

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"**

**№ 2(50), 2007**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ**

- Рыбин В. В., Карзов Г. П., Курсевич И. П., Лапин А. Н., Бережко Б. И., Романов О. Н., Филимонов Г. Н., Цуканов В. В., Богданов В. И., Хлямков Н. А., Титова Т. И., Шульган Н. А.* Технология изготовления крупнотоннажных поковок из малоактивируемой стали марки 15X2B2ФА-А ..... 5
- Теплухина И. В., Грекова И. И., Дюков В. В., Савельева И. Г.* Влияние тепловых выдержек на критическую температуру хрупкости сталей Cr–Mo–V и Cr–Ni–Mo–V для корпусов реакторов с водой под давлением ..... 19
- Мальцев И. М., Кондратьев С. В., Ошурина Л. А.* Структура и свойства стали 30ХГСА после электроимпульсной закалки током высокой плотности ..... 28
- Воробьев Ю. П.* Термодинамика, фазовый состав и структура карбидов в стали. I. Карбиды 3d-элементов ..... 34
- Фирстов С. А., Роголь Т. Г., Крушинская Л. А., Стельмах Я. А., Бега Н. Д., Коваль А. Ю., Котко А. В.* Структура и фазовый состав конденсатов титана, осажденных на стальную подложку с градиентом температур ..... 44

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

- Николенко С. В., Потапова Н. М., Метлицкая Л. П., Баранов В. А.* Исследование модифицированного поверхностного слоя стали 35 после электроискрового легирования ..... 53
- Матросов Н. И., Чижко В. В., Сенникова Л. Ф., Павловская Е. А., Миронова О. Н., Медведская Э. А.* Влияние термообработки на свойства сверхпроводящей проволоки, полученной с применением равноканального многоугольного прессования ..... 60
- Пантелеев И. Б., Орданьян С. С.* Твердые сплавы с использованием карбонитридов ..... 70
- Еренков О. Ю., Гаврилова А. В., Башков О. В.* Исследование кинетики разрушения конструкционных полимерных материалов в условиях одноосного растяжения ..... 80

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ**

- Рыбин В. В., Карзов Г. П., Курсевич И. П., Лапин А. Н., Смирнов В. И.* Влияние нейтронного облучения на прочность, пластичность и вязкость разрушения малоактивируемой корпусной стали марки 15X2B2ФА-А ..... 88
- Марголин Б. З., Швецова В. А., Балакин С. М.* О связи механизмов роста усталостной трещины с направлением ее развития в поликристаллах ..... 101

**КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ**

- Горшкова Т. А., Баранова А. Н.* Исследование склонности деформируемых алюминиевых сплавов к межкристаллитной, расслаивающей коррозии и коррозии под напряжением ..... 119

**ХРОНИКА**

- XV международная научно-техническая конференция по ядерной энергетике ICONЕ-15 ..... 125
- Конференции 2008 года ..... 127
- Памяти Леонида Владимировича Грищенко ..... 130

**Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей.**

**Рекомендации** ..... 132

**Рефераты публикуемых статей** ..... 135

## РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194:621.039.536.2:621.73

**Технология изготовления крупнотоннажных поковок из малоактивируемой стали марки 15X2B2ФА-А.** Рыбин В. В., Карзов Г. П., Курсевич И. П., Лапин А. Н., Бережко Б. И., Романов О. Н., Филимонов Г. Н., Цуканов В. В., Богданов В. И., Хлямов Н. А., Титова Т. И., Шульган Н. А. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 5–18.

Представлены основные данные о технологиях выплавки,ковки, изготовления обечаек, термической обработки, а также результаты исследований качества крупных заготовок из малоактивируемой стали марки 15X2B2ФА-А, предназначенной для изготовления корпусов перспективных АЭУ водо-водяного типа.

*Ключевые слова:* малоактивируемая сталь, многотоннажные заготовки, выплавка, ковка, изготовление обечаек, термическая обработка, металлургическое качество, структура, механические свойства.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.56

**Влияние тепловых выдержек на критическую температуру хрупкости сталей Cr–Mo–V и Cr–Ni–Mo–V для корпусов реакторов с водой под давлением.** Теплухина И. В., Грекова И. И., Дюков В. В., Савельева И. Г. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 19–27.

С целью определения склонности к тепловому охрупчиванию исследовано влияние тепловых выдержек на критическую температуру хрупкости стали 15X2MФА-А мод. Б для корпусов реакторов с водой под давлением.

