

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 4(60), 2009

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Кусманов С. А., Дьяков И. Г., Белкин П. Н. Влияние углеродсодержащих компонентов электролита на характеристики электрохимико-термической цементации. 7

Найдёнкин Е. В., Коломеец Н. П., Раточка И. В., Каминский П. П., Шаркеев Ю. П. Титановый сплав ПТ-3В с ультрамелкозернистой структурой для волноводов высокоамплитудных акустических систем. 15

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Иванов В. Г., Горынин В. И., Счастливая И. А. Перспективные композиционные материалы системы бор–алюминий для транспортных упаковочных контейнеров. 20

Бледнова Ж. М., Мышевский И. С., Русинов П. О. Оценка влияния железа на структурообразование в сплавах Ni–Ti–Fe. 28

Перевилов С. Н., Пантелеев И. Б., Орданьян С. С. Твердые сплавы WC–Zr_{1-x}W_xC_{1-y}N_y–Co 36

Данилович Д. П., Румянцев В. И., Орданьян С. С. Система SiC–TiC–TiB₂ как основа керамоматричных композиционных материалов. 42

Бардаханов С. П., Лысенко В. И., Номоев А. В., Труфанов Д. Ю., Фокин А. В. Получение и свойства нанопорошка закиси меди. 48

Зуев В. В., Костромин С. В., Шлыков А. В. Модификация термопластов и реактопластов фуллероидными материалами. 53

Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Груздев М. В., Юдович В. М. Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур. 59

Бойко В. Ф., Власова Н. М. Оценка поверхностной энергии твердых тел по результатам гранулометрического анализа измельчения оригинала и прототипа. 65

СВАРКА. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Павлова В. И., Алифиренко Е. А., Осокин Е. П. Исследование температурно-временных условий сварочного нагрева, структуры и свойств металла стыковых соединений из алюминиево-магниевого сплава, выполненных сваркой трением с перемешиванием 74

Сергеев Ю. Г., Шарапова Д. М. Исследование химического состава, твердости и структуры металла сварных соединений из стали 15ХСНД применительно к пролетным конструкциям мостов 89

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Образцов С. М., Конобеев Ю. В., Печенкин В. А., Рачков В. И. Нейросетевое исследование зависимости охрупчивания от упрочнения корпусной стали для реакторов ВВЭР 101

Марголин Б. З., Николаев В. А., Юрченко Е. В., Николаев Ю. А., Ерак Д. Ю., Николаева А. В. Анализ охрупчивания материалов корпусов реакторов ВВЭР-1000 в процессе эксплуатации. 108

Карзов Г. П., Николаев В. А., Юрченко Е. В. Дозовые зависимости радиационного охрупчивания российских материалов для корпусов энергетических реакторов ВВЭР-440. 124

Горынин В. И., Паноцкий Д. А. Влияние структуры на коррозионно-механическую прочность высокопрочного титанового сплава системы Al–Mo–Zr–Nb–C. 136

Жегина И. П., Луценко А. Н., Котельникова Л. В. Характер разрушения конструкционных сталей с покрытиями 143

| | |
|---|-----|
| <i>Жегина И. П., Луценко А. Н., Мубояджян С. А., Белоус В. Я., Котельникова Л. В.</i> Характер разрушения стали ЭП866-Ш с покрытиями..... | 150 |
| ХРОНИКА | |
| Конференции 2010 года..... | 157 |
| Рефераты публикуемых статей | 163 |
| Авторский указатель | 173 |
| Перечень статей, опубликованных в научно-техническом журнале «Вопросы материаловедения» в 2009 году | 175 |
| Лицензионный договор о предоставлении права на использование статьи | 181 |
| Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. | |
| Рекомендации | 183 |

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 621.785.52:669.14

Влияние углеродсодержащих компонентов электролита на характеристики электрохимико-термической цементации. Кусманов С. А., Дьяков И. Г., Белкин П. Н. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 7–14.

Изучено влияние углеродсодержащих компонентов электролита на толщину цементованного слоя при анодной цементации в водном растворе на основе хлорида аммония. Показана возможность увеличения толщины мартенситного слоя, образующегося после анодной цементации сталей 10 и 20 с закалкой, изменением концентраций компонентов за счет снижения толщины тормозящего диффузию оксидного слоя интенсификацией его анодного растворения. Предложены составы рабочих электролитов, обеспечивающих ресурс не менее 10 ч.

Установлено, что добавление углеродсодержащих органических соединений в раствор хлорида аммония приводит к снижению температуры нагрева и тока в системе, что объясняется уменьшением эмиссионной способности поверхности электролита и электропроводности паргазовой оболочки.

Ключевые слова: сталь, анодная цементация, углеродсодержащие компоненты электролита, мартенситный слой.

