

### Список литературы

1. Gulec S.A. // *Semin. Nucl. Med.*, 2016.– V.46.– P.126.
2. Mulcahy M.F. et al. // *Cancer.*, 2009.– V.115.– P.1849.
3. Vereshchagina T.A. et al. // *Micropor. Mesopor. Mater.*, 2018.– V.228.– P.258.

## СОСТАВ МЕТАЛЛИЗАЦИОННОЙ ПАСТЫ ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ФАРФОРА

А.С. Кутищев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Дитц

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ask92@tpu.ru

Среди многочисленных типов ускорителей заряженных частиц особое место занимают бетатроны, получившие на сегодняшний день широкое распространение в области медицины и безопасности при создании досмотровых комплексов. Одним из основных узлов бетатрона является вакуумная камера, в которой происходит ускорение заряженных частиц. Камера изготавливается из нескольких составных узлов: тор – основа, катодный узел, откачной узел [1]. Для обеспечения вакуумной плотности и высокой прочности требуется разработать технологию и составы для металлизации фарфора.

Для металлизации керамики применяются

либо чистые порошки тугоплавких металлов (вольфрам, молибден), либо смеси порошков этих металлов с порошками железа, марганца, меди. Наиболее распространены молибдено-марганцевые составы металлизационных паст, на керамику наносится смесь порошков молибдена и марганца на органическом связующем (до 25% от массы порошков).

В работе использовали электрофарфор спечённый, состав представлен в таблице 1. Порошок молибдена марки МПЧ по ТУ 48-19-69-80 со средним размером частиц 2,0 мкм по данным лазерной гранулометрии.

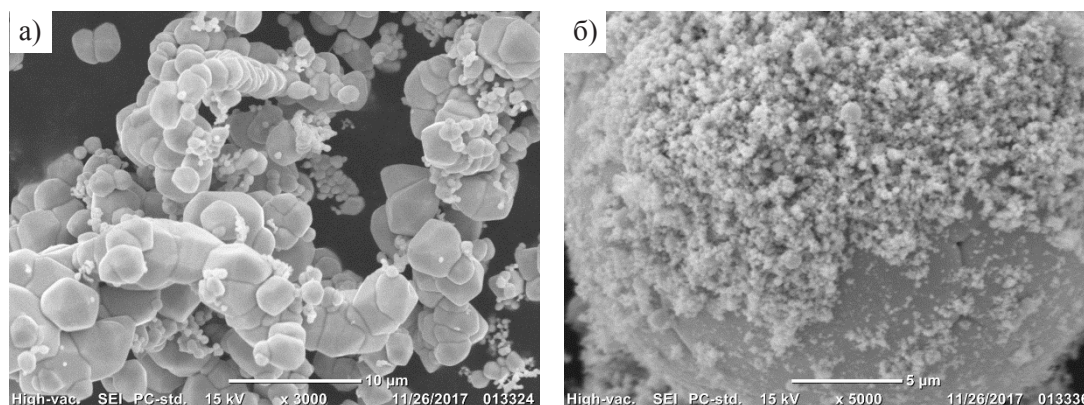
Для исследования морфологии частиц по-

**Таблица 1.** Химический состав фарфоровой массы в оксидном выражении в массовых процентах [2]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Δm <sub>mm</sub>	Сумма
70,51	17,53	0,79	0,29	0,46	0,24	4,14	0,33	5,71	100,00

**Таблица 2.** Размер межзернового пространства в зависимости от состава микро и нано частиц молибдена

Шифр состава	Содержание порошка, мас. %		Размер пор S, мкм <sup>2</sup>
	Микро	Нано	
1	100	0	0,860
2	95	5	0,160



**Рис. 1.** Микрофотографии порошков молибдена а) микро-порошка, б) нано-порошка

рошков, изучения структуры керамики на изломе, а также структуры металлизационных слоев был использован растровый электронный микроскоп JEOL JSM 6000.

В качестве добавки использовался нанопорошок молибдена, полученный методом ЭВП, со средним размером частиц 0,530 мкм.

Высокая адгезия металлизационного слоя к фарфору и хорошие вакуумные свойства могут быть обеспечены за счет заполнения межзеренного пространства стеклофазой из фарфора.

### Список литературы

1. Москалев В.А., Чахлов В.Л. *Бетатроны: монография / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 267с.*
2. Колесова Т.В. *Выбор компонентов металлизационной пасты для металлизации фарфора / Т.В. Колесова; науч. рук. В.М. Погребенков, А.А. Дитц // Современная техника и технологии: сборник трудов XXI между-*
3. Ермолаев Е., Козлов П., Егошин В. *Обеспечение надежного соединения металлизационного покрытия с керамикой в условиях массового производства МКК для ИС // Электроника НТБ, 2015. – №7. – С.120–124.*

Движение стекломассы обеспечивается созданием пористости (диаметра капилляра) [3]. Регулирование этого пространства происходит за счет смешения микро и нано-порошков молибдена.

По результатам работы можно сделать вывод о потенциальной возможности введения нано-порошка молибдена в состав металлизационных паст для металлизации фарфора с целью повышения адгезии металлических порошков к поверхности фарфора.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПОРОШКОВ $ZrO_2$ /ОУНТ И $ZrO_2$ /НАНОВОЛОКНА $Al_2O_3$

А.А. Леонов

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, laa91@tpu.ru

Высокотехнологичные отрасли (электроника, аэрокосмическая техника, биомедицинские технологии и др.) требуют постоянного роста качества применяемых материалов и изделий. В последнее время весьма интенсивно развиваются исследования и разработки по созданию композитных материалов, в которых сочетание основы-матрицы с армирующими добавками приводит к улучшению различных эксплуатационных свойств [1]. Перспективными армирующими компонентами композиционных материалов являются углеродные нанотрубки (УНТ) и различные керамические волокна, в частности волокна  $Al_2O_3$ . При изготовлении композитов, армированных волокнистыми наполнителями, требуется, чтобы УНТ/волокна были отделены друг от друга и наиболее равномерно локализованы по всему объему матрицы композита. При выполнении этих требований каждая нанотрубка/волокно будет претерпевать приложенную нагрузку индивидуально, нагрузка будет сосре-

доточена в граничной области между волокнистым