

*ХIII Российская ежегодная конференция
молодых научных сотрудников и аспирантов
"Физико-химия и технология
неорганических материалов"
(с международным участием)*

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

18-21 октября 2016 г.

ИМЕТ РАН
Москва 2016

УДК 544(063)+66.0(063)
ББК 24.5я431+35я431
Р76

Ф50 XIII Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов». Москва. 18-21 октября 2016 г. / Сборник материалов. – М:ИМЕТ РАН, 2016, 426.

ISBN 978-5-4465-1273-7

В сборнике материалов опубликованы доклады XIII Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов», содержащие результаты фундаментальных исследований в области наук о материалах, включающих разработку физико-химических основ создания металлических и композиционных наноматериалов и нанотехнологий, керамики, интерметаллидов. В конференции приняли участие молодые научные сотрудники и аспиранты академических институтов, Государственных научных центров, а также студенты Высших учебных заведений России. Сборник предназначен для научных работников, специалистов, аспирантов, работающих в области наук о материалах, а также может быть полезен студентам старших курсов Высших учебных заведений.

Материалы опубликованы в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте www.m.imetran.ru

Проведение конференции поддержано фондом РФФИ (грант 16-38-10330 мол_г).

Организаторы конференции:

Федеральное агентство научных организаций,
Российская академия наук,
Министерство Образования и Науки РФ,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук,
ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова,
Совет молодых ученых РАН,
Совет молодых ученых ИМЕТ РАН

© ИМЕТ РАН 2016

ISBN 978-5-4465-1273-7



9 785446 512737 >

КЕРАМООБРАЗУЮЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ КВАЗИПЛАСТИЧНЫХ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шестаков А.М.

Россия, ФГУП ГНЦ РФ «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», alexej-85@mail.ru

Получены полимерные керамообразующие композиции на основе поликарбосилана (ПКС) и реакционноспособных кремнийорганических (олигосилазан) и органических соединений (олигоэфиракрилат, 2,2'-диаллилбисфенол А) способные отверждаться в инертной среде и дающие в результате пиролиза высокий выход керамического остатка. Композиции были получены путем смешения исходных компонентов, взятых в различных массовых соотношениях, в растворе при температуре 25 °С. Методами синхронного термического анализа (СТА), гель-проникающей хроматографии (ГПХ), ИК-спектроскопии, рентгенофазового анализа (РФА) и экстракции исследованы процессы отверждения и пиролиза полученных композиций в инертной атмосфере (аргон), состав и структура полученных керамических матриц. Показано, что процесс отверждения композиций протекает в интервале температур 100-350 °С и приводит к образованию сшитых высокомолекулярных продуктов, являющихся продуктами взаимодействия исходных компонентов композиций. В результате пиролиза полученных отвержденных композиций до температуры 1100 °С образуются керамические матрицы, выход которых в 1,3 раза выше (79-85% мас.), чем выход пиролизатов исходных компонентов композиций. РФА показал, что основной фазой в керамических продуктах является рентгеноаморфный карбид кремния. По данным элементного анализа содержание кислорода в керамике не превышает 4,5% мас., а содержание углерода в 1,2-2,6 раза превышает содержание кремния в зависимости от состава композиции. Получаемая керамика обладает высокой термоокислительной устойчивостью: данные СТА показывают, что при температуре ниже 1200 °С потери массы образца керамики отсутствуют. В области 1200 – 1400 °С наблюдаются незначительные потери массы (доли процента), причем температура начала термических превращений зависит от состава исходной композиции. Полученные керамообразующие композиции были использованы в качестве связующих для создания наноструктурированного керамического композиционного материала (НККМ) по «полимерной технологии». Образцы НККМ системы SiC/C были получены пропиткой углеродного наполнителя раствором полимерного связующего (ПКС/олигосилазан) с введенным нанодисперсным порошкообразным модификатором (или без него), с последующим формированием, отверждением и пиролизом. Установлено, что волокна в НККМ хорошо смачиваются и пропитываются связующим. Методами электронной микроскопии и РФА показана совместимость компонентов НККМ. Фазовая стабильность материала сохранялась не только на стадии его приготовления, но и при его прогреве при температуре 1000 °С в течение 5 часов. Скол матрицы имеет мелкозернистую структуру с размером зерна 100-150 нм. Исследование изломов образцов НККМ показало, что на границе волокно/матрица наблюдается торможение микротрещин, зарождающихся в матрице, что увеличивает усилия деформации, которые затрачиваются на разрушение НККМ и способствует повышению значения его прочности. Полученные образцы НККМ имели прочность при изгибе ($\sigma_{изг}^{20}$) 150-200 МПа, плотность 1,8-2,0 г/см³ и температуроустойчивость до 1300 °С.

