тренингов И. А., Тимофеева О. Б. Фазовые и структурные превращения в жаропрочном интерметаллидном сплаве на основе никеля ..... 69

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

- Бобкова Т. И., Фармаковский Б. В., Богданов С. П. Создание композиционных наноструктурированных поверхностно-армированных порошковых материалов на основе систем Ti/WC и Ti/TiCN для напыления покрытий повышенной твердости..... 80
- Тарасенко Ю.П., Царева И.Н., Леванов Ю.К., Кривина Л.А., Бердник О.Б., Ильичев В.А. О возможности получения защитного покрытия интерметаллидного состава методом газодинамического порошкового напыления..... 91
- Герашенков Д. А., Орыщенко А. С. Алюмоматричные функциональные покрытия с высокой микротвердостью, полученные из композиционных порошков системы Al-Sn + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом холодного газодинамического напыления ..... 100
- Масайло Д. В., Ковалева А. А., Фармаковский Б. В. Повышение прочности литых микропроводов после их получения ..... 108
- Урханова Л. А., Лхасаранов С. А., Миняева А. А., Семенов А. П., Смирнягина Н. Н. Влияние углеродного наномодификатора на изменение фазового состава, структуры и свойств цементных композитов ..... 114
- Каменева А. Л. Влияние способа осаждения и его ассистирования на эволюцию структуры поликристаллических пленок в низкотемпературной зоне ..... 122

**ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

- Седлецкий Р. В. Особенности оценки эксплуатационного ресурса сферопластиков как материала элементов плавучести глубоководных аппаратов ..... 133

Деев И. С., Старцев О. В., Никишин Е. Ф. Фрактографический анализ углепластика КМУ-4л после 12 лет экспозиции на внешней поверхности международной космической станции и последующих испытаний на изгиб .....	140
Душин М. И., Платонов А. А., Караваев Р. Ю., Меркулова Ю. И. Параметры, определяющие режимы пропитки армирующих наполнителей ПКМ связующими .....	150
<b>СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Беляев С. Н., Щербак А. Г. Влияние твердофазных взаимодействий на формирование соединений при диффузионной сварке узлов точного приборостроения.....	160
<b>КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ</b>	
Кузьмин Ю. Л., Лащевский В. О., Калинин Г. Ю. Влияние катодной поляризации в морской воде на механические характеристики высокопрочной азотсодержащей стали .....	167
Кузьмин Ю. Л., Медяник Т. Е., Мушникова С. Ю., Парменова О. Н. Электрохимическая протекторная защита от питтинговой, язвенной и щелевой коррозии в морской воде судостроительных нержавеющей сталей и их сварных соединений, в том числе в условиях обрастания .....	173
<b>РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ</b>	
Марголин Б. З., Варовин А. Я., Минкин А. И., Сорокин А. А., Пиминов В. А., Евдокименко В. В., Федосовский М. Е., Шерстобитов А. Е., Овчинников А. Г., Ерак Д. Ю., Бобков А. В., Тимофеев А. М., Тимохин В. И., Якушев С. В., Васильев В. Г. Определение изменения геометрии выгородки реактора ВВЭР-1000 в процессе эксплуатации: расчет и измерение .....	182
<b>КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ</b>	
Садкин К. Е., Ильин А. В., Лаврентьев А. А. Исследование циклической трещиностойкости высокопрочных сталей для оценки ресурса конструкций глубоководной техники.....	197
<b>ИСПЫТАНИЯ, ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ</b>	
Мокрицкий Б. Я., Пустовалов Д. А., Алтухова В. В., Кваша В. Ю. Экспресс-метод сравнительной оценки и прогнозирования свойств составных фрез .....	209
<b>Рефераты публикуемых статей</b> .....	215
<b>Авторский указатель</b> .....	229
<b>Научно-технический журнал «вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов</b> .....	231

## РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194.55:621.785:539.422.22

**Совершенствование режимов термообработки стали марок 35ХНЗМФА и 38ХНЗМФА с целью повышения сопротивляемости хрупкому разрушению. 2. Применение двукратного отпуска.** Цуканов В. В., Зиза А. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 7–13.

