

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**  
**"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"**  
**№ 4(48), 2006**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ**

- Перевезенцев В. Н., Пупынин А. С.* Анализ закономерностей аномального роста зерен в субмикроструктурных металлах и сплавах, содержащих дисперсные частицы второй фазы.....5  
*Скаков М. К., Петров В. А., Мукажанов Е. Б., Ахметжанов Б. К.* Влияние температуры закалки и времени выдержки на фазово-структурное состояние пружинного сплава Cr–Ni ..... 13

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

- Матросов Н. И., Сенникова Л. Ф., Чишко В. В., Павловская Е. А., Андриевская Н. Ф., Макаренко В. В.* Структура и свойства сплава Nb–Ti после деформационно-термической обработки с применением равноканального многоугольного прессования..... 19  
*Васильева Е. С., Диденко А. Л., Кайдаш Е. А.* Синтез магнитотвердого наноконпозиционного материала на основе полиимида..... 28  
*Дацко О. И., Абрамов В. С., Дацко И. О., Манкевич А. Н., Чепелянский А. Я.* Влияние импульсов микродеформации и слабого магнитного поля на демпфирующие свойства порошка..... 35

**СВАРКА. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

- Вайнерман А. Е., Пичужкин С. А., Петров С. Н.* Исследование состава, структуры и механических свойств металла зон сварных соединений медных сплавов со сталями и их влияния на механические свойства сварных соединений..... 43

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ**

- Курсевич И. П., Марголин Б. З., Прокошев О. Ю., Кохонов В. И.* Механические свойства аустенитных сталей при нейтронном облучении: влияние различных факторов ..... 55  
*Васина Н. К., Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Курсевич И. П.* Радиационное распухание аустенитных сталей: влияние различных факторов. Обработка экспериментальных данных и формулировка определяющих уравнений ..... 69  
*Кудрявцев А. С., Марков В. Г., Лаврухин В. С.* Длительная прочность стали в жидкометаллическом теплоносителе на основе свинца ..... 89

**ИСПЫТАНИЯ, ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ**

- Козырев Ю. П., Седакова Е. Б.* Диагностика износа углеродсодержащего политетрафторэтилена с привлечением метода спектрального анализа сигналов акустической эмиссии ..... 95

**ХРОНИКА**

- Научно-техническая конференция Национального комитета по сварке РАН ..... 101  
Международный форум «Водородные технологии для производства энергии» ..... 103  
Юбилей С. С. Ушкова..... 107  
Конференции 2007 года..... 109

- Перечень статей, опубликованных в научно-техническом журнале «Вопросы материаловедения» в 2006 году** ..... 113

- Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Рекомендации** ..... 118

- Рефераты публикуемых статей** ..... 121

## РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 539.219.3:620.186.8

**Анализ закономерностей аномального роста зерен в субмикроструктурных металлах и сплавах, содержащих дисперсные частицы второй фазы.** Перевезенцев В. Н., Пупынин А. С. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 5–12.

В субмикроструктурных материалах путем кратковременных отжигов можно целенаправленно создавать бимодальную структуру с необходимыми долями мелких и крупных зерен, а следовательно, управлять прочностными и пластическими свойствами материала. Проанализированы основные закономерности протекания аномального роста зерен в таких материалах, содержащих дисперсные частицы второй фазы. Рассмотрены условия перехода границ растущего зерна в неравновесное состояние и кинетика миграции неравновесных границ в процессе отжига при различных начальных значениях отклонения размера растущего зерна от размера зерен «матрицы»  $\Delta d$ , плотности дислокаций в границах зерен  $r_{b0}$  и объемной доли частиц второй фазы  $f_v$ . Установлено, что увеличение  $\Delta d$  и уменьшение  $r_{b0}$  и  $f_v$  приводят к сокращению инкубационного периода аномального роста зерен. Возможность формирования в субмикроструктурных материалах четко выраженной бимодальной структуры связана с тем, что зерна, аномальный рост которых «стартует» в разные моменты времени, по истечении определенного времени отжига достигают приблизительно одинакового размера.

*Ключевые слова:* материалы субмикроструктурные, аномальный рост зерен, бимодальная структура, неравновесные границы зерен.

УДК 669.15.26`24:539.4.016.3

**Влияние температуры закалки и времени выдержки на фазово-структурное состояние пружинного сплава Cr–Ni.** Скаков М. К., Петров В. А., Мукажанов Е. Б., Ахметжанов Б. К. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 13–18.

Исследованы особенности изменения структуры и фазового состава сплава 47ХНМ в зависимости от температуры и времени выдержки под закалку. Показана двухфазность структуры сплава после закалки в интервале температур 1200–1300°С. Обнаружено, что с повышением температуры нагрева под закалку возрастают степень однородности твердого раствора, растворение упрочняющей  $\alpha$ -фазы и размер зерен матрицы. Определены оптимальные условия закалки сплава 47ХНМ.

