

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ "ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 2(54), 2008

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| От главного редактора..... | 3 |
| НАНОСТРУКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ | |
| <i>Горынин И. В., Рыбин В. В., Малышевский В. А., Хлусова Е. И., Нестерова Е. В., Орлов В. В., Калинин Г. Ю.</i> Экономнолегированные стали с наномодифицированной структурой для эксплуатации в экстремальных условиях | 7 |
| <i>Мулюков Р. Р., Назаров А. А., Имаев Р. М.</i> Деформационные методы получения, многоуровневая структура и свойства наноструктурных материалов | 20 |
| <i>Гиршов В. Л.</i> Порошковая быстрорежущая сталь с дисперсной структурой | 33 |
| <i>Колобов Ю. Р., Голосов Е. В., Раточка И. В.</i> Особенности субмикроструктурной структуры и ее влияние на механические свойства титановых сплавов | 43 |
| <i>Козлов Э.В., Тришкина Л.И., Жданов А.Н., Попова Н.А., Конева Н. А.</i> Деформационное упрочнение поликристалла с наноразмерным зерном | 51 |
| <i>Пашинская Е. Г., Варюхин В. Н., Ткаченко В. М., Тищенко И. И.</i> Структурные аспекты винтовой экструзии | 60 |
| <i>Носкова Н. И., Коршунов Л. Г., Вильданова Н. Ф., Корзников А. В., Чурбаев Р. В.</i> Структура и трибологические свойства функциональных сплавов Al–Sn, Al–Sn–Pb и Sn–Sb–Cu, подвергнутых интенсивной пластической деформации | 71 |
| <i>Абрамов А. А.</i> О формировании наноразмерных фаз при термической обработке литейных сплавов системы Al–Mg–Li | 81 |
| <i>Поварова К. Б., Бунтушкин В. П., Казанская Н. К., Дроздов А. А., Базылева О. А.</i> Особолегкие жаропрочные наноструктурированные сплавы на основе Ni ₃ Al для, авиационного двигателестроения и энергетического машиностроения | 85 |
| <i>Поварова К. Б., Алымов М. И., Дроздов А. А.</i> Тяжелые вольфрамовые сплавы на основе нанопорошков | 94 |
| <i>Николенко С. В., Верхотуров А. Д., Дворник М. И., Власова Н. М., Пугачевский М. А., Михайлов М. М., Крестьяникова Н. С.</i> Использование нанопорошка Al ₂ O ₃ в качестве ингибитора роста зерна в сплаве ВК8 | 100 |
| НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАГНИТОТВЕРДЫЕ И МАГНИТОМЯГКИЕ СПЛАВЫ | |
| <i>Носкова Н. И., Шулика В. В., Потапов А. П.</i> Магнитные свойства и микроструктура после специальных термомагнитных обработок нанокристаллических магнитомягких сплавов на основе Fe и Co | 106 |
| <i>Кузнецов П. А., Беляева А. И., Михайлов М. С., Сергеева О. С.</i> Влияние режимов отжига на кинетику кристаллизации и магнитные характеристики нанокристаллического магнитомягкого сплава системы Fe–Cu–Nb–Si–B | 113 |
| <i>Корягин С. В., Бякова А. В., Мильман Ю. В.</i> Магнитотвердые нанокристаллические сплавы Nd–Fe–B с низким содержанием неодима | 122 |
| НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | |
| <i>Анисимов А. В., Бахарева В. Е., Николаев Г. И., Рыбин В. В.</i> Элементы нанотехнологий при создании подшипников скольжения из антифрикционных углепластиков | 132 |
| <i>Седлецкий Р. В., Николаев Г. И.</i> Принципы внутриобъемной нанотехнологии хемосорбционной защиты от водопоглощения и деградации прочности для высоконаполненных конструкционных полимерных материалов (сферо- стеклопластики) | 148 |
| <i>Гордеев С. К.</i> Трехмерные углеродные наноматериалы | 163 |
| НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ И НАНОРАЗМЕРНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ | |

| | |
|--|-----|
| <i>Каблов Е. Н., Мубояджян С. А., Луценко А. Н.</i> Наноструктурные ионно-плазменные защитные и упрочняющие покрытия для лопаток газотурбинных двигателей..... | 175 |
| <i>Кириханцев-Корнеев Ф. В., Шевейко А. Н., Левашов Е. А., Штанский Д. В.</i> Перспективные наноструктурные покрытия для машиностроения..... | 187 |
| <i>Кайдаш Е. А., Несмелов Д. Д., Васильева Е. С.</i> Газофазный синтез дисперсных частиц на основе вольфрама и их применение..... | 202 |
| <i>Каченюк М. Н.</i> Получение композиционного материала на основе Ti_3SiC_2 методом механо-синтеза | 210 |
| <i>Чайкина М. В., Уваров Н. Ф., Улихин А. С., Хлусов И. А.</i> Механохимический синтез наноразмерных функциональных материалов со структурой апатита..... | 219 |
| Рефераты публикуемых статей | 233 |

