



НАУКА
БУДУЩЕГО
НАУКА
МОЛОДЫХ

«НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА

МОСКВА
2017

3. Mierczynska A. [et al.] / Journal of Applied Polymer Science. – 2007. – №105. – P. 158–168.
4. Balogun Y.A., Buchanan R.C. / Composites Science and Technology. – 2010. – №70. – P. 892–900.
5. Елецкий А.В. и др. / Успехи физических наук. – 2015. – Т.185, №3. – С. 225–270.
6. Mazov, I. [et al.] / Applied Surface Science. – 2012. – №17. – P. 6272–6280.
7. Таров, Д.В., Гурова Т.В., Шубин И.Н. / Вестник ГГТУ. – 2005. – Т.21, №1. – С. 360–366.
8. Мотт, Н. Электронные процессы в некристаллических веществах. Т.1.: монография / Н. Мотт, Э. Дэвис. – Москва: Мир, 1982. – 260 с.
9. Дрокин, Н.А., Селютин Г.Е., Маркевич И.А. / Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, №8/2. – С. 72–74.

<p>ДОКЛАДЧИК Матвеев Алексей Евгеньевич И.А. Жуков. В.В. Промахов. М.Х. Зиятдинов</p>	<p>ТЕМА ПРОЕКТА РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СИНТЕЗА ЖАРОПРОЧНЫХ И ЖАРОСТОЙКИХ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ</p>
--	---

ВУЗ Национальный исследовательский Томский государственный университет

РЕЗЮМЕ

В рамках выполнения проекта был проведен комплекс научно-исследовательских работ по разработке современных научных подходов к получению новых жаропрочных металллокерамических композиционных материалов системы NiTi-TiB₂ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Такие композиции имеют высокие параметры жаропрочности (до 1500⁰С) за счет фазового состава и особенной структуры, состоящей из тугоплавкой интерметаллидной матрицы и равномерно распределенных в ней микроразмерных частиц диборида титана. При этом содержание микрочастиц керамики составляет не менее 60 об.%, а металлическая матрица позволяет использовать современные лазерные аддитивные технологии для выращивания изделий. Важным результатом, полученным в ходе проведения предварительных исследований, является заключение о том, что существует возможность получения порошков жаропрочных металллокерамических композиционных материалов с контролируемым размером частиц (20-100 мкм) с распределенными в каждой отдельно взятой частице порошка микрочастицами (0,1-10 мкм) диборида титана (TiB₂). Установлено, что дисперсность порошка жаропрочного металллокерамического композиционного материала слабо влияет на средний размер включений диборида титана. Исследованы структура и свойства продуктов синтеза. Разработан способ получения порошков металллокерамических композиционных материалов (будет подана соответствующая заявка на патент). Синтезированы опытные партии порошков металллокерамических композиций состава NiTi-TiB₂. С использованием технологии гетерофазной порошковой лазерной металлургии НРЛМ и с применением полученных порошков были «выращены» образцы для дальнейшего исследования структурно-фазовых параметров материалов. Результаты, полученные в рамках выполнения проекта, позволят расширить номенклатуру порошковых материалов для новых производственных технологий (аддитивных технологий). В частности, на основе полученных данных могут быть разработаны технологические подходы синтеза новых композиционных порошковых материалов, изделия из которых будут удовлетворять высоким требованиям по жаропрочности (до 1500⁰С) и вязкости разрушения при высоких температурах, что, прежде всего, необходимо для элементов турбогенераторов. Это направление соответствует мировым трендам по разработке новых жаропрочных материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Аддитивные технологии, жаропрочные материалы, композиционные материалы, порошки, структура, физико-механические свойства, фазовый состав.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель - разработка и исследование порошков новых жаропрочных металллокерамических композиционных материалов методом СВС и изготовление, а также изучение образцов полученных аддитивным методом прямого лазерного выращивания из этих порошков.

Задачи исследования:

Получение порошков металллокерамических композиционных материалов методом СВ-синтеза на основе порошков Ti и NiB.

Исследование структуры после синтеза композиционных порошков.

Изготовление образцов аддитивным методом прямого лазерного выращивания из этих порошков.

Исследование структуры и механических свойств полученных изделий.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит переход промышленности на производственные технологии с высоким коэффициентом использования материалов и с минимальными затратами человеческих ресурсов. Данный переход возможен благодаря созданию и развитию современных аддитивных технологий (АТ).

Одним из приоритетных направлений развития АТ является создание жаропрочных материалов с повышенными температурами эксплуатации. Такие материалы долговечны и требуют меньше охлаждения, следовательно, увеличивают производительность.

Актуальность данной научно исследовательской работы обусловлена тем, что существует фундаментальная проблема – отсутствие комплексных научных исследований, направленных на разработку новых порошковых материалов для аддитивных технологий.

Одним из способов получения порошков для аддитивных технологий является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, который позволяет получить различные классы соединений: карбиды, бориды, нитриды, силициды, оксиды и интерметаллиды как простые, так и сложные по составу. Такие композиции имеют высокие параметры жаропрочности (до 1500⁰С) за счет фазового состава и особенной структуры, состоящей из тугоплавкой интерметаллидной матрицы и равномерно распределенных в ней микроразмерных частиц тугоплавких соединений.

Новые материалы и способы конструирования

Метод СВС отличается от остальных своей простотой, скоростями синтеза и минимальными затратами энергии.

