

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

№ 1(65), 2011

СОДЕРЖАНИЕ

К 85-летию со дня рождения акад. РАН И. В. Горынина

И. В. Горынин. Краткий биографический очерк	3
Поздравление от президента Российской академии наук Юрия Сергеевича Осипова	11
Поздравление от вице-президента Российской академии наук Жореса Ивановича Алферова	13
Поздравление от президента Национальной академии наук Украины Бориса Евгеньевича Патона	15

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Малышевский В. А., Калинин Г. Ю., Харьков А. А. Создание высокопрочных корпусных сталей – от первых экспериментов до наших дней	17
Карзов Г. П., Орыщенко А. С., Теплухина И. В. Стали для корпусов водо-водяных реакторов нового поколения с повышенной радиационной стойкостью	28
Горынин И. В., Тимофеев Б. Т. Дegradaция свойств конструкционных материалов при длительном воздействии эксплуатационных температур	41
Орыщенко А. С., Кудрявцев А. С., Михайлов В. И., Леонов В. П. Титановые сплавы для морской техники и атомной энергетики	60
Бахарева В. Е., Николаев Г. И., Анисимов А. В. Антифрикционные неметаллические материалы для узлов трения скольжения	75

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Сыч О. В., Хлусова Е. И., Круглова А. А., Орлов В. В. Изменение структуры высокопрочной трубной стали класса прочности К70–К80 при варьировании режимов высокотемпературного отпуска после термомеханической обработки	89
Коротовская С. В., Нестерова Е. В., Орлов В. В., Хлусова Е. И. Влияние параметров пластической деформации на формирование ультрамелкозернистой структуры в низколегированных бейнитных сталях	100

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Ушанова Э. А., Нестерова Е. В., Петров С. Н., Рыбин В. В., Кузьмин С. В., Гринберг Б. А. Разработка технологии подготовки образцов для электронно-микроскопических исследований нанокристаллических зон сцепления в разнородных соединениях на основе методов ионной полировки	110
Козырев Ю. П., Седакова Е. Б. Оценка доли нагрузки на матрицу в полимерном композите Ф4К15М5 по результатам сравнительного анализа размеров частиц износа	118
Перевислов С. Н., Чупов В. Д., Томкович М. В. Влияние активирующих добавок алюмоиттриевого граната и магнезиальной шпинели на уплотняемость и механические свойства SiC керамики	123
Мазеева А. К., Кузнецов П. А., Обыденных Н. Ф. Оценка влияния климатических факторов на коэффициент экранирования композиционных магнитных экранов на основе ускоренных испытаний	130
Бойко В. Ф., Власова Н. М., Зайцев А. В. Использование метода оценки энергии поверхностного натяжения карбида титана по результатам дифракционного анализа его измельчения с карбидом вольфрама	136

Толочко О. В., Бреки А. Д., Васильева Е. С., Максимов М. Ю. Определение основных трибологических характеристик жидких смазочных композиций, содержащих мелкодисперсные частицы диалкогенидов вольфрама 143

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Мельников П. В., Михайлов-Смольняков М. С., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. Влияние редкоземельных металлов на формирование структуры и свойств низколегированного металла шва 150

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Малинкина Ю. Ю. Использование рутения для повышения коррозионной стойкости в агрессивных средах промышленных сплавов титана 162

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Смирнов В. И., Марголин Б. З., Лапин А. Н., Кохонов В. И., Сорокин А. А. Исследование влияния нейтронного облучения на вязкость разрушения стали 08X18H10T и металла ее сварных соединений 167

Авторский указатель 184

Рефераты публикуемых статей 185

Лицензионный договор о предоставлении права на использование статьи 193

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

Правила для авторов 195

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.14.018.295

Создание высокопрочных корпусных сталей – от первых экспериментов до наших дней. Малышевский В. А., Калинин Г. Ю., Харьков А. А. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 17–27.

Показан путь формирования научной школы по разработке высокопрочных корпусных сталей, созданной И. В. Горыниным, с начала 50-х годов прошлого века и по настоящее время. Приведены достигнутые результаты и области применения корпусных сталей в судостроении и других отраслях промышленности.

Ключевые слова: высокопрочные корпусные стали, формирование научной школы, достигнутые результаты, области применения.

УДК 669.15–194:621.039.531

Стали для корпусов водо-водяных реакторов нового поколения с повышенной радиационной стойкостью. Карзов Г. П., Орыщенко А. С., Теплухина И. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 28–40.