*Ключевые слова:* сплав хромоникелевый, закалка, микроструктура, фазы, рост зерен, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ.

УДК 621.777.27:537.312.62

**Структура и свойства сплава Nb–Ti после деформационно-термической обработки с применением равноканального многоугольного прессования.** Матросов Н. И., Сенникова Л. Ф., Чишко В. В., Павловская Е. А., Андриевская Н. Ф., Макаренко В. В. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 19–27.

Исследованы структура, фазовый состав и их влияние на свойства сверхпроводящего сплава ниобий–титан (Nb + 60 ат. %Ti) после равноканального многоугольного прессования, а также после равноканального многоугольного прессования в комбинации с последующей термообработкой и деформацией методом гидроэкструзии. Особенности структуры и упрочнения сплава 60Т после деформационно-термической обработки и комбинированной деформации изучали методами: оптической микроскопии с помощью металлографического микроскопа «Neophot»; растровой электронной микроскопии с помощью растрового электронного микроскопа типа РЭММ-202 в режимах вторичных, отраженных и поглощенных электронов, а также с помощью электронной микроскопии на просвет на электронном микроскопе Tesla-BS 613. Электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что равноканальное многоугольное прессование сплава приводит к формированию изотропной субмикроструктурной структуры, облегчающей зародышеобразование выделений  $\alpha$ -фазы. Деформационно-термическая обработка формирует структуру с высокой ( $\sim 10^{10} \text{ см}^{-2}$ ) плотностью дислокаций и выделений  $\alpha$ -фазы (8–13%), благоприятную для повышения функциональных свойств сверхпроводящего сплава. Влияние

структурного состояния на токонесущую способность сплава рассмотрено на примерах исследований массивных образцов, вырезанных из заготовок в исходном состоянии, после деформации равноканальным многоугловым прессованием и деформационно-термической обработки, включающей операции равноканального многоугольного прессования и термообработки. В результате применения такой обработки критический ток увеличивается в 4–5 раз. При комбинированной обработке (равноканальное многоугловое прессование + гидроэкструзия) с увеличением степени монотонной деформации гидроэкструзией наблюдается более интенсивное деформационное упрочнение. Изменение характеристик микротвердости при больших ( $\epsilon = 9,84\text{--}7,66$ ) накопленных пластических деформациях комбинированным методом без операции термообработки описывается соотношением Холла–Петча, если в рамках упрощенного однопараметрического подхода использован размер сильно разориентированной ячейки (субзерна).

*Ключевые слова:* сплав Nb–Ti, равноканальное многоугловое прессование, структура,  $\alpha$ -фаза, микротвердость, критический ток, термообработка.

УДК 541.64:542.954:537.6

**Синтез магнитотвердого нанокomпозиционного материала на основе полиимида.** Васильева Е. С., Диденко А. Л., Кайдаш Е. А. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 28–34.

Представлены результаты исследования магнитных свойств пленочного нанокomпозиционного материала на основе полиимидной матрицы при использовании в качестве наполнителя высококоэрцитивных ферромагнитных наночастиц на основе железа и кобальта. Гибкие пленки из полиимидных нанокomпозитов получены при содержании наночастиц от 5 до 20 масс.%. Приведены результаты исследования гистерезисных магнитных свойств наночастиц сплавов железо–кобальт размером 25–30 нм при содержании кобальта до 55 масс.%. Методом вибрационной магнитометрии исследовано изменение магнитных свойств образцов из нанокomпозитов в зависимости от концентрации и химического состава наночастиц. Установлено, что намагниченность образца растет линейно при увеличении концентрации частиц, коэрцитивная сила композиционного материала существенно меньше, чем исходных наночастиц, и не зависит от их концентрации. Воздействие внешнего поперечного магнитного поля на стадии формирования пленочного образца полиимида позволило значительно увеличить значение коэрцитивной силы полученного композиционного материала — до 970 Э.

*Ключевые слова:* наночастицы на основе железа и кобальта, металлополимер, композиционные материалы, метод синтеза композиционного материала, магнитные свойства.

УДК 539.67:538.6

**Влияние импульсов микродеформации и слабого магнитного поля на демпфирующие свойства порошка.** Дацко О. И., Абрамов В. С., Дацко И. О., Манкевич А. Н., Чепелянский А. Я. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 35–42.

Изучалось поведение декремента затухающих колебаний (ДЗК) низкочастотного крутильного маятника, задемпфированного исследуемым порошком, после воздействия на него импульсов микродеформации и слабого магнитного поля.

Специфика и актуальность вопроса состоят в том, что, насколько нам известно, в механической спектроскопии метод задемпфированного сыпучим телом крутильного маятника для таких исследований не использовался, а демпфирующие свойства порошка после воздействия на него импульсов микропластичности и слабого магнитного поля не изучались.