Автор выражает благодарность за помощь в выполнении работы д.т.н. Минакову В.Т., к.т.н. Швец Н.И, к.т.н. Розененковой В.А. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-03-00150 «Исследование влияния полиреакционноспособных олигомеров на термохимические превращения поликарбосилановых прекурсоров и свойства получаемых керамических матриц»).

АНИЗАТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА ТИПА КС25

Дормидонтов Н.А.

Россия, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, ontip@mail.ru

Магнитотвердые материалы на основе РЗМ довольно широко применяются во всех без исключения сфер жизнедеятельности, начиная от мобильных устройств, которые уже стали

неотъемлемой частью нашей жизни и заканчивая высокотехнологичными устройствами применяемыми для военных целей. В большинстве своём магниты, становятся частью более технологичного устройства, например, динамика, дефектоскопа, ротора или магнитной системы фокусировки электронных пучков электровакуумных приборов.

При проектировании того или иного узла с магнитом нельзя ориентироваться только на его гистерезисные характеристики, так же очень важно знать его прочностные, тепловые, электрические свойства и химическая стойкость материала к различным средам и д.р.

Целью работы является исследование механических свойств серийно выпускаемых магнитов типа KC25 (Sm-Co-Fe-Cu-Zr) в различных направления относительно их магнитной текстуры. Исследуются образцы с поверхностью подверженной тонкой шлифовке.

Для исследования твердости образцов и модулей упругости и пластичности использовалась установка НаноТест; (Micro Materials Ltd.). Работа прибора основана на точном измерении нагрузки на индентор и соответствующей и соответствующей глубины внедрения индентора в поверхность образца, а также акустико-эмиссионной регистрации момента разрушения исследуемых покрытий. Основной режим работы нано- и микроиндентометров реализуется внедрением геометрически аттестованного индентора заданного профиля под действием нормальной силы F и одновременной регистрации глубины погружения его в материал h . Чаще данные перестраивают в виде зависимости $F-h$, являющейся аналогом диаграммы $\sigma-\varepsilon$ (напряжение – относительная деформация) в традиционных макроиспытаниях. Наиболее универсальным методом извлечения из $F-h$ диаграмм различных характеристик материала при индентировании пирамидальными инденторами является метод У.Оливера и Дж. Фарра [1]. Он позволяет определять в широком диапазоне нагрузок величины твердости (H), контактной жесткости (S), модуля упругости (E), доли упругой деформации (η) и др. характеристики материала

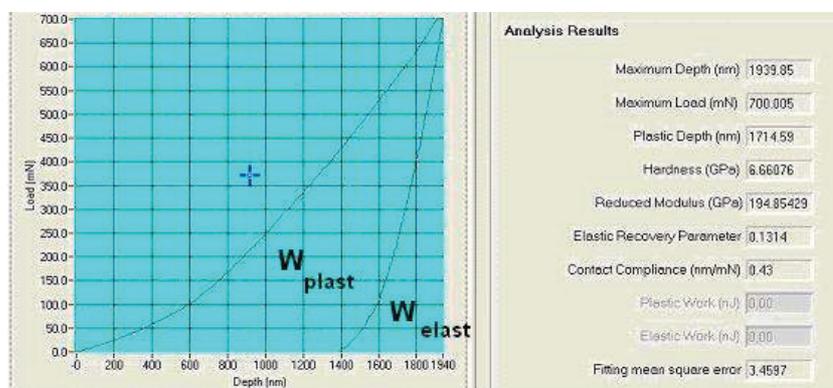
Доля упругой деформации в работе индентирования (η) рассчитывается по формуле:

$$\eta = (W_{elast}/W_{total}) \cdot 100\% = (W_{elast} / (W_{plast} + W_{elast})) \cdot 100\%$$
, где W_{total} – полная работа по совершению деформации при индентировании; W_{plast} – работа по совершению пластической деформации при индентировании; W_{elast} – работа по совершению упругой деформации при индентировании.