УДК 669.295:539.374.6

Титановый сплав ПТ-3В с ультрамелкозернистой структурой для волноводов высокоамплитудных акустических систем. Найдёнкин Е. В., Коломеец Н. П., Раточка И. В., Каминский П. П., Шаркеев Ю. П. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 15–19.

Исследовано влияние интенсивной пластической деформации методом всестороннего прессования на структуру, механические и акустические свойства титанового сплава ПТ-3В. Показано, что при такой обработке в сплаве формируется однородная ультрамелкозернистая структура со средним размером зерна 0,37 мкм, при этом повышаются его механические свойства, а следовательно, ресурс работы (многоциклового нагружения) волноводов, изготовленных из указанного сплава, в условиях повышенной плотности мощности ультразвуковой системы (амплитуды смещения более 50 мкм). При этом разрушение волноводов из ультрамелкозернистого сплава происходит при более высокой подводимой мощности ультразвука, примерно в 1,5–2 раза выше, чем для крупнозернистого материала. Полученные результаты создают хорошие предпосылки для разработки на основе титановых сплавов с ультрамелкозернистой структурой волноводов акустических (ультразвуковых) систем с повышенным ресурсом работы в условиях высокой плотности мощности.

Ключевые слова: интенсивная пластическая деформация, ультрамелкозернистая структура, механические свойства, акустические свойства, ультразвуковые волноводы.

УДК 669.781`71:621.039.746:621.642

Перспективные композиционные материалы системы бор–алюминий для транспортных упаковочных контейнеров. Иванов В. Г., Горынин В. И., Счастливая И. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 20–27.

Предложена технология изготовления плоских бороалюминиевых элементов с учетом возможности формирования из них тела упаковочного контейнера для перевозки и хранения ОЯТ. Предложенный метод прессования в твердожидком состоянии матрицы позволяет решить задачу существенного увеличения прочности связи между композитом и неармированными торцами бороалюминиевого шестигранника (законцовок).

Ключевые слова: композиционные материалы системы бор–алюминий, прессование в твердожидком состоянии, упаковочные контейнеры для перевозки и хранения ОЯТ.

УДК 669.24`295`15:536.42

Оценка влияния железа на структурообразование в сплавах Ni–Ti–Fe. Бледнова Ж. М., Мышевский И. С., Русинов П. О. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 28–35.

Для оценки возможности проявления эффекта памяти формы в материалах на основе Ni и Ti при легировании третьим элементом (Fe) произведено моделирование фазового состава системы Ni–Ti–Fe при температурах от 300 до 1100 К с шагом 100 К.

Ключевые слова: сплавы системы Ni–Ti–Fe, легирование железом, эффект памяти формы.

УДК 666.7

Твердые сплавы WC–Zr_{1-x}W_xC_{1-y}N_y–Co. Перевислов С. Н., Пантелеев И. Б., Орданьян С. С. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 36–41.

Получены твердые сплавы с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами на основе системы WC–Co с добавками сложных карбонитридов Zr_{1-x}W_xC_{1-y}N_y, предварительно синтезированных из карбида, нитрида циркония и карбида вольфрама. Определены параметры смачивания сложного карбонитрида кобальтовым расплавом и температуры появления жидкой фазы в системе сложный карбонитрид-кобальт.

Образцы из твердых сплавов спекали в интервале температур 1400–1500°C в вакууме и определяли физико-механические свойства. Максимальной прочностью при изгибе (2100 МПа) обладает сплав состава 75%WC + Zr_{0,5}W_{0,5}C_{0,8}N_{0,2} + Co при температуре спекания 1430°C, что значительно выше прочностных показателей для стандартных твердых сплавов марок BK (1800 МПа) и ТК (1500 МПа).

Опытно-промышленные испытания показали, что при резании сталей и сплавов инструментом из разработанных сплавов достигается увеличение стойкости в 1,8–2,1 раза по сравнению со стандартным твердым сплавом T14K8.

Ключевые слова: твердые сплавы, сложный карбонитрид, кобальт, синтез, угол смачивания, спекание, пористость, предел прочности при изгибе, микроструктура, режущие свойства

УДК 666.7

Система SiC–TiC–TiB₂ как основа керамоматричных композиционных материалов. Данилович Д. П., Румянцев В. И., Орданьян С. С. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 42–47.

В тройной системе SiC–TiC–TiB₂ экспериментально определены температура и положение точки тройной эвтектики. Изучено влияние диборида титана на структурные и механические свойства керамики на основе твердофазно-спеченного карбида кремния.

Ключевые слова: керамоматричные композиционные материалы, диборид титана, карбид кремния, тройная эвтектика.

УДК 669.35:621.762

Получение и свойства нанопорошка закиси меди. Бардаханов С. П., Лысенко В. И., Номоев А. В., Труфанов Д. Ю., Фокин А. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 48–52.