Использовались порошки различного состава, нашедшие применение в промышленности, медицине, быту. Установлено, что после воздействия на порошки импульсов микродеформации амплитудные зависимости ДЗК обнаруживают монотонное уменьшение, на фоне которого могут наблюдаться 1–2 максимума, а после воздействия импульсов слабого магнитного поля — временные зависимости ДЗК изменяются вначале мгновенно, а затем медленно, долговременно, обнаруживая затухающие колебания. Характеры выявленных зависимостей сходны с наблюдаемыми на металлах. Однако в порошках указанные зависимости связываются с внешним трением в поверхностных слоях соприкасающихся частиц порошка, а в металлах — с внутренним трением в матрице материала. В обоих случаях они определяются в основном движением дислокаций, взаимодействующих со стопорами.

*Ключевые слова:* порошки, крутильный маятник, импульсы микродеформации и слабого магнитного поля, задемпфированные колебания, внешнее трение, микропластичность.

УДК 621.791.011:669.3:669.14.018.292

**Исследование состава, структуры и механических свойств металла зон сварных соединений медных сплавов со сталями и их влияния на механические свойства сварных соединений.** Вайнерман А. Е., Пичужкин С. А., Петров С. Н. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 43–54.

Исследованы состав, структура и механические свойства металла зон сварных соединений медных сплавов со сталями. Предложен механизм образования кристаллизационной и диффузионной прослоек и  $\alpha$ -фазы. Показано, что диффузионная и кристаллизационная прослойки и  $\alpha$ -фаза обладают высокими твердостью и прочностью и низкими пластическими свойствами и ударной вязкостью.

*Ключевые слова:* медный сплав, сталь, аргодуговая сварка, структура, химический состав, механические свойства.

УДК 669.14.018.8:621.039.548.34

**Механические свойства аустенитных сталей при нейтронном облучении: влияние различных факторов.** Курсевич И. П., Марголин Б. З., Прокошев О. Ю., Кохонов В. И. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 55–68.

На основе анализа и обобщения литературных и оригинальных данных разработаны уравнения для описания температурной зависимости предела текучести, расчета приращения предела текучести и предела прочности, а также снижения критической деформации в зависимости от флюенса нейтронов, температуры облучения и испытания аустенитных сталей типа X18H9. Предложены также уравнения для расчета параметров диаграмм деформирования.

*Ключевые слова:* сталь аустенитная, флюенс нейтронов, диаграммы деформирования, математическая модель.

УДК 669.15–194.56:621.039.548.34

**Радиационное распухание аустенитных сталей: влияние различных факторов. Обработка экспериментальных данных и формулировка определяющих уравнений.** Васина Н. К., Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Курсевич И. П. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 69–89.

Выполнены анализ и обобщение закономерностей влияния основных факторов на распухание аустенитных сталей. Рассмотрены и определены основные тенденции влияния на распухание скорости набора повреждающей дозы, деформации, уровня и знака напряжений. Сформирована и математически обработана экспериментальная база данных о распухании сталей типа X18H9 и X18H10T. Получены уравнения, описывающие распухание этих сталей при различном уровне повреждающей дозы и температуры облучения с учетом скорости набора повреждающей дозы, ускорения распухания под действием напряжений и замедления распухания при пластическом деформировании материала. Сформулированы определяющие уравнения для расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкций. Проанализирована связь радиационного распухания и ползучести.

*Ключевые слова:* аустенитные стали, радиационное распухание, повреждающая доза, напряженно-деформированное состояние, математическая модель.

УДК 669.15–194:621.039.52.034.6

**Длительная прочность стали в жидкометаллическом теплоносителе на основе свинца.** Кудрявцев А. С., Марков В. Г., Лаврухин В. С. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 89–94.

Исследованы причины снижения длительной прочности конструкционных материалов в контакте с жидким свинцом. Рассмотрены вопросы прогнозирования длительной прочности конструкционных материалов, работающих в реакторной установке с жидкометаллическим свинцовым теплоносителем.

*Ключевые слова:* жидкометаллический теплоноситель на основе свинца, конструкционные материалы, прогнозирование длительной прочности.

УДК 621.892

**Диагностика износа углеродсодержащего политетрафторэтилена с привлечением метода спектрального анализа сигналов акустической эмиссии.** Козырев Ю. П., Седакова Е. Б. – Вопросы материаловедения, 2006, № 4(48), с. 95–101.

Проведены триботехнические испытания углеродсодержащего наполненного политетрафторэтилена при двух величинах контактного давления. Показано, что автокорреляционная функция значений среднеквадратичных отклонений сигналов акустической эмиссии содержит случайные и квазипериодические составляющие. Использовано дискретное преобразование Фурье для определения энергетического спектра этой автокорреляционной функции. После сглаживания полученного спектра функцией, содержащей две экспоненты, предложен уточненный метод диагностики износа материала по ширине полученного энергетического спектра.

*Ключевые слова:* износ, углеродные материалы, триботехнические испытания, энергетический спектр, среднеквадратичное отклонение,  $pv$ -фактор.