При использовании новейших достижений радиационного материаловедения и современных прецизионных технологий в металлургии в ЦНИИ КМ «Прометей» разработан комплекс радиационно стойких сталей на основе композиции Cr–Mo–V с ограниченным содержанием никеля, обеспечивающий изготовление практически всех типов легководных АЭУ типа ВВЭР перспективных проектов, включая судовые, ледокольные, малой и средней мощности, блочного и интегрального типов.

Ключевые слова: стали радиационно стойкие, реакторы водо-водяные, перспективы применения.

УДК 669.15–194:621.039.53:539.4

Деградация свойств конструкционных материалов при длительном воздействии эксплуатационных температур. Горынин И. В., Тимофеев Б. Т. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 41–59.

Представлены обобщенные данные по влиянию эксплуатационных температур легководных реакторов (250–350°C) в течение длительного времени (до 30 лет) на механические свойства материалов, применяемых для изготовления основного оборудования и трубопроводов российских АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК. Оценена деградация свойств конструкционных материалов и их сварных соединений в течение проектного срока службы, а также сделан прогноз возможности использования этих материалов без снижения безопасности и надежности оборудования при продлении его ресурса.

Ключевые слова: конструкционные материалы, эксплуатационные температуры, механические свойства, деградация свойств, прогноз возможности продления ресурса.

УДК 669.295:629.5:621.039

Титановые сплавы для морской техники и атомной энергетики. Орыщенко А. С., Кудрявцев А. С., Михайлов В. И., Леонов В. П. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 60–74.

Исследовано влияние легирования, горячей деформации и термической обработки на структуру, механические свойства и характеристики работоспособности титановых сплавов и их сварных соединений. Определены основные области применения титановых сплавов в морской технике и атомной энергетике.

Ключевые слова: титановые сплавы, легирование, горячая деформации, термическая обработка, работоспособность, области применения.

УДК 678.067:621.891

Антифрикционные неметаллические материалы для узлов трения скольжения. Бахарева В. Е., Николаев Г. И. Анисимов – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 75–88.

Разработаны высокопрочные антифрикционные полимерные углепластики марок УГЭТ, ФУТ, их модификации марок УГЭТ-ТН и ФУТ-Б, а также новый теплостойкий антифрикционный углепластик марки УПФС для судового и энергетического машиностроения, которые обеспечивают работу узлов трения с водяной смазкой, в том числе перегретой водой. Эти материалы по прочности и износостойкости превосходят традиционные полимерные антифрикционные материалы.

Ключевые слова: антифрикционные полимерные углепластики, узлы трения, водяная смазка, прочность, износостойкость.

УДК 669.14.018.295:621.78

Изменение структуры высокопрочной трубной стали класса прочности К70–К80 при варьировании режимов высокотемпературного отпуска после термомеханической обработки. Сыч О. В., Хлусова Е. И., Круглова А. А., Орлов В. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 89–99.

Исследовано формирование структуры высокопрочного штрипса класса прочности Х90 (К70)–Х100 (К80) для магистральных трубопроводов после различных технологических режимов термомеханической обработки. Представлены результаты исследований влияния температуры и времени выдержки при отпуске на дисперсность и морфологию структурных составляющих. Показано влияние высокотемпературного отпуска на структуру и механические характеристики промышленной партии штрипса класса прочности Х90 (К70)–Х100 (К80).

Установлено, что формирование в стали с углеродным эквивалентом $C_{\text{экв}} = 0,45\%$ ферритно-бейнитной структуры с бейнитом преимущественно гранулярной морфологии и долей полигонального феррита 15–20% может обеспечить заданный комплекс механических характеристик стали класса прочности К70 (Х90). Для изготовления высокопрочного штрипса из стали с углеродным эквивалентом $C_{\text{экв}} = 0,58\%$ возможно использование термомеханической обработки с ускоренным охлаждением до температуры ниже 50°C с последующим длительным высокотемпературным отпуском при температуре (620–640°C), которая позволяет обеспечить комплекс свойств стали класса прочности Х100.

Ключевые слова: штрипс, термомеханическая обработка с ускоренным охлаждением, закалка с прокатного нагрева, высокотемпературный отпуск, бейнит, феррит, карбиды, механические свойства.

УДК 669.15–194.591:539.2:621.77.016.2

Влияние параметров пластической деформации на формирование ультрамелкозернистой структуры в низколегированных бейнитных сталях. Коротовская С. В., Нестерова Е. В., Орлов В. В., Хлусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 100–109.

Установлена возможность формирования ультрадисперсной структуры в низколегированных сталях за счет протекания процессов фрагментации в аустените при деформации ниже температуры рекристаллизации. Формирование структуры с размером зерна 500–1000 нм в промышленных условиях приводит к значительному повышению не только прочностных и пластических свойств, но и к повышению способности стали сопротивляться хрупким разрушениям при низких температурах.