*Ключевые слова:* реактор с водой под давлением, корпусная реакторная сталь, склонность к радиационному и тепловому охрупчиванию, критическая температура хрупкости.

УДК 669.14.018.29:621.785.6

**Структура и свойства стали 30ХГСА после электроимпульсной закалки током высокой плотности.** Мальцев И. М., Кондратьев С. В., Ошурина Л. А. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 28–34.

Рассматривается влияние времени воздействия скоростного электроимпульсного нагрева под закалку током высокой плотности  $10^8$ – $10^9$  А/м<sup>2</sup> на структуру и свойства конструкционной легированной стали 30ХГСА.

*Ключевые слова:* конструкционная легированная сталь, скоростной электроимпульсный нагрев, ток высокой плотности, структура и свойства.

УДК 669.14.018.29:621.785.42

**Термодинамика, фазовый состав и структура карбидов в стали. I. Карбиды 3d-элементов.** Воробьев Ю. П. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 34–43.

Карбиды титана, ванадия, хрома имеют температуру плавления выше, чем чистое железо (1808 К), а потому при легировании стали этими элементами они кристаллизуются. Краткий обзор результатов количественной металлографии, электронной микроскопии и рентгеновской дифрактометрии показал все возрастающее значение химической термодинамики при рассмотрении процессов формирования карбидов. В модели кристаллизации карбидов в жидкой стали важную роль приобретают равновесные фазовые диаграммы систем М–С.

Знание элементного химического состава карбидов в быстрорежущих сталях 11M5Ф, AISI-M7, в ванадийсодержащей марганцевой стали, в X12 и в группе сталей системы 12Cr–2V–10Mn–5Ni, а также их структурных типов М<sub>6</sub>С, МС, М<sub>7</sub>С<sub>3</sub> и М<sub>23</sub>С<sub>6</sub>, позволило оценить количество сосуществующих фаз. Обнаружено, что в твердых растворах (Ti<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>)С и (V<sub>1-x</sub>)С присутствует от 5 до 8 отн.% М<sub>6</sub>С (М ≡ Мо, Cr, W, Fe).

*Ключевые слова:* карбиды, VC, TiC, M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, кристаллизация, термодинамические свойства, фазовый состав.

УД К 669.295:621.793.14:620.187

**Структура и фазовый состав конденсатов титана, осажденных на стальную подложку с градиентом температур.** Фирстов С. А., Роголь Т. Г., Крушинская Л. А., Стельмах Я. А., Бега Н. Д., Коваль А. Ю., Котко А. В. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 44–52.

Методами просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа исследованы структура и фазовый состав конденсатов титана, полученных методом электронно-лучевого испарения в вакууме на стальную подложку с градиентом температур 350–935°С. Показано, что при температуре осаждения выше 876°С в конденсатах наряду с  $\alpha$ -титаном присутствует  $\beta$ -модификация титана вследствие обогащения конденсатов диффундирующими из стальной подложки  $\beta$ -стабилизаторами (никелем, железом, хромом). При этом микротвердость конденсатов повышается от 1,7–1,8 до 4,2 МПа.

*Ключевые слова:* конденсаты титана, структура, фазовый состав, микротвердость, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ.

УДК 621.793

**Исследование модифицированного поверхностного слоя стали 35 после электроискрового легирования.** Николенко С. В., Потапова Н. М., Метлицкая Л. П., Баранов В. А. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 53–59.

Исследован модифицированный (с целью увеличения жаростойкости) поверхностный слой, нанесенный на сталь 35 методом электроискрового легирования. Полученные результаты позволяют рекомендовать для модифицирования поверхностей покрытия, созданные электроискровым легированием электродами Св-04Х19Н11М3 + Cr и Св-04Х19Н11М3 + Al.

*Ключевые слова:* электроискровое легирование, модифицирование поверхности, высокотемпературные испытания, жаростойкость, адгезия, коэффициент детерминации.

УДК 621.778.04:621.785

**Влияние термообработки на свойства сверхпроводящей проволоки, полученной с применением равноканального многоуглового прессования.** Матросов Н. И., Чишко В. В., Сенникова Л. Ф., Павловская Е. А., Миронова О. Н., Медведская Э. А. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 60–69.