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194.2:539.2

Экономнолегированные стали с наномодифицированной структурой для эксплуатации в экстремальных условиях. Горынин И. В., Рыбин В. В., Малышевский В. А., Хлусова Е. И., Нестерова Е. В., Орлов В. В., Калинин Г. Ю. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 7–19.

В работе показаны способы получения наноструктурированных состояний в сталях ферритного, бейнитного, мартенситного и аустенитного классов. Проведены исследования структуры методом оптической металлографии и растровой электронной микроскопии. Установлены корреляционные взаимосвязи термомеханических параметров, механических свойств со структурой стали на наномасштабном уровне и показано, что формирование наномодифицированной структуры позволяет повысить уровень свойств стали.

Ключевые слова: стали ферритного, бейнитного, мартенситного и аустенитного классов, наномодифицированная структура, оптическая металлография и растровая электронная микроскопия.

УДК 539.21: 539.374: 621.77

Деформационные методы получения, многоуровневая структура и свойства наноструктурных материалов. Мулюков Р. Р., Назаров А.А., Имаев Р. М. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 20–32.

Проанализированы физические основы и технологическая эффективность основных деформационных методов наноструктурирования металлов и сплавов – кручения под квазигидростатическим давлением, равноканального углового прессования и всесторонней изотермическойковки. Показано, что с точек зрения как фундаментальных процессов структурообразования, так и экономической эффективности всесторонняя изотермическаяковка является наиболее перспективным методом получения объемных наноструктурных материалов. Проведен аналитический обзор результатов структурной аттестации наноматериалов, сформулированы основы их структурной модели. Описаны физические свойства объемных наноматериалов; особое внимание уделено механическим свойствам и перспективам их использования в технологии изготовления изделий из наноматериалов.

Ключевые слова: наноструктурные материалы, интенсивная пластическая деформация, кручение под квазигидростатическим давлением, равноканальное угловое прессование, всесторонняя изотермическаяковка, структура, механические свойства, физические свойства, сверхпластичность.

УДК 669.14.018.252.3:621.762

Порошковая быстрорежущая сталь с дисперсной структурой. Гиршов В. Л. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 33–42.

Представлены результаты исследований, направленных на повышение механических и функциональных свойств порошковой быстрорежущей стали. Исследована структура распыленных порошков стали марки 10P6M5, полученных при скоростях охлаждения 10^3 – 10^6 К/с. Выявлены дефекты структуры экструдированных порошковых заготовок и исследована степень их влияния на прочность порошковой стали в состоянии высокой твердости. Показано, что наиболее существенное негативное влияние на прочность стали оказывают остатки оксидной пленки, расположенные на границах между частицами.

Ключевые слова: порошковая быстрорежущая сталь, дефекты структуры, оксидная пленка.

УДК 669.295:539.214:539.374

Особенности субмикроструктурной структуры и ее влияние на механические свойства титановых сплавов. Колобов Ю. Р., Голосов Е. В., Раточка И. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 43–50.

Исследованы субмикроструктурная структура, сформированная при глубокой пластической деформации, и ее влияние на деформационное поведение, прочность и

пластичность титановых сплавов системы Ti–Al–V. Показано, что прочность и пластичность титанового сплава Ti–6Al–4V (BT6) могут заметно изменяться даже при наличии относительно небольших неоднородностей в распределении по размерам элементов зеренно-субзеренной структуры, формируемой при глубокой пластической деформации.

Ключевые слова: титановые сплавы, субмикроструктурная структура, зеренно-субзеренная структура, сверхпластичность.

УДК 669.35: 539.214:539.37

Деформационное упрочнение поликристалла с наноразмерным зерном. Козлов Э. В., Тришкина Л. И., Жданов А. Н., Попова Н. А., Конева Н. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 51–59.