Проведено сравнение сопротивляемости хрупкому разрушению металла изделий из стали марки 38ХНЗМФА и 35ХНЗМФА, произведенных по разным технологиям. Установлено, что двукратный отпуск значительно повышает сопротивляемость хрупкому разрушению. Металл изделий после двукратного отпуска не склонен к коррозионному растрескиванию под напряжением. Сделан вывод о необходимости проведения двукратного отпуска для всех изделий из стали, эксплуатирующихся при отрицательных температурах.

*Ключевые слова:* коррозионное растрескивание под напряжением, вторичный мартенсит, двукратный отпуск, ударная вязкость, сопротивляемость хрупкому разрушению.

УДК 669.15–194.55:621.8:629.561.5

**Структура и свойства плакированной двухслойной стали для корпусов арктических судов.** Сагарадзе В. В., Катаева Н. В., Мушникова С. Ю., Калинин Г. Ю., Харьков О. А., Костин С. К., Парменова О. Н. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 14–25.

Аустенитная сталь Х20Н6Г11АМ2БФ, содержащая 0,4 мас. % азота, после закалки с прокатного нагрева, а также после закалки от 1150°C и холодной деформации на 15% имеет высокий уровень механических свойств, повышенные износостойкость и сопротивление коррозионному растрескиванию под напряжением, что свидетельствует о возможности ее использования в качестве плакирующего материала корпусных сталей арктических судов. Получено прочное соединение плакирующего слоя из аустенитной стали типа Х20Н6Г11М2АФБ с 0,4 мас. % и корпусной стали типа 10Н3ХДМБФ. Сопротивление сдвигу слоев составило 437–520 МПа. При разных условиях плакирования на границе плакирующего слоя и материала основы обнаружено перераспределение легирующих элементов с образованием мартенситного слоя, что необходимо учитывать при окончательной термической обработке.

*Ключевые слова:* азотсодержащая сталь, коррозионное растрескивание, структура, электронно-микроскопические исследования, плакирующий материал.

УДК 669.14.018.298.3:669.017.3

**Рентгенографическое исследование низкотемпературного распада мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали.** Гринберг Е. М., Алексеев А. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 26–29.

Исследовано изменение степени тетрагональности в процессе низкотемпературного распада мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали. Установлено, что лимитирующим фактором процессов, приводящих к изменению микротвердости при низкотемпературном распаде мартенсита среднеуглеродистой стали, является обеднение пересыщенного твердого раствора углеродом. Снижение концентрации углерода и соответственно степени тетрагональности решетки мартенсита при вылеживании и низком отпуске происходит до определенного предела, который не зависит от скорости охлаждения при закалке и температуры отпуска. Образующиеся при распаде мартенсита дисперсные карбиды имеют состав Fe<sub>2</sub>C.

*Ключевые слова:* мартенситное превращение, отпуск, низкотемпературный распад мартенсита, кинетика распада мартенсита, содержание углерода, степень тетрагональности.

УДК 669.14.018.294.2:539.22

**Эволюция структуры и свойств поверхностного слоя рельсов при длительной эксплуатации.** Громов В. Е., Перегудов О. А., Иванов Ю. Ф., Морозов К. В., Алсараева К. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 30–37.

Методами сканирующей и просвечивающей электронной дифракционной микроскопии и измерения микротвердости проведены исследования структуры, фазового состава и свойств поверхностных слоев до 10 мм рельсов Р65 после длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 1000 млн. тонн брутто). Показано, что эксплуатация рельсов ведет к образованию

многослойной структуры. Увеличение твердости поверхности обусловлено формированием наноразмерной зеренной структуры, содержащей включения карбидной фазы. Обсуждены возможные причины и механизмы растворения карбидной фазы при длительной эксплуатации.

*Ключевые слова:* рельсы, структура, фазовый состав, дефектная субструктура, карбиды, эксплуатация.

УДК 669.15–194:621.039.53

**Повышение служебных характеристик стали марки 08X16H11M3 за счет оптимизации системы легирования.** Кудрявцев А. С., Охапкин К. А., Трапезников Ю. М., Артемьева Д. А., Ковалев П. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 38–46.

Исследована возможность ограничения содержания углерода в стали марки 08X16H11M3 для оборудования с натриевым теплоносителем при сохранении исходного уровня механических свойств за счет ее легирования азотом.

