

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ АЛЮМОМАТРИЧНОГО  
КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА С ДИСПЕРСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ  
НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ КАРБИДА БОРА И ВОЛЬФРАМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ВЫСОКОПЛОТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

У. Досеке, Э.С. Двилис, М.С. Петюкевич

Научный руководитель: профессор, д.т.н. О.Л. Хасанов

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [dosekeev.ulantai@mail.ru](mailto:dosekeev.ulantai@mail.ru)

**INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE STRUCTURE  
WITH BORON CARBIDE AND TUNGSTEN POWDERS FOR HIGH-DENSITY PRODUCTION**

U. Doseke, E.S. Dvilis, M.S. Petyukevich

Scientific Supervisor: Prof., Dr. O.L. Khasanov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [dosekeev.ulantai@mail.ru](mailto:dosekeev.ulantai@mail.ru)

***Abstract.** The investigation of the morphology, elemental composition of the phase of the composite mixture AMg6-B4C-W. With various weight content of fillers. Definitely the mixture to optimize the costs of achieving the maximum density for its consolidation and to minimize the weight and size characteristics of the product*

Информационная жизнь общества во многом зависит от эффективной работы различного вида космических систем: это и прогноз погоды, и разведка полезных ископаемых, и мониторинг окружающей среды, и развитие телекоммуникаций и телевидения, и обеспечение обороноспособности. Основной проблемой обеспечения надежности телекоммуникационных космических аппаратов заключается в необходимости защиты бортовой электроники космических аппаратов (КА) от воздействия ионизирующих излучений на орбите. Первые КА функционировали всего в течение года. В настоящее время стоит задача обеспечения сроков активного существования бортовой электроники КА в течение 10-15 лет. Существует необходимость улучшения качества и эффективности действия материалов защиты от ионизирующих излучений [1]. Для решения указанной проблемы необходимо обеспечить существенное снижения массогабаритных характеристик радиационно-защитных изделий, что может быть достигнуто путем использования радиационно-защитных композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы, обладая удовлетворительными механическими свойствами, при эксплуатации в режиме повышенного радиационного излучения подвержены разбуханию и структурным изменениям, которые могут быть предотвращены путём использования металлов, модифицированных керамическими наполнителями со специфическими ядерно-физическими свойствами. В результатах исследований [2] установлено, что использование наноразмерных частиц радиационно-поглощающих керамических и металлических материалов (BN, B<sub>4</sub>C, Pb и W) приводит к увеличению коэффициента поглощения нейтронов в 1.5 раза и коэффициента рассеяния гамма-излучения на 30–40 %. Применение порошков радиационно-

поглощающих керамических материалов в качестве дисперсных наполнителей радиационно-защитных композитов с металлической матрицей обусловлено низкой адгезией металла и керамики.

**Целью настоящей работы** являлось создание высокоплотного алюмоматричного композиционного материала с добавлением наноразмерного порошка вольфрама и ультрадисперсного порошка карбида бора для обеспечения защиты от ионизирующих излучений.

**Материал и методика исследований.** Материалами исследования являются композиционные материалы АМg6-B<sub>4</sub>C-W. Для изготовления радиационно-защитного композита были выбраны порошок алюминиевого сплава АМg6 в качестве несущего механическую нагрузку материала матрицы, ультрадисперсный порошок карбида бора в качестве нейтронозащитного наполнителя и нанопорошок вольфрама в качестве дисперсного наполнителя для поглощения гамма и рентгеновского излучения. Сухое смешивание порошковых компонентов АМg6-B<sub>4</sub>C-Wc выбранным массовым содержаниями 65-15-20 масс.% (Состав 1) и 74-6-20 масс.% (Состав 2) соответственно проводили в шаровой мельнице с корундовыми мелющими телами. Массовое содержание компонентов состава 1 было выбрано произвольным образом, массовое содержание компонентов состава 2 было выявлено методом моделирования [3]. Полученные композитные смеси порошков подвергали консолидации методом холодного одноосного прессования в закрытых жёстких пресс-формах. Исследование морфологии, фазового и элементного состава композита осуществляли, используя аналитическое оборудование Нано-центра Томского политехнического университета: сканирующий электронный микроскоп JEOLSEM-750FA, рентгеновский дифрактометр ShimadzuXRD-7000, лазерный анализатор размера частиц Shimadzu SALD-7101, БЭТ-анализатор МЕТА СОРБИ-М.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Был проведен комплексный анализ порошковых компонентов смеси. Порошок алюмоматричного сплава АМg6 состоит из частиц формой, близкой к сферической, с широким (до 2 порядков величины) разбросом по их размерам. Сопоставление с результатами БЭТ-анализа указывает на слабую степень агломерации порошка. Посторонних примесей не обнаружено.