Ключевые слова: ферритно-бейнитная сталь, ультрамелкозернистая структура, горячая пластическая деформация, фрагментация.

УДК 620.182.25:621.791

Разработка технологии подготовки образцов для электронно-микроскопических исследований нанокристаллических зон сцепления в разнородных соединениях на основе методов ионной полировки. Ушанова Э. А., Нестерова Е. В., Петров С. Н., Рыбин В. В., Кузьмин С. В., Гринберг Б. А. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 110–117.

Разработаны методики ионной полировки плоскости образца и прецизионной вырезки сфокусированным ионным пучком для обеспечения исследований нанокристаллических зон сцепления в разнородных соединениях типа ВТИ-4–ВТ1-0, М1-фольга М1–09Г2С, полученных сваркой взрывом. Фольги соответствовали требованиям, предъявляемым к образцам из зон сцепления сварных соединений для исследования методами просвечивающей электронной микроскопии и анализа картин дифракции обратно отраженных электронов. Показано преимущество применения прецизионной вырезки сфокусированным ионным пучком.

Представлены результаты аттестации нанокристаллических зон в исследуемых сварных соединениях по фазовому составу, размеру и разориентировкам фрагментов.

Ключевые слова: ионная полировка, прецизионная вырезка сфокусированным ионным пучком, сварка взрывом, зона сцепления.

УДК 678.067:539.538

Оценка доли нагрузки на матрицу в полимерном композите Ф4К15М5 по результатам сравнительного анализа размеров частиц износа. Козырев Ю. П., Седакова Е. Б. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 118–122.

На основании предложенных аналитических зависимостей и проведенных триботехнических испытаний полимерного композиционного материала Ф4К15М5 даны рекомендации по определению уточненной величины расчетного модуля упругости используемого дисперсного наполнителя и уточненной величины доли нагрузки, приходящейся на матрицу композита. Полученные результаты могут быть использованы при оценке износостойкости неоднородных материалов.

Ключевые слова: антифрикционные материалы, композит, полимер, наполнитель, модуль упругости, частицы износа, износостойкость, триботехнические испытания.

УДК 666.792.32:621.762.5

Влияние активирующих добавок алюмоиттриевого граната и магнезиальной шпинели на уплотняемость и механические свойства SiC керамики. Перевислов С. Н., Чупов В. Д., Томкович М. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 123–129.

Были получены карбидокремниевые материалы методом активированного спекания с добавкой 5–20 мас. % алюмоиттриевого граната и магнезиальной шпинели при температуре 1850–2100°C. Максимальные физико-механические свойства были достигнуты на SiC материала с добавкой 10% масс. $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3$: плотность до 98% от теоретической, прочность при изгибе 480 ± 10 МПа, твердость по Виккерсу $21,3 \pm 0,2$ ГПа, трещиностойкость $K_{Ic} = 6,5 \pm 0,2$ МПа·м^{1/2}, что можно объяснить правильным выбором температуры спекания, использованием высокодисперсных исходных порошков и равномерным распределением оксидной активирующей добавки между зёрнами SiC, а также получением при оптимальных условиях материала с мелкозернистой структурой.

Ключевые слова: карбид кремния, активированное спекание, алюмоиттриевый гранат, магнезиальная шпинель.

УДК 669.255:537.612

Оценка влияния климатических факторов на коэффициент экранирования композиционных магнитных экранов на основе ускоренных испытаний. Мазеева А. К., Кузнецов П. А., Обыденных Н. Ф. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 130–135.

Дана оценка работоспособности защитных магнитных экранов на основе кобальтового сплава АМАГ-172 в условиях воздействия различных климатических факторов. Методом испытаний на сопротивление расслаиванию было проведено исследование влияния температуры на склеиваемость полиэтилентерефталатной пленки с металлической лентой и выбран режим изготовления экранов для климатических испытаний. По результатам испытаний получена зависимость изменения коэффициента экранирования от продолжительности воздействия климатических факторов, которая была использована для расчета изменения экранирующих свойств магнитных экранов на срок эксплуатации до 20 лет. По расчетным данным после 20 лет эксплуатации эффективность экранирования может снизиться на 40%, при этом коэффициент экранирования составит не менее 30 для однослойного магнитного цилиндрического экрана диаметром 50 мм в диапазоне полей до 400 мкТл.

Ключевые слова: композиционные магнитные экраны, коэффициент экранирования, адгезия, климатические факторы.

УДК 621.762.222

Использование метода оценки энергии поверхностного натяжения карбида титана по результатам дифракционного анализа его измельчения с карбидом вольфрама. Бойко В. Ф., Власова Н. М., Зайцев А. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 136–142.