*Ключевые слова:* сталь, реакторные установки на быстрых нейтронах, содержание углерода, легирование азотом, механические свойства.

УДК 621.891

**Износостойкость углеродистых сталей под воздействием трения и электрического тока высокой плотности.** Алеутдинова М. И., Фадин В. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 47–53.

Представлены токовые зависимости интенсивности изнашивания и удельной поверхностной электропроводности скользящего электроконтакта углеродистая сталь/закаленная сталь. Показано, что конструкционные стали, содержащие до 0,2% углерода, реализуют более высокую износостойкость, чем более твердые инструментальные стали У7 (0,7%С) и У12 (1,2%С). Катастрофическое изнашивание стали, содержащей 1,2% углерода, начинается при более низкой плотности тока, чем этот же режим других сталей. Уменьшение износостойкости стали при увеличении содержания углерода представлено как следствие уменьшения пластичности материала при увеличении в нем содержания углерода или перлита, что затрудняет релаксацию напряжений в поверхностном слое за счет пластической деформации.

*Ключевые слова:* пластичность поверхностного слоя, усталостное разрушение, малоцикловая усталость, пятна контакта, трение, износостойкость, электропроводность скользящего контакта.

УДК 621.91.02:620.178.152.5

**Сравнительная оценка свойств инструментальных материалов по площади следа индентирования при маятниковом скрайбировании.** Пустовалов Д. А., Мокрицкий Б. Я., Коннова Г. В., Григорьева А. Л., Коновалова Н. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 54–62.

Задача создания методик, позволяющих экспрессно производить сравнительную оценку материалов для изготовления металлорежущего инструмента, является актуальной, так как лабораторные методы оценки трудоемки и дорогостоящи. В работе рассматривается возможность установления взаимосвязи параметров следа маятникового скрайбирования с физико-механическими свойствами исследуемых материалов. Эксперименты проводились на оригинальной установке, измерения и анализ параметров следа – на оптических цифровых микроскопах. Суть маятникового скрайбирования заключается в том, что жесткий маятник с индентором, двигаясь по дуге окружности, взаимодействует с материалом образца. Материал деформируется и в нем формируется некоторый след индентирования. След имеет переменную длину, глубину и ширину. В работе в качестве параметра следа скрайбирования взята площадь индентирования. Средства увеличения позволяют рассчитать площадь следа скрайбирования. В работе приведены результаты экспериментов, позволяющие заключить, что связь площади следа с физико-механическими свойствами материалов установлена. При исследовании группы твердосплавных инструментальных материалов выявлена тенденция, что с ростом твердости и периода стойкости материала площадь следа скрайбирования убывает. Это позволяет ранжировать материалы по их физико-механическим свойствам, а также прогнозировать их эксплуатационные качества.

*Ключевые слова:* инструментальные материалы, металлорежущий инструмент, маятниковое скрайбирование, след индентирования, физико-механические свойства.

УДК 669.295:621.771.23

**Разработка термомеханических режимов изготовления тонкой ленты из титанового  $\beta$ -сплава марки ТС6.** Шаболдо О. П., Виторский Я. М., Мазуров С. А., Тихонова А. М., Филиппова Н. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 63–68.

Исследовано влияние на структуру и свойства титанового сплава ТС6 термомеханических режимов прокатки для получения лент толщиной до 0,2 мм с уровнем прочности  $\sigma_b = 1300\text{--}1400$  МПа и относительным удлинением  $\delta = 3\text{--}6\%$ .

*Ключевые слова:* титановый сплав, термомеханические режимы прокатки, изготовление тонкой ленты, прочность, пластичность.

УДК 669.017.165:669.018.44

**Фазовые и структурные превращения в жаропрочном интерметаллидном сплаве на основе никеля.** Оспенникова О. Г., Петрушин Н. В., Тренингов И. А., Тимофеева О. Б. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 69–79.

Представлены результаты исследования микроструктуры и структурно-фазовых характеристик (температуры: солвус  $\gamma'$ , солидус, ликвидус, коэффициенты сегрегации, параметры кристаллических решеток  $\gamma'$ - и  $\gamma$ -фаз) монокристаллов с кристаллографической ориентацией  $\langle 001 \rangle$  нового жаропрочного интерметаллидного сплава ВИНЗ после направленной кристаллизации, термической обработки, длительных высокотемпературных испытаний на ползучесть.