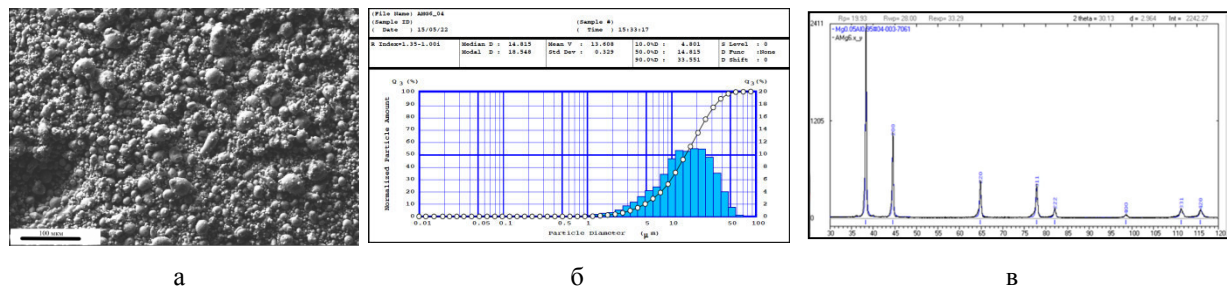


Рис. 1. Порошок матричного сплава АМg6: а) СЭМ изображение б) Результаты гранулометрического анализа в) результаты рентгено-фазового анализа

Порошок карбида бора производства ООО «ОКБ-БОР» (г. Дзержинск) имеет близкую к равноосной форму частиц с широким (до 2 порядков величины) разбросом по размеру. Анализы методами РФА и EDS посторонних примесей в порошке не обнаружили; результаты БЭТ показали среднюю степень агломерации ультрадисперсной фракции порошка.

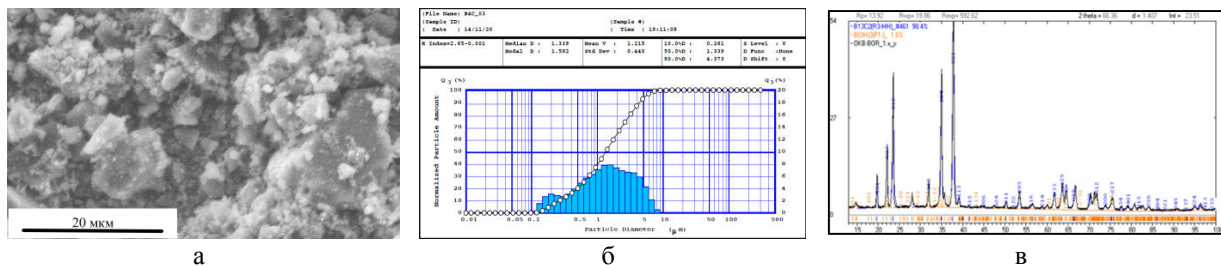


Рис. 2. Порошок карбида бора: а) СЭМ изображение б) Результаты гранулометрического анализа в) результаты рентгенофазового анализа

Нанопорошок вольфрама был получен в ТПУ методом электрического взрыва. Частицы порошка имеют сферическую форму и широкое (2,5 порядка величины) мультимодальное распределение по размерам. Примесей не обнаружено. Сопоставление с результатами БЭТ-анализа указывает на существенную степень агломерации частиц порошка.

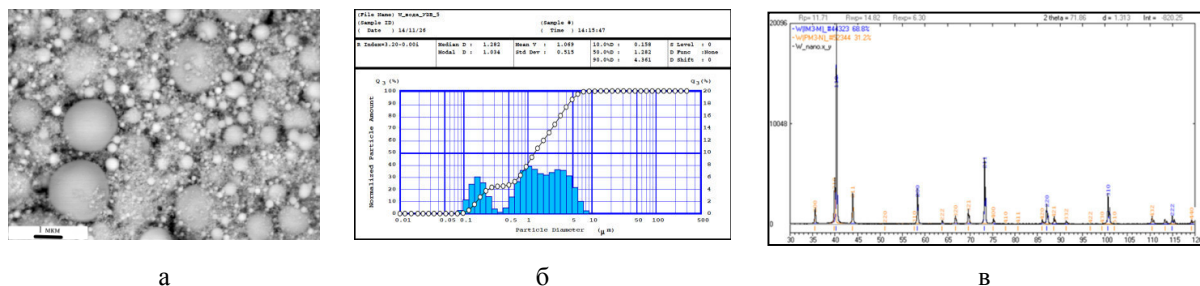


Рис. 2. Порошок вольфрама а) СЭМ изображение б) Результаты гранулометрического анализа в) результаты рентгенофазового анализа

После проведения смешивания также были проведены исследования смесей, которые показали, что в ходе смешивания механоактивации смеси не произошло и новые фазы не образуются. Далее было проведено прессование смесей и измерена плотность полученных прессовок. Выявлено, что относительная плотность образца изготовленного из смеси 1 составляет 85,3%, а образец изготовленный из смеси 2 составляет 93,4%. Таким образом был выявлен состав композитной смеси, который позволит оптимизировать затраты на достижение максимальной плотности при её консолидации и минимизировать массогабаритные характеристики изделий.

Работа выполнена в рамках ВИУ ИФВТ\_85\_2014.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалов, В. И. Лекции по радиационной защите: учебное пособие / В. И. Беспалов; Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд., расш. и перераб. – Томск: Изд-во ТПУ, – 2010. – 347 с.: ил. - Библиогр.: с. 382–401.
2. Гульбин В.Н., Петрунин В.Ф. Исследование радиационнозащитных нанокompозитов. Физикохимия ультрадисперсных (нано-) систем. Материалы VIII Всероссийской конференции. М. :Белгород, 2008.
3. Dvilis E.S., Khasanov O.L., Gulbin V.N., Petyukevich M.S., Khasanov A.O., OlevskySpark E.A. Plasma Sintering of Aluminum-Magnesium-Matrix Composites with Boron Carbide and Tungsten Nano-powder Inclusions: Modeling and Experimentation JOM The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), 2016.