Исследовано влияние температуры термообработки на электрофизические и механические свойства сверхпроводящей проволоки на основе сплава 60Т, полученной с применением равноканального многоуглового прессования (РКМУП). Исследована тонкая структура сплава (размер областей когерентного рассеивания и уровень микронапряжений II рода) и установлена степень ее термостабильности. Отмечен необычный характер изменения содержания вторичной  $\alpha$ -фазы при термообработке ( $T = 300\text{--}450^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 1$  ч), связанный с особенностью кинетики ее зарождения, выделения, растворения и роста для полученного структурного состояния сплава. Определены характеристики микротвердости, предела прочности, относительного удлинения, удельного электросопротивления и плотности критического тока биметаллической проволоки после термообработки в интервале температур 300–450°С. Выбран рациональный температурный режим (400°С) термообработки. Комбинированная деформация, включающая РКМУП в сочетании с термообработкой, позволяет на 60–80% повысить плотность критического тока, улучшить механические свойства сверхпроводящей проволоки. Границы нанозерен и нанодисперсные выделения  $\alpha$ -фазы служат эффективными центрами пиннинга.

*Ключевые слова:* сверхпроводящий сплав, равноканальное прессование, деформация, термообработка, температура, свойства, наноструктура,  $\alpha$ -фаза, критический ток.

УДК 669.018.25:661.665.2:621.762

**Твердые сплавы с использованием карбонитридов.** Пантелеев И. Б., Орданьян С. С. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 70–79.

Разработана группа твердых сплавов, заметное повышение механических и эксплуатационных свойств которых достигнуто без применения дорогостоящих нитридных покрытий. Это осуществлено за счет введения азотсодержащих фаз — сложных карбонитридов  $Me_{1-x}W_xC_{1-y}N_y$ .

*Ключевые слова:* режущие инструменты, сплавы с регулируемой структурой, сплавы твердые, азотсодержащие фазы, карбонитриды.

УДК 678.7:539.412

**Исследование кинетики разрушения конструкционных полимерных материалов в условиях одноосного растяжения.** Еренков О. Ю., Гаврилова А. В., Башков О. В. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 80–87.

С целью разработки подходов к прогнозированию прочности, надежности и долговечности изделий из конструкционных полимерных материалов исследована кинетика процессов разрушения и деформирования в условиях одноосного растяжения.

*Ключевые слова:* конструкционные полимерные материалы, метод акустической эмиссии, испытания на одноосное нагружение, механические свойства.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.5

**Влияние нейтронного облучения на прочность, пластичность и вязкость разрушения малоактивируемой корпусной стали марки 15X2B2ФА-А.** Рыбин В. В., Карзов Г. П., Курсевич И. П., Лапин А. Н., Смирнов В. И. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 88–100.

Исследовано влияние нейтронного облучения на служебные свойства вольфрамсодержащей малоактивируемой корпусной стали марки 15X2B2ФА-А промышленного изготовления применительно к условиям работы корпусов реакторов типа ВВЭР.

*Ключевые слова:* вольфрамсодержащая малоактивируемая корпусная сталь, нейтронное облучение, радиационная стойкость, спад наведенной радиоактивности.

УДК 548.4:539.219.2

**О связи механизмов роста усталостной трещины с направлением ее развития в поликристаллах.** Марголин Б. З., Швецова В. А., Балакин С. М. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 101–118.

Рассмотрена связь механизмов роста усталостной трещины с направлением ее развития на I и II стадиях. На основе анализа физических и механических особенностей развития усталостных трещин в поликристаллах представлено обоснование критериев направления распространения усталостной трещины на I и II стадиях. Обсуждаются условия, при выполнении которых микротрещины могут быть инициаторами хрупкого разрушения.

*Ключевые слова:* поликристаллы, усталостная трещина, направление развития, хрупкое разрушение, критерии оценки.

УДК 669.715:620.196.2

**Исследование склонности деформируемых алюминиевых сплавов к межкристаллитной, расслаивающей коррозии и коррозии под напряжением.** Горшкова Т. А., Баранова А. Н. – Вопросы материаловедения, 2007, № 2(50), с. 119–124.

Исследована коррозионная стойкость алюминиевых сплавов систем Al–Mg–Mn, Al–Cu–Mg–Mn, Al–Zn–Mg–Cu, Al–Cu–Mg–Si после различных режимов старения с целью установления возможности изготовления деталей машин из этих сплавов, работающих в коррозионно-активных средах. Был произведен металлографический анализ.

*Ключевые слова:* алюминиевый сплав, межкристаллитная коррозия, расслаивающая коррозия, коррозионное растрескивание под напряжением.