*Ключевые слова:* жаропрочный интерметаллидный сплав, микроструктура, сегрегация легирующих элементов, фазовая стабильность.

УДК 621.762.2:621.763:621.793.7

**Создание композиционных наноструктурированных порошковых материалов на основе систем Ti/WC и Ti/TiCN для поверхностно-армированных покрытий повышенной твердости.** Бобкова Т. И., Фармаковский Б. В., Богданов С. П. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 80–90.

Разработан новый метод создания композиционных порошковых материалов с использованием Ti, WC и TiCN для напыления защитных покрытий, установлена зависимость свойств получаемых покрытий от соотношения матричной и армирующей компоненты в порошковой композиции, исследована возможность практического применения принципиально новых армирующих материалов.

*Ключевые слова:* композиционные порошковые материалы, поверхностное армирование, коррозионная стойкость, твердость.

УДК 621.793.7:669.017.165:620.197

**О возможности получения защитного покрытия интерметаллидного состава методом газодинамического порошкового напыления.** Тарасенко Ю. П., Царева И. Н., Леванов Ю. К., Кривина Л. А., Бердник О. Б., Ильичев В. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 91–99.

Методом газодинамического напыления получено интерметаллидное покрытие, предназначенное для защиты от газовой коррозии внутренних полостей лопаток турбин газотурбинных двигателей. Фазовый состав покрытия после напыления и термической обработки – ГЦК-никель с 30%-ным содержанием интерметаллидной фазы  $\beta$ -NiAl и 10% оксида алюминия  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Микротвердость покрытия 4250 Н/мм<sup>2</sup>.

*Ключевые слова:* защита от газовой коррозии, интерметаллидное покрытие, метод газодинамического напыления.

УДК 621.793:621.762:620.178.162

**Алюмоматричные функциональные покрытия с высокой микротвердостью, полученные из композиционных порошков системы Al-Sn + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом холодного газодинамического**

**напыления.** Геращенко Д. А., Орыщенко А. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 100–107.

Проведены исследования по определению предельных эксплуатационных возможностей антифрикционных композиционных покрытий, полученных из композиционных порошков системы Al–Sn + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом «холодного» газодинамического напыления, в паре трения со стальным образцом из стали 20Х13 при работе на экстремальных режимах.

*Ключевые слова:* функциональные антифрикционные покрытия, метод «холодного» газодинамического напыления, трибологические испытания, эксплуатационные возможности.

УДК 621.315.3:539.4

**Повышение прочности литых микропроводов после их получения.** Масайло Д. В., Ковалева А. А., Фармаковский Б. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 108–113.

Разработка методов модификации поверхности стеклянной изоляции литых микропроводов для повышения их механической прочности и эластичности. Показана возможность повышения разрывной прочности при одновременном существенном повышении эластичности при изгибе.

*Ключевые слова:* литые микропровода, стеклянная изоляция, модификация поверхности, разрывная прочность, эластичность при изгибе.

УДК 661.66

**Влияние углеродного наномодификатора на изменение фазового состава, структуры и свойств цементных композитов.** Урханова Л. А., Лхасаранов С. А., Миняева А. А., Семенов А. П., Смирнягина Н. Н. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 114–121.

Исследовано влияние добавок углеродного наноматериала, образовавшегося в плазмохимическом реакторе, на фазовый состав, структуру и свойства цементного камня. Для равномерного распределения углеродных наноматериалов в объеме воды затворения был использован ультразвуковой метод обработки нанодобавки совместно с суперпластификаторами.

*Ключевые слова:* углеродный наномодификатор, цементные композиты, ультразвуковой метод, фазовый состав.

УДК 621.793:559.23

**Влияние способа осаждения и его ассистирования на эволюцию структуры поликристаллических пленок в низкотемпературной зоне 1.** Каменева А. Л. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 122–132.