Исследована возможность получения порошка из закиси меди с мелкозернистой структурой. Методом сканирующей электронной микроскопии изучены структура и свойства полученного нанопорошка. Исследуется взаимодействие нанодисперсного порошка закиси меди с электромагнитным излучением.

Ключевые слова: закись меди, нанодисперсный порошок, электромагнитное излучение.

УДК 678.067:661.66

Модификация термопластов и реактопластов фуллероидными материалами. Зуев В. В., Костромин С. В., Шлыков А. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 53–58.

Исследовано влияние фуллероидных (фуллерен C₆₀, смесь фуллеренов C₆₀/C₇₀, и фуллероидная сажа, используемая для получения фуллеренов) и углеродных модификаторов (канальная сажа, графит) на механические свойства полимерных нанокомпозитов на основе терморезактивных (эпоксидные смолы) и термопластичных (полиамид 12) полимерных матриц. Показано, что если введение фуллероидных модификаторов практически не влияет на механические свойства терморезактивных композиций, то модуль Юнга и разрушающая прочность термопластичных композиций увеличивается на 30–40% при введении 0,02–0,06 масс. % фуллероидных модификаторов, причем наилучшие результаты дает смесь фуллеренов C₆₀/C₇₀.

Ключевые слова: фуллерены, эпоксидные смолы, полиамид-12, модуль Юнга, нанокомпозиты.

УДК 678.067:539.211

Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур. Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Груздев М. В., Юдович В. М. – *Вопросы материаловедения*, 2009, № 4(60), с. 59–64.

В рамках электромагнитной теории Максвелла рассмотрено взаимодействие электромагнитного и электростатического полей с неметаллической наночастицей. Показано, что определяющим фактором для результата взаимодействия является форма наночастицы. Обнаружено наличие гигантского резонанса (усиления напряженности поля) на поверхности частиц тороидальной формы.

Ключевые слова: неметаллические наночастицы, электромагнитное и электростатическое поля.

УДК 666.76

Оценка поверхностной энергии твердых тел по результатам гранулометрического анализа измельчения оригинала и прототипа. Бойко В. Ф., Власова Н. М. – *Вопросы материаловедения*, 2009, № 4(60), с. 65–73.

Сформулирован метод оценки поверхностной энергии твердых тел путем одновременного измельчения порошков оригинала и прототипа. При использовании гранулометрического анализа проб измельченных материалов с одинаковой исходной гранулометрией получена формула для определения коэффициента поверхностного натяжения оригинала.

Ключевые слова: твердые тела, поверхностная энергия, гранулометрический анализ.

УДК 678.675'126

Исследование температурно-временных условий сварочного нагрева, структуры и свойств металла стыковых соединений из алюминиево-магниевого сплава, выполненных сваркой трением с перемешиванием. Павлова В. И., Алифиренко Е. А., Осокин Е. П. – *Вопросы материаловедения*, 2009, № 4(60), с. 74–88.

Выполнены экспериментальные исследования термических циклов сварки трением с перемешиванием соединений из алюминиевого сплава 1561 с различными технологическими параметрами процесса. Исследованы структура металла в различных зонах сварного соединения в зависимости от сварочного нагрева и механические свойства сварных соединений.

Установлено, что формирование плотного сварного шва без несплошностей и слипаний на границе его соединения с основным металлом при минимальном разупрочнении сплава в зоне термического влияния достигается при нагреве поверхностей стыкуемых кромок в диапазоне температур от 425 до 475°C. Структура металла шва мелкодисперсная, близка к равноосной (в отличие от волокнистой, вытянутой в направлении деформации текстуры основного металла) с размером зерна, колеблющемся в пределах от 5 до 10 мкм. При такой структуре предполагается реализация в сварном шве прочностных свойств не ниже свойств основного металла в исходном состоянии.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, алюминиево-магниевый сплав; термические циклы сварочного нагрева, структура металла сварных соединений.

УДК 669.14.018.295:621.791

Исследование химического состава, твердости и структуры металла сварных соединений из стали 15ХСНД применительно к пролетным конструкциям мостов. Сергеев Ю. Г., Шарапова Д. М. – *Вопросы материаловедения*, 2009, № 4(60), с. 89–100.

Исследовано влияние типа подкладок при односторонней двухпроходной автоматической сварке под флюсом на формирование сварных швов из стали 15ХСНД, их структуру, химический состав и твердость. Показано, что технология сварки на стекломедных подкладках в отличие от сварки на медных подкладках при прочих равных условиях обеспечивает формирование более благоприятной дисперсной структуры в корне шва, снижающей вероятность образования горячих трещин, и имеет ряд других технико-экономических преимуществ, которые обусловлены высоким качеством формирования корня шва.

Ключевые слова: сталь, металл сварных соединений, пролетные конструкции мостов, технология сварки на стекломедных подкладках.