Выполнен анализ современного состояния вопроса о стадийности деформации поликристаллического агрегата с нанозерном. В основу положены экспериментальные данные, полученные на нанополикристаллах меди. Они взяты как из научной литературы, так из собственных исследований авторов. Описаны основные закономерности развития деформационного упрочнения при сжатии и растяжении в интервале средних размеров зерен 20–200 нм. Одновременно обсуждаются трудности исследования деформационного упрочнения и пути их преодоления.

Ключевые слова: деформационное упрочнение, стадии деформации, напряжение течения, размер нанозерен, локализация деформации.

УДК 539.2:539.374.6

Структурные аспекты винтовой экструзии. Пашинская Е. Г., Варюхин В. Н., Ткаченко В. М., Тищенко И. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 60–70.

Рассмотрен процесс эволюции структуры металлов при накоплении степени деформации методом винтовой экструзии. В качестве материала для исследований использовали технически чистую медь М1, деформированную винтовой экструзией с различным количеством проходов. Структурные изменения контролировались методами оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного и рентгеновского дифрактометрического анализа. После каждого этапа деформации определялась плотность и микротвердость образцов, а также осуществлялись механические испытания на разрыв. Показано, что при накоплении степени деформации изменение структуры проходит через определенные стадии за счет конкурентного развития фрагментации и динамической рекристаллизации. Это приводит к образованию субмикроструктурной структуры смешанного типа, содержащей области с мелкими рекристаллизованными и деформированными зёрнами. Материал характеризуется высоким уровнем пластических характеристик при сохранении значительного уровня прочностных свойств.

Ключевые слова: субмикроструктурная структура, винтовая экструзия, фрагментация, рекристаллизация, зерно, механические свойства.

УДК 669.715'6:539.21:621.891:539.374

Структура и трибологические свойства функциональных сплавов Al–Sn, Al–Sn–Pb и Sn–Sb–Cu, подвергнутых интенсивной пластической деформации. Носкова Н. И., Коршунов Л. Г., Вильданова Н. Ф., Корзников А. В., Чурбаев Р. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 71–80.

Исследованы изменения структуры и механических свойств сплавов Al + 30Sn, Al + 25Sn + 15Pb, Al + 5Sn + 35Pb и Sn + 12Sb + 5Cu масс. %, а также параметров трения после равноканального углового прессования под давлением и на разных стадиях интенсивной деформации сдвигом под давлением. Показано, что переход в нанокристаллическое состояние происходит при разной степени пластической деформации, а твердость изменяется немонокотонно – вначале повышается, а затем падает. После интенсивной деформации $\epsilon = 6,4$ и последующей выдержки обнаружен эффект рассыпания сплавов Al + 25Sn + 15Pb и Al + 5Sn + 35Pb на наноразмерный порошок. Установлено, что коэффициент сухого трения после быстрой закалки из расплава сплавов Al + 30Sn, Al + 25Sn + 15Pb, Al + 5Sn + 35Pb равен 0,33, в субмикроструктурном состоянии (после равноканального прессования) – 0,24, 0,32, 0,35 соответственно. Соппротивление изнашиванию в условиях трения со смазкой (в режиме граничного

трения) при интенсивном фрикционном нагреве (скорость скольжения 4,5 м/с) баббита, деформированного методом РКУП, заметно (примерно в 2 раза) выше, чем литого. Кроме того, коэффициент граничного трения деформированного РКУП баббита в 1,6 раза ниже, чем литого.

Ключевые слова: функциональные сплавы, структура, трибологические свойства, равноканальное угловое прессование.

УДК 669.715:621.78

О формировании наноразмерных фаз при термической обработке литейных сплавов системы Al–Mg–Li. Абрамов А. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 81–84.

Приведены результаты исследования литейного сплава металлической системы Al–Mg–Li. Методом дифференциального термического анализа определены характеристические температуры сплава. Исследована структура сплава после закалки и различных режимов старения. Показано влияние наноразмерных элементов структуры на механические свойства сплава.

Ключевые слова: литейный сплав системы Al–Mg–Li, характеристические температуры, термическая обработка, наноразмерные фазы.

УДК 669.018.4

Особолегкие жаропрочные наноструктурированные сплавы на основе Ni₃Al для авиационного двигателестроения и энергетического машиностроения. Поварова К. Б., Бунтушкин В. П., Казанская Н. К., Дроздов А. А., Базылева О. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 85–93.