Одним из основных путей стабилизации структуры и эксплуатационных свойств поликристаллических пленок является установление зависимости эволюции их структуры в процессе осаждения от температурных и технологических условий и в конечном итоге построение моделей структурных зон. В работе проанализированы модели структурных зон пленок, сформированные распылением и испарением в вакууме в низкотемпературной зоне 1. Эволюция структуры пленок изучена в зависимости от температурных, технологических и физических параметров процесса осаждения магнетронного распыления на постоянном токе в инертной и реактивной среде. разработана модель формирования поликристаллических пленок в низкотемпературной зоне 1 электродуговым испарением. Установлена скорость нагрева пленки в процессе ее осаждения ( $V_{\text{нагр}} = 3,7\text{--}4,1$  К/мин), позволяющая повысить темп протекания стадий и стабилизировать процесс формирования поликристаллических двухкомпонентных пленок.

*Ключевые слова:* модель структурных зон, низкотемпературная зона, поликристаллические пленки, эволюция структуры, температурные и технологические условия осаждения, магнетронное распыление, электродуговое испарение.

УДК 678.067:544.723

**Особенности оценки эксплуатационного ресурса сферопластиков как материала элементов плавучести глубоководных аппаратов.** Седлецкий Р. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 133–139.

Предложен опытно-экспериментальный метод расчета эксплуатационного ресурса сферопластика, базирующийся на физико-химической менисковой теории реверсивного

водомассопереноса и связанного с ним волнообразного изменения прочности в сферопластике под гидростатическим давлением любого уровня. Отмечена неправомочность оценки эксплуатационного ресурса сферопластика (материала элементов плавучести глубоководных аппаратов) на основе феноменологической концепции баро-временной аналогии, совмещенной с ошибочной трактовкой законов диффузии Фика в применении к процессу водопоглощения в наполненных полимерных композитах.

*Ключевые слова:* сферопластики, элементы плавучести, менисковая модель, процесс водопоглощения, реверсивный водомассоперенос, расчет ресурса.

УДК 678.067:620.174

**Фрактографический анализ углепластика КМУ-4л после 12 лет экспозиции на внешней поверхности международной космической станции и последующих испытаний на изгиб.** Деев И. С., Старцев О. В., Никишин Е. Ф. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 140–149.

Проведены сравнительные фрактографические исследования характера разрушения при испытаниях на статический изгиб и микрофазовой структуры матрицы контрольных и экспонированных образцов углепластика КМУ-4л в течение 12 лет в условиях космического пространства в составе кассеты «Компласт 10-1» на внешней поверхности функционального грузового блока Международной космической станции.

*Ключевые слова:* углепластик, фрактография, микрофазовая структура, международная космическая станция, длительная экспозиция.

УДК 678.7–405.8

**Параметры, определяющие режимы пропитки армирующих наполнителей ПКМ связующими.** Душин М. И., Платонов А. А., Караваев Р. Ю., Меркулова Ю. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 150–159.

Рассмотрены параметры, определяющие условия инъекции связующего, при пропитке сухих наполнителей под избыточным или вакуумным давлением и влияние скорости инъекции на образование пористости пластиков.

*Ключевые слова:* полимерные композиционные материалы, безавтоклавные методы, пористость, связующее, вязкость.

УДК 621.791.4

**Влияние твердофазных взаимодействий на формирование соединений при диффузионной сварке узлов точного приборостроения.** Беляев С. Н., Щербак А. Г. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 160–166.

Рассматривается в совокупности и последовательности возможные твердофазные взаимодействия, являющиеся определяющими в образовании соединения при сварке. Предложены расчетные методы термодинамического анализа, позволяющие оценить вероятность протекания конкретных взаимодействий, и технологические схемы построения процесса сварки. Представлены данные рентгенографического анализа, определяющие структурно-фазовые изменения в зоне соединения и практические результаты сварки реальных узлов гироскопических приборов.

*Ключевые слова:* диффузионная сварка, твердофазные реакции, двойные оксиды, интерметаллиды, твердые растворы, металлокерамические узлы.

УДК 669.14.018:620.197.5

**Влияние катодной поляризации в морской воде на механические характеристики высокопрочной азотсодержащей стали.** Кузьмин Ю. Л., Лащевский В. О., Калинин Г. Ю. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 167–172.

Исследовано влияние катодной поляризации в морской воде на механические свойства высокопрочной азотсодержащей стали марки 04X20H6Г11M2АФБ.