УДК 621.791.92 [669.35`24+669.35`71`24]

Нейросетевое исследование зависимости охрупчивания от упрочнения корпусной стали для реакторов ВВЭР. Образцов С. М., Конобеев Ю. В., Печенкин В. А., Рачков В. И. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 101–107.

По литературным источникам сформирована выборка экспериментальных данных об охрупчивании и упрочнении под воздействием потока нейтронов корпусных сталей ВВЭР-440, 1000. Зависимость упрочнение–охрупчивание исследована при помощи нейросетевого моделирования. Установлено положительное влияние на сдвиг температуры вязко-хрупкого перехода кремния и молибдена.

Ключевые слова: нейтронное облучение, ферритно-перлитная сталь, охрупчивание, упрочнение, нейросетевое моделирование.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.422.22

Анализ охрупчивания материалов корпусов реакторов ВВЭР-1000 в процессе эксплуатации. Марголин Б. З., Николаев В. А., Юрченко Е. В., Николаев Ю. А., Ерак Д. Ю., Николаева А. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 108–123.

На основании литературных и полученных экспериментальных данных выполнен анализ охрупчивания материалов в процессе эксплуатации. Рассмотрены вклады в охрупчивание, обусловленные термическим старением и нейтронным облучением, для основного металла и металла сварных швов корпусов реакторов ВВЭР-1000. Получены уравнения, описывающие сдвиг критической температуры хрупкости в зависимости от времени облучения и флюенса нейтронов. Для металла сварных швов с высоким содержанием никеля получена зависимость коэффициента радиационного охрупчивания от содержания легирующих элементов (Ni, Mn, Si), оказывающих влияние на степень охрупчивания материала.

Ключевые слова: реактор ВВЭР-1000, термическое старение, нейтронное облучение, радиационное охрупчивание, легирующие элементы.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.422.22

Дозовые зависимости радиационного охрупчивания российских материалов для корпусов энергетических реакторов ВВЭР-440. Карзов Г. П., Николаев В. А., Юрченко Е. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 124–135.

Проведен анализ обобщенного массива результатов экспериментальных исследований радиационного охрупчивания материалов корпусов реакторов ВВЭР-440 после облучения в исследовательских и промышленных реакторах. Приведены уточненные расчетные зависимости радиационного охрупчивания материалов под воздействием потока нейтронов в широком диапазоне изменения содержания примесных элементов (фосфора и меди). Методами математико-статистической обработки установлено, что повышение критической температуры хрупкости ΔT_F в результате нейтронного облучения при $\sim 270^\circ\text{C}$ отличается от расчетного прироста ΔT_F по нормативной зависимости видом коэффициента радиационного охрупчивания. Однако вид дозовой зависимости $\Delta T_F = A_F (F/F_0)^{1/3}$ сохраняется во всем диапазоне легирования и во всем диапазоне содержания примесей.

Ключевые слова: энергетический реактор ВВЭР-440, радиационное охрупчивание, примесные элементы, методы математико-статистической обработки.

УДК 669.295:620.194.2

Влияние структуры на коррозионно-механическую прочность высокопрочного титанового сплава системы Al–Mo–Zr–Nb–C. Горынин В. И., Паноцкий Д. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 136–142.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния типа структуры на механические свойства и коррозионную трещиностойкость металла крупногабаритной опытно-промышленной кольцевой поковки из высокопрочного титанового сплава системы Al–Mo–Zr–Nb–C. Результаты испытаний представлены в виде J_R - и δ -кривых, определены значения условных пороговых коэффициентов интенсивности напряжений при статическом нагружении в коррозионной среде.

Ключевые слова: титановый сплав, кольцевая поковка, коэффициент интенсивности напряжений, статическое нагружение в коррозионной среде.

УДК 669.14.018.29:539.42

Характер разрушения конструкционных сталей с покрытиями. Жегина И. П., Луценко А. Н., Котельникова Л. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 143–149.

В работе приводятся данные по влиянию качества обработки поверхности перед нанесением покрытия и нарушения технологии его нанесения на характер разрушения образцов из конструкционных сталей.

Ключевые слова: конструкционная сталь, нанесение покрытия, качество обработки поверхности, характер разрушения.

УДК 669.14.018.29:539.42

Характер разрушения стали ЭП866-Ш с покрытиями. Жегина И. П., Луценко А. Н., Мубояджян С. А., Белоус В. Я., Котельникова Л. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 4(60), с. 150–156.

Приводятся данные о влиянии коррозионной среды, вида нагружения, качества обработки поверхности перед нанесением покрытия на характер разрушения образцов из стали ЭП866-Ш.

Ключевые слова: конструкционная сталь, коррозионная среда, нагружение, качество обработки поверхности, характер разрушения.