Рассмотрены механизмы упрочнения, которые могут быть реализованы в сплавах на основе Ni₃Al в интервале рабочих температур до 1200–1250°C. Применение их позволило создать литейные жаропрочные материалы нового поколения на основе интерметаллидов Ni₃Al, легированные тугоплавкими (W, Re, Mo, Cr), реакционно- и поверхностно-активными металлами (редкоземельными металлами, титаном). Они представляют собой получаемые направленной кристаллизацией естественные эвтектические композиты (γ' -Ni₃Al + γ -Ni), структура которых в отличие от никелевых суперсплавов не деградирует вплоть до температур предплавления. Показано, что это термостабильное структурно-фазовое состояние может быть дополнительно стабилизировано упрочняющими материал наноразмерными образованиями, представляющими собой частицы ОЦК-фазы (α -Mn) с переменным содержанием Cr, Mo, W, Ni (80–200 нм), частицы Al₂La и Ni₃La (20–200 нм) на межфазных границах, выделения карбида лантана La₂C₃ (10–20 нм) и вторичные выделения γ' -фазы (10–30 нм). Введение оптимальных количеств редкоземельных металлов обеспечивает повышение в 3 раза долговечности сплавов типа ВКНА при 1100°C.

Ключевые слова: интерметаллиды, алюминиды, нанофазы, долговечность, направленная кристаллизация, легирование, термостабильность.

УДК 669.27:669.762.5

Тяжелые вольфрамовые сплавы на основе нанопорошков. Поварова К. Б., Алымов М. И., Дроздов А. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 94–99.

Из нанопорошков тяжелого вольфрамового сплава системы W–Ni–Fe–Co (размер частиц около 100 нм), синтезированных методом твердофазного спекания, получен компактный материал плотностью ~17,4 г/см³ с размером зерна вольфрама 2,4–4,6 мкм. Вольфрамовый сплав из нанопорошка имеет более высокие механические свойства, чем стандартные сплавы: твердость по Виккерсу сплава из нанопорошков в 2,5 раза выше, чем заводского сплава после жидкофазного спекания и в 1,4 раз выше, чем заводского сплава после дополнительной упрочняющей обработки. Предел текучести и временное сопротивление на сжатие при комнатной температуре мелкозернистых вольфрамовых сплавов, полученных из нанопорошков твердофазным спеканием при 1350°C, соответственно на ~55 и ~35% выше, чем промышленных сплавов.

Ключевые слова: тяжелые сплавы, нанопорошки, синтез, структура, размер зерна, границы зерен, прочность, твердость

УДК 621.762

Использование нанопорошка Al_2O_3 в качестве ингибитора роста зерна в сплаве ВК8. Николенко С. В., Верхотуров А. Д., Дворник М. И., Власова Н. М., Пугачевский М. А., Михайлов М. М., Крестьяникова Н. С. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 100–105.

Работа посвящена применению нанодисперсного порошка Al_2O_3 для замедления роста зерна в твердых сплавах типа WC–Co. Показано, что добавление нанодисперсного порошка Al_2O_3 при изготовлении твердого сплава приводит к уменьшению среднего диаметра зерна карбида вольфрама в 1,5–3 раза. Введение в стандартный сплав ВК8 5 масс.% Al_2O_3 способствует уменьшению среднего размера зерна с 2,4 до 0,84 мкм и повышению микротвердости с 12,7 до 17,8 ГПа. Замечено, что добавка Al_2O_3 вызывает значительное увеличение объема пор.

Ключевые слова: твердый вольфрамсодержащий сплав, нанодисперсный порошок Al_2O_3 , замедление роста зерна.

УДК 621.318.13:621.78

Магнитные свойства и микроструктура после специальных термомагнитных обработок нанокристаллических магнитомягких сплавов на основе Fe и Co. Носкова Н. И., Шулика В. В., Потапов А. П. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 106–112.

Исследованы магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов с магнитострикцией насыщения, близкой к нулю, с дестабилизированной магнитной доменной структурой. Изучено изменение магнитных характеристик после двух обработок, приводящих к дестабилизации доменной структуры: термомагнитной обработки в высокочастотном магнитном поле 80 кГц и закалки в воде. Показано, что дестабилизация как первым, так и вторым способом значительно улучшает магнитные свойства аморфных сплавов. Однако после закалки аморфного сплава наблюдается температурно-временная нестабильность магнитных свойств. Закалка в воде исследуемых нанокристаллических сплавов приводит к ухудшению магнитных свойств.