*Ключевые слова:* азотсодержащая сталь, катодная поляризация, наводороживание, механические свойства, системы электрохимической защиты.

УДК 669.14.018:620.197.5

**Электрохимическая протекторная защита от питтинговой, язвенной и щелевой коррозии в морской воде судостроительных нержавеющих сталей и их сварных соединений, в том числе в условиях обрастания.** Кузьмин Ю. Л., Медяник Т. Е., Мушникова С. Ю., Парменова О. Н. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 173–181.

Рассмотрены результаты испытаний образцов высокопрочной немагнитной азотсодержащей стали марки 04X20H6Г11M2АФБ на коррозионную стойкость при постоянном погружении в морскую воду, в том числе в условиях обрастания. Показано, что использование способа электрохимической защиты с протекторами из алюминиевого протекторного сплава марки АП4Н обеспечивает коррозионную стойкость этих сталей в естественной морской воде, в том числе в условиях интенсивного обрастания

*Ключевые слова:* высокопрочная немагнитная азотсодержащая сталь, питтинговая, язвенная и щелевая коррозия, электрохимическая защита, протекторы, коррозионная стойкость, стендовые испытания.

УДК 621.039.531:539.434

**Определение изменения геометрии выгородки реактора ВВЭР-1000 в процессе эксплуатации: расчет и измерение.** Марголин Б. З., Варовин А. Я., Минкин А. И., Сорокин А. А., Пиминин В. А., Евдокименко В. В., Федосовский М. Е., Шерстобитов А. Е., Овчинников А. Г., Ерак Д. Ю., Бобков А. В., Тимофеев А. М., Тимохин В. И., Якушев С. В., Васильев В. Г. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 182–196.

Представлены определяющие уравнения для описания радиационного распухания и ползучести в зависимости от повреждающей дозы, температуры облучения и напряженного состояния. Представлено экспериментальное обоснование этих уравнений. Проведены расчеты изменения геометрии выгородки реактора ВВЭР-1000 с использованием различных моделей влияния напряжений на распухание. Расчеты сопоставлены с результатами измерений выгородки действующего реактора ВВЭР-1000 энергоблока № 1 Балаковской АЭС. Предложен метод индивидуального прогноза изменения геометрии выгородки на основе использования результатов измерений.

*Ключевые слова:* повреждающая доза облучения, радиационное распухание, геометрия выгородки реактора, изменение геометрии, математическая модель.

УДК 669.14.018:295.421

**Исследование циклической трещиностойкости высокопрочных сталей для оценки ресурса конструкций глубоководной техники.** Садкин К. Е., Ильин А. В., Лаврентьев А. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 197–208.

Практика определения циклической трещиностойкости – зависимости скорости роста усталостной трещины от размаха коэффициента интенсивности напряжений – существует не одно десятилетие, однако ряд проблем, относящихся к использованию этих данных в количественных оценках ресурса глубоководной техники, остаются недостаточно изученными. К ним относятся: описание кинетики трещины при знакопеременных и преобладающе сжимающих циклах нагрузки, и учет возможного влияния различий частоты нагружения для образца и для конструкции в коррозионной среде. Исследование влияния этих факторов выполнено с использованием методики контроля изменений податливости образца, позволяющей регистрировать нагрузки раскрытия и полного закрытия трещины и продвижение трещины на малых временных базах при испытаниях со снижением частоты до 0,01 Гц.

*Ключевые слова:* высокопрочные стали, циклическая трещиностойкость, ресурс конструкций, глубоководная техника.

УДК 621.914.2:620.178.152.5

**Экспресс-метод сравнительной оценки и прогнозирования свойств составных фрез.** Мокрицкий Б. Я., Пустовалов Д. А., Алтухова В. В., Кваша В. Ю. – Вопросы материаловедения, 2015, № 3(83), с. 209–214.

В условиях высокой стоимости станко-часа эксплуатационные испытания по выбору эффективного инструментального материала невыгодны. Необходимо применять экспрессные

методы испытаний. Показана возможность применения метода маятникового скрайбирования для выбора рационального инструментального материала при заданных условиях эксплуатации концевых фрез.

*Ключевые слова:* концевые фрезы, эксплуатационные свойства, прогнозирование, экспресс-методы испытаний, инструмент.