Целью данного проекта является – разработка и исследование порошков новых жаропрочных металлокерамических композиционных материалов методом СВС и изготовление, а также изучение образцов полученных аддитивным методом прямого лазерного выращивания из этих порошков.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве исходных компонентов шихты использовался порошок титана марки ПТОМ-1, а также порошок сплава бора и никеля. Исходные порошки смешивались в стехиометрическом соотношении (63.5 % NiB +36.5 %Ti). Полученная шихта помещалась в реактор объемом 12 литров. С помощью вакуумного насоса из реактора откачивался воздух, после чего он заполнялся инертным газом аргоном до давления 5–10 атм. Синтез порошков инициировался путем накаливания молибденовой спирали электрическим импульсом. Конечным продуктом синтеза получались, спеки содержащие частицы диборида титана. Полученные СВС-методом слитки разрушались на куски механическим воздействием кувалды, далее происходило измельчение этих кусков в щековой дробилке, после чего полученные гальки измельчались в планетарной мельнице в порошок с размером частиц от 50 мкм до 160 мкм. Полученный порошок смешивался с эпоксидной смолой и после затвердевания из полученных образцов готовился металлографический шлиф для исследования структуры продукта на растровой электронной микроскопии. Плазменная сфероидизация порошков проводилась с применением плазменной обработки порошков путем радиального ввода сырья через одно (несколько) отверстий под срез сопла плазматрона. С использованием технологии гетерофазной порошковой лазерной металлургии HPLM и с применением полученных порошков были «выращены» образцы для дальнейшего исследования структурно-фазовых параметров материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во время исследования была усовершенствована технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), а именно разработаны масштабируемые технические и технологические схемы, обеспечивающие получение порошков металлокерамических композиционных материалов.

Разработаны составы порошков системы TiNi – TiB₂, средний размер частиц порошка не превышал 160 мкм. По результатам исследования структуры порошков на растровой электронной микроскопии установлено, что частицы диборида титана представлены обособленными частицами неправильной формы размером 0,1-10 мкм, равномерно распределенными в интерметаллидной матрице типа Ti – Ni. Такие материалы, состоящие из матрицы и распределенных в ней армирующих элементов, обладают качественно новыми, зачастую уникальными свойствами. Также подчеркивается высокая эффективность использования таких составов, как TiB₂ за счет их термической стабильности, что позволяет использовать порошки, содержащие эти частицы для изготовления материалов с повышенной термостойкостью, так как использование частиц TiB₂ позволяет расширить диапазон рабочих температур, снизить коэффициент теплового расширения.

По результатам рентгенно фазового анализа установлено что, содержание микрочастиц TiB₂ составляет не менее 60 об. %, а так же установлено что, дисперсность порошка жаропрочного металлокерамического композиционного материала слабо влияет на средний размер включений диборида титана.

Из анализа РЭМ изображений обнаружено, что частицы порошков представлены в виде сферы, в которой равномерно распределены включения диборида титана. Данная форма частиц, а также интерметаллидная матрица позволяют использовать современные лазерные аддитивные технологии для выращивания изделий. По результатам исследования структуры изделий после выращивания установлено, что структура изделия представлена однородной и плотной, композитной структурой, состоящей из интерметаллидной матрицы в которой равномерно распределены керамические частицы TiB₂. Исследование на прочность показало что, твердость материала по Роквеллу, HRA: 70-75 (для сравнения- твердость вольфрамсодержащих твердых сплавов: 80-90). Такие прочностные характеристики обусловлены присутствием частиц диборида титана которые являются армирующими элементами. Армирующие добавки придают значительное повышение механических свойств, модуля упругости, триботехнических характеристик и эффективно повышают прочность материала при повышенной температуре.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Мержанов А.Г. Концепция развития Самораспространяющегося высокотемпературного синтеза как области научно-технического прогресса. Черноголовка: Территория, 2003. – 368
2. Промахов В.В., Жуков И.А., Ворожцов С.А., Шевченко М.В., Платов В.А., Архипов В.А., Муравлев Е.В. Аддитивный способ формирования изделий из порошков тугоплавких соединений // Ползуновский вестник. – 2016 – № 4. – С. 59-63.
3. S.Vorozhtsov, V.Kolarik, V.Promakhov, I.Zhukov, A.Vorozhtsov & V.Kuchenreuther-Hummel, The Influence of Al₄C₃ Nanoparticles on the Physical and Mechanical Properties of Metal Matrix Composites at High Temperatures // JOM, 68(5), (2016), P. 1312-1316.

ДОКЛАДЧИК

Мельников Алексей Петрович

ТЕМА ПРОЕКТА

Нанокалориметрия высокого временного разрешения и ее сочетание с микро- и нанофокусной рентгеновской дифракцией для исследования функциональных наноструктурированных материалов

ВУЗ

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

РЕЗЮМЕ

Целью данной работы является разработка и тестирование уникального экспресс метода и создание экспериментальной установки, позволяющей проводить детекцию и диагностику сверхмалых количеств наноструктурированных функциональных материалов. Данный экспресс метод должен отвечать ряду необходимых требований, которые, с одной стороны, обеспечат быстрый анализ функциональных материалов (время эксперимента- менее 100 миллисекунд), а, с другой стороны, дадут наиболее полную информацию о структуре и теплофизических свойствах исследуемого материала. Помимо чрезвычайно высокой скорости эксперимента, данный метод должен иметь еще одно ключевое преимущество, а именно обладать сверхвысокой чувствительностью к образцу, т.е. должен позволять работать со