Ключевые слова: нанокристаллические магнитомягкие сплавы, магнитные свойства, микроструктура, термомагнитная обработка.

УДК 621.318.13:539.213:621.785.3

Влияние режимов отжига на кинетику кристаллизации и магнитные характеристики нанокристаллического магнитомягкого сплава системы Fe–Cu–Nb–Si–B. Кузнецов П. А., Беляева А. И., Михайлов М. С., Сергеева О. С. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 113–121.

Проведено исследование параметров структуры и магнитных характеристик магнитомягкого нанокристаллического сплава АМАГ-200 системы Fe–Cu–Nb–Si–B в процессе кристаллизации из аморфного состояния при различных режимах отжига. Исследование структуры сплава проводилось с использованием методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии, дифракционного метода. Магнитные характеристики изучали стандартным магнитометрическим методом. В результате работы определены структурные параметры и магнитные свойства сплава в зависимости от режима отжига, а также установлена их взаимосвязь. Определен оптимальный, с точки зрения магнитного экранирования, режим термической обработки сплава.

Ключевые слова: магнитомягкие материалы, нанокристаллический сплав Fe–Cu–Nb–Si–B АМАГ-200, отжиг, структура, размер кристаллитов, объемная доля кристаллической фазы, коэрцитивная сила, магнитная проницаемость.

УДК 621.318.12: 539.213

Магнитотвердые нанокристаллические сплавы Nd–Fe–B с низким содержанием неодима. Корягин С. В., Бякова А. В., Мильман Ю. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 122–131.

Показана возможность получения магнитотвердого нанокompозита типа $Fe_3B/Nd_2Fe_{14}B$ путем кристаллизации предварительно аморфизированного сплава $Nd_{3.7}Fe_{80.3}B_{16.0}$ с пониженным содержанием Nd и B по сравнению с известными аналогами. Методами дифференциальной сканирующей калориметрии, фазового рентгеноструктурного анализа, просвечивающей электронной микроскопии и магнитными измерениями изучена эволюция структуры при нагреве и определены магнитные характеристики: остаточная магнитная индукция, B_r , коэрцитивная сила,

iH_c , и магнитная энергия $(BH)_{\max}$. Процесс кристаллизации аморфизированного сплава происходил в четыре стадии: 1) выделение дисперсных включений магнитомягкой фазы Fe_3B ; 2) кристаллизация оставшейся аморфной фазы с образованием магнитотвердой фазы $Nd_2Fe_{14}B$, магнитомягкой фазы Fe_3B и метастабильной магнитомягкой фазы $Nd_2Fe_{23}B_3$; 3) частичный распад фазы $Nd_2Fe_{23}B_3$ с образованием фаз $Nd_2Fe_{14}B$ и Fe_3B ; 4) частичный распад фазы Fe_3B с образованием α -Fe. Снижение содержания В (до 16 ат.%) приводило к уменьшению стабильности аморфного состояния с ранним ($T \approx 673$ К) выделением дисперсных включений Fe_3B , которое сопровождалось смещением последующих фазовых превращений в более низкотемпературную область ($T < 903$ К). После кристаллизации при оптимальной температуре ($T \approx 903$ К) сплав $Nd_{3.7}Fe_{80.3}B_{16.0}$ состоял из трех фаз ($Nd_2Fe_{14}B$, Fe_3B и $Nd_2Fe_{23}B_3$) фаз и имел средний размер зерен 27 нм, который удовлетворял условию однодоменности, что обеспечивало реализацию в нем эффекта обменного взаимодействия и, как следствие, высокий уровень магнитных свойств ($B_r = 1,2$ Тл, $iH_c = 258$ кА/м, $(BH)_{\max} = 109,5$ кДж/м³) при хорошей прямоугольности ($S_q \approx 43\%$) кривой размагничивания. В связи с отсутствием в структуре значительного количества α -Fe этот нанокompозит по своим магнитным свойствам превосходил известный аналог с близким размером зерна (30 нм), но более высоким содержанием Nd и В, и приближался к легированным нанокompозитам того же типа с меньшим размером зерен (12–17 нм).

Ключевые слова: магнитотвердые NdFeB нанокompозиты, спинингование, структура, магнитные свойства.

УДК 678.067:539.538:621.822.5:539.25

Элементы нанотехнологий при создании подшипников скольжения из антифрикционных углепластиков. Анисимов А. В., Бахарева В. Е., Николаев Г. И., Рыбин В. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 132–147.