Акустический метод исследования свойств материалов использовался для определения скорости и коэффициента затухания ультразвука сплава с использованием стержневых образцов (40 мм длиной и 2 x 2 мм в сечении). Экспериментальные данные по скорости ультразвука и плотности позволяют рассчитать модуль Юнга E по известному соотношению $E = \rho c^2$, где ρ – плотность, c – скорость звука.

Исследовались образцы магнитов типа KC25 (Sm-Co-Fe-Cu-Zr) после спекания при 1210⁰С (1 час), гомогенизирующего отжига при 1175⁰С (3 часа) с последующей закалкой газообразным гелием, низкотемпературной обработки при 800⁰С (16 часов) и медленным охлаждением до 400⁰С в течение 6 часов (образцы магнитов для исследования предоставлены предприятием АО «Спецмагнит»).

На рис. 1 показаны результаты микротестирования образцов. В таблице приведены данные по основным механическим параметрам.



Механические характеристики постоянных магнитов

| Параметр | E_{\parallel} (ГПа) | E_{\perp} (ГПа) | E_R (ГПа) | W_{plast} (нДж) | W_{elast} (нДж) | η (%) | H_v |
|----------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|-------|
| Значение | 170 | 140 | 195 | 0.5 | 3.9 | 88.6 | 660 |

Механические характеристики хорошо коррелируют с механическими свойствами магнитов известных марок. Показано существование различий в величинах модуля Юнга, измеренных вдоль и поперек текстур магнитов.

1. Oliver W., Pharr G. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // J. Mater. Res.- 1992.- V.7.- N6.- P. 1564-1583.

Выражаю благодарность чл.- кор. РАН, д.т.н. Бурханову Г.С., к.т.н. Кольчугиной Н.Б., Прокофьеву П.А.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ДЛЯ НАНОПОРОШКОВ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Синайский М. А.

Россия, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, ms18@mail.ru

Введение. Наноматериалы и нанопорошки представляют огромный научный и экономический интерес, являясь основой для разработки конструкционных и функциональных материалов с особыми свойствами. Синтез в потоках термической плазмы является универсальным и эффективным методом получения различных нанопорошков в результате конденсации из газовой фазы в контролируемой атмосфере – инертной, восстановительной или окислительной. Дисперсный состав нанопорошков является их важнейшей характеристикой и определяет возможность их дальнейшего использования при решении научных задач и в практических приложениях.

Синтез нанопорошков в плазменном реакторе включает в себя сложную совокупность физико-химических процессов, протекающих в турбулентных газодисперсных неизотермических потоках с изменяющимися свойствами газовой и конденсированной фаз. При формировании наночастиц в объеме реактора происходит изменение их дисперсного и фазового составов в результате различных процессов роста частиц (конденсация, коагуляция, спекание и агрегация). Управление этими процессами может обеспечиваться за счет изменения различных параметров синтеза. При этом характеристики дисперсного состава нанопорошка в большей степени определяются закономерностями роста частиц по коагуляционному механизму. В некоторых случаях, в полученных нанопорошках могут присутствовать микронные частицы, образованные либо вследствие неполного испарения сырья, либо из-за неконтролируемого течения газодинамических процессов в реакторе.

Результаты данной работы позволяют расширить представления о дисперсном составе нанопорошков, получаемых в плазменных процессах, установить влияние условий проведения процессов на параметры распределения наночастиц по размерам и обеспечить научные основы для создания технологий получения нанопорошков с заданными свойствами.

Условия проведения плазмохимического синтеза

В данной работе осуществлено исследование дисперсного состава нанопорошков различных типов материалов (Al_2O_3 , TiO_2 ; W, Cu; TiN, TiCN; W-C), синтез которых был проведен при участии разных макромеханизмов (пар-жидкость-кристалл и пар-кристалл) при различных параметрах проведения плазмохимического процесса.

Синтез выбранных объектов был реализован на плазмохимической экспериментальной установке, защищенной патентом РФ № 2311225, с использованием электродугового плазмотрона мощностью до 25 кВт, сырья в разном агрегатном состоянии (порошок и пар) и плазменных реакторов различного типа. С целью определения влияния организации плазменного потока на дисперсный состав получаемых объектов было реализовано получение этих порошков с использованием реактора с ограниченным струйным течением и реактора канального типа.

Для предотвращения роста частиц после выхода из реакционной зоны реактора продукты синтеза подвергали газовой закалке. Для увеличения высокотемпературной зоны протекания реакции использовалась поддерживающая высокие температуры углеродная форкамера, для повышения температуры в объеме плазменного реактора и на его стенках использовался кварцевый канал.

Методы анализа дисперсного состава нанопорошков. Для получения информации о первичных частицах использовались методы СЭМ и ПЭМ (приборы Carl Zeiss, FEI и Jeol), метод тепловой десорбции БЭТ (анализатор удельной поверхности Micromeritics TriStar 3000) – для

| | |
|---|-----|
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛМАЗА С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗУЮЩЕЙ ФАЗОЙ | 173 |
| Синолиц А.В. | |
| КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ СПЕКАНИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ | 174 |
| Смирнов С.В. | |
| АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ ФОСФАТОВ И СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ В ВОДНЫХ СРЕДАХ | 175 |
| Солоненко А.П. | |
| ПРЕВРАЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РУТИЛЬНОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ОКСИДЛИТЕЛЬНОГО КОНСТРУТИРОВАНИЯ, В ФАЗЫ АНАТАЗА И БРУКИТА ДЛЯ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В ФОТОКАТАЛИЗЕ | 177 |
| Тарасов А.Б. | |
| ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ КЕРАМИКИ В СИСТЕМЕ $MoSi_2$-WSi_2-Si_3N_4 | 178 |
| Титов Д.Д. | |
| ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АРМИРУЮЩЕЙ УГЛЕРОДНОЙ ФАЗЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЕРЕБРА | 179 |
| Ушакова И. Н. | |
| МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОНЦИЙАЛЮМОСИЛИКАТНОЙ СТЕКЛОКЕРАМИКИ ДОБАВКАМИ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ | 181 |
| Чайникова А.С. | |
| МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОНОДИСПЕРСНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ ГИДРОЛИЗОМ Н-БУТИЛАТАТА ТИТАНА. | 182 |
| Челпанов В.И. | |
| КЕРАМООБРАЗУЮЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ КВАЗИПЛАСТИЧНЫХ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 184 |
| Шестаков А.М. | |
| АНИЗАТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА ТИПА КС25 | 184 |
| Дормидонтов Н.А. | |
| ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ДЛЯ НАНОПОРОШКОВ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА | 186 |
| Синайский М. А. | |
| СИНТЕЗ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 1 500 И 2 400 °С, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НИТРИДИЗАЦИИ | 188 |
| Шевцов С.В. | |
| СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АДАПТИРОВАННЫХ К ТЕХНОЛОГИИ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ, ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ ДЕФЕКТОВ | 189 |
| Тетерина А.Ю. | |
| ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ С ПЕРОВСКИТОВОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ АКТИВИРОВАНИИ | 190 |
| Адршина Е.А. | |
| КИНЕТИКА НАСЫЩЕНИЯ ЦИРКОНИЯ АЗОТОМ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НИТРИДИЗАЦИИ | 191 |
| Ковалев И.А. | |
| БИОСОВМЕСТИМОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СЕРЕБРА НА НИКЕЛИДЕ ТИТАНА | 192 |
| Серегин А.В. | |