Предложен альтернативный существующим метод определения поверхностного натяжения твердых тел на основе обобщения закона Риттингера и уравнения термодинамики Гиббса, дифракционного анализа гранулометрических характеристик измельченных порошков – прототипа (WC) и оригинала (TiC). Оценочно определен коэффициент поверхностного натяжения карбида титана.

Ключевые слова: разрушение измельчением, коэффициент поверхностного натяжения, гранулометрические характеристики, карбид вольфрама, карбид титана.

УДК 621.892:669.27

Определение основных трибологических характеристик жидких смазочных композиций, содержащих мелкодисперсные частицы дихалькогенидов вольфрама. Толочко О. В., Бреки А. Д., Васильева Е. С., Максимов М. Ю. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 143–149.

В настоящее время широкое распространение получили нанотехнологии, посредством которых удалось синтезировать наночастицы твердых смазочных материалов (модификаторов трения). В связи с этим обстоятельством появилась возможность реализации оценки влияния такого фактора как размер частиц с расширенной областью определения на основные трибологические характеристики жидких смазочных композиций с дихалькогенидами. Вместе с тем, появилась возможность сравнения влияния наночастиц различных дихалькогенидов на свойства базовых масел.

Определение основных трибологических характеристик жидких смазочных композиций с серпентинитом осуществили в соответствии с ГОСТ 9490–75 на четырехшариковой машине трения ЧШМ-3,2. В качестве базового смазочного материала использовали авиационное масло МС-20.

Сравнительный анализ полученных данных выявил, что присадки из микро- и наночастиц дисульфида вольфрама оказывают противоположное влияние на противозадирные свойства смазочных композиций. При этом противозадирными свойствами обладают смазочные композиции с наночастицами. При малых концентрациях WS_2 в МС-20 происходит увеличение противоизносных свойств. Наноразмерный диселенид вольфрама WSe_2 по предварительным данным, является хорошей противозадирной присадкой, значительно повышающей предельную нагрузочную способность смазочных композиций, но относительно нейтральной по отношению к износу в условиях трения скольжения.

Ключевые слова: показатель износа, противозадирные свойства, индекс задира, нагрузка сваривания, модификаторы трения, жидкие смазочные композиции, дихалькогениды вольфрама, наночастицы твердых смазок.

УДК 621.791.053:669.85/.86

Влияние редкоземельных металлов на формирование структуры и свойств низколегированного металла шва. Мельников П. В., Михайлов-Смоляков М. С., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 150–161.

Исследовано влияние редкоземельных металлов на формирование структуры металла шва при сварке низколегированными порошковыми проволоками. Показано, что редкоземельные металлы оказывают существенное влияние на размеры дендритов, морфологию карбидов и свойства металла шва.

Ключевые слова: редкоземельные металлы, низколегированная порошковая проволока, металл сварного шва, формирование структуры и свойств.

УДК 669.295:620.197:669.236

Использование рутения для повышения коррозионной стойкости в агрессивных средах промышленных сплавов титана. Малинкина Ю. Ю. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 162–166.

Рассматривается возможность повышения коррозионной стойкости промышленных титановых сплавов марок 5В и ПТ-3В с помощью катодного легирования или нанесения защитных покрытий на основе рутения. Показана высокая эффективность такого легирования для борьбы со щелевой и язвенной коррозией в хлоридсодержащих средах при повышенных температурах.

Ключевые слова: промышленные титановые сплавы, катодное легирование, защитные покрытия на основе рутения, стойкость к щелевой и язвенной коррозии.

УДК 669.15–194.56:621.039.531:539.421.5

Исследование влияния нейтронного облучения на вязкость разрушения стали 08X18H10T и металла ее сварных соединений. Смирнов В. И., Марголин Б. З., Лапин А. Н., Кохонов В. И., Сорокин А. А. – Вопросы материаловедения, 2011, № 1(65), с. 167–183.

Проведены исследования влияния нейтронного облучения на вязкость разрушения хромоникелевой аустенитной стали 08X18H10T и металла сварных швов, облученного в реакторе БОР-60. Определены характеристики вязкости разрушения этих материалов при различной повреждающей дозе и температуре испытаний. Установлено значительное влияние ориентации поверхности разрушения относительно направления проката на вязкость разрушения исследованной стали. Рассмотрено влияние температуры испытаний и предварительного повторно-статического нагружения на условия нестабильного развития трещины. Полученные экспериментальные результаты сопоставлены с прогнозными дозовыми зависимостями вязкости разрушения стали 08X18H10T и металла сварного шва.

Ключевые слова: хромоникелевая аустенитная сталь, сварной шов, нейтронное облучение, вязкость разрушения.