В ЦНИИ КМ «Прометей» в течение 30 лет проводятся работы по созданию, исследованию и модификации антифрикционных углепластиков для подшипников скольжения. Организовано промышленное производство заготовок и деталей подшипников скольжения из них.

Проведены исследования процесса трения с использованием атомно-силовой и растровой электронной микроскопии. Установлено, что процесс трения углепластиков в установившемся режиме происходит на наномасштабном уровне.

Подтверждено, что углепластик является наноструктурированным композитом. Исследовано влияние структуры углеродных волокон и полимерной матрицы на процессы изнашивания и состояние поверхности трения антифрикционных углепластиков.

Методом АСМ доказано, что при модификации углепластиков на мезо- (порошками металлов и сплавов) и макроуровне (графитонаполненным фторопластом) на поверхности трения углепластика образуются антифрикционные нанопленки. Исследован широкий спектр наномодификаторов.

Модифицированные углепластики нашли применение в судовых механизмах, гидротурбинах, насосах, дробилках, арматуре трубопроводов и др. Например, углепластик марки ФУТ-Ф, модифицированный нанофторопластом марки Ф4, применяется в торцевых уплотнениях вала гидротурбин гидроэлектростанций «Тери» (Индия) и Эль-Кахон (Мексика), в торцевых уплотнениях насосов атомных ледоколов. Макромодифицированный углепластик ФУТ применяется в дейдвудных подшипниках валопроводов судов большого и малого водоизмещения. Мезомодифицированные металлами углепластики ФУТ и УГЭТ применяются в рулевых устройствах и рулевых машинах судов, арматуре трубопроводов, дробилках.

Ключевые слова: нано-, мезо- и макромодификация, антифрикционные материалы, углепластик, наноструктура, атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия.

УДК 678.067:544.723.5

Принципы внутриобъемной нанотехнологии хемосорбционной защиты от водопоглощения и деградации прочности для высоконаполненных конструкционных полимерных материалов (сферо-стеклопластики). Седлецкий Р. В., Николаев Г. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 148–162.

В целях повышения эксплуатационного ресурса наполненных конструкционных полимерных материалов (НКПМ) теоретически разработаны на основе модели «реверсивного»

водомассопереноса – волнообразного изменения прочности» и экспериментально апробированы принципы высокоэффективного блокирования водопоглощения. Физико-химический механизм блокирования реализуется в процессе внутриобъемной молекулярно-хемосорбционной защитной обработки бифункциональными соединениями трехмерной атомно-молекулярной сетки полимерной матрицы (направленный синтез наноструктур) и связан с изменениями условий энергетического равновесия на трехфазной границе вода – пар – молекулярная сетка полимера для системы микроменисков жидкости в мезомикрокапиллярной структуре полимера.

Экспериментальная база данных по молекулярно-хемосорбционной защите представлена положительными результатами исследования большого числа композиций НКПМ разной химической природы.

Хемосорбционный эффект блокирования обеспечивается на уровне микроконцентраций защитного химического вещества.

На базе гидроиспытаний показано, что сферопластики разных типов после молекулярно-хемосорбционной защиты сохраняют уровень водопоглощения, близкий к нулевому.

Испытан широкий спектр химических бифункциональных высокополярных соединений в условиях различных технологических вариантов направленного синтеза эффективных химических защитных наноструктур в объеме мезомикрокапиллярной системы полимерной матрицы НКПМ.

Ключевые слова: сферопластик, стеклопластик, анизотропия, композиты, синтез наноструктур, хемосорбция, мениск жидкости.

УДК 661.66

Трехмерные углеродные наноматериалы. Гордеев С. К. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 163–174.

Рассмотрены методы получения и свойства нанофрагментарных материалов – углеродных композитов из наноалмазов и нанопористых углеродных материалов, полученных из карбидов. Приведены зависимости свойств материалов от условий их получения. Рассмотрены перспективные области применения трехмерных углеродных материалов.

Ключевые слова: наноалмазы, нанопористые углеродные материалы, свойства, области применения.

УДК 621.793.184:621.438

Наноструктурные ионно-плазменные защитные и упрочняющие покрытия для лопаток газотурбинных двигателей. Каблов Е. Н., Мубояджян С. А., Луценко А. Н. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 175–186.

Разработки ВИАМ в области ионно-плазменных технологий позволили создать не имеющее аналогов в мире ионно-плазменное оборудование с ассистированным осаждением (установка МАП-3) для получения наноструктурных и нанокompозитных защитных и упрочняющих покрытий толщиной до 120 мкм и разработать технологические процессы их получения.

Особенностью предложенной технологии являются управляемые энергии частиц, взаимодействующих с поверхностью обрабатываемого изделия в процессах ассистированного ионного и модифицированного осаждения наноструктурных покрытий. Это обеспечивает повышение прочностных и эксплуатационных характеристик обрабатываемого изделия за счет совершенствования состава и управления структурно-фазовыми превращениями в процессе формирования наноструктурного покрытия.

Ключевые слова: лопатки газотурбинных двигателей, защитные и упрочняющие покрытия, ионно-плазменное ассистированное осаждение, наноструктурные покрытия.

УДК 621.793

Перспективные наноструктурные покрытия для машиностроения. Кирюханцев-Корнеев Ф. В., Швейко А. Н., Левашов Е. А., Штанский Д. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 187–201.

Приведен обзор современного состояния исследований в области многофункциональных наноструктурных покрытий, перспективных для машиностроения. Рассмотрены различные классы

наноструктурных покрытий (твердые износостойкие, антифрикционные, жаростойкие, коррозионно-стойкие) и методы их получения.

Ключевые слова: наноструктурные покрытия, структура и свойства, методы получения.

УДК 669.27:621.762

Газофазный синтез дисперсных частиц на основе вольфрама и их применение. Кайдаш Е. А., Несмелов Д. Д., Васильева Е. С. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 202–209.

Методом аэрозольного синтеза получены наночастицы на основе вольфрама. При получении наночастиц в качестве исходного вещества был использован гексакорбонил вольфрама, который испарялся с контролируемой скоростью в потоке инертного газа. Средний размер частиц увеличивается от 6 до 25 нм при увеличении температуры и времени реакции. В зависимости от условий эксперимента состав продуктов реакции изменяется в широких пределах: могут быть получены наночастицы с аморфной структурой, наночастицы на базе ОЦК вольфрама, кубического карбида вольфрама или этих фаз в различных соотношениях. Экспериментально определены области получения различных продуктов реакции в зависимости от условий синтеза. Полученные частицы были использованы для активации процесса спекания микроразмерных вольфрамовых порошков. При добавке в такой порошок вольфрама до 30% наноразмерного порошка наблюдалось снижение температуры спекания более, чем на 400°C градусов при увеличении плотности спеченных заготовок.

Ключевые слова: наночастицы, вольфрам, газофазный синтез, фазовый состав, спекание

УДК 621.763:621.762.4

Получение композиционного материала на основе Ti_3SiC_2 методом механосинтеза. Каченюк М. Н. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 210–218.

Исследовано получение композиционного материала на основе карбосилицида титана методом механосинтеза и последующего горячего прессования. Установлена кинетика образования карбосилицида титана при механосинтезе в планетарной мельнице «САНД». Определены оптимальные параметры синтеза, обеспечивающие получение композиционного порошка с содержанием Ti_3SiC_2 порядка 30% и размером частиц 3,5 мкм. Последующее горячее прессование позволяет формировать материал с пористостью ~2 %, состоящий на 90% из Ti_3SiC_2 и имеющий микрокристаллическую структуру. Установлено влияние механосинтеза на уплотняемость материала при горячем прессовании. Дан сравнительный анализ микроструктуры материалов на основе механосинтезированной и смешанной композиции.

Ключевые слова: карбосилицид титана, механосинтез, горячее прессование.

УДК 549.753.11:66.091:539.21

Механохимический синтез наноразмерных функциональных материалов со структурой апатита. Чайкина М. В., Уваров Н. Ф., Улихин А. С., Хлусов И. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), с. 219–232.

Механохимическим методом непосредственно в планетарных мельницах в течение 10–35 мин синтезированы изоморфные разновидности гидроксилapatита и силикатов лантана с апатитовой структурой. Приведены данные тестирования *in vitro* на биоактивность гидроксилapatита с замещениями в катионной и анионной подрешетках. Определена проводимость образцов лантана с апатитовой структурой в зависимости от замещений и содержания кислорода на оси b_3 .

Ключевые слова: механохимический синтез, гидроксилapatит, биосовместимость, силикат лантана оксиapatит, кислород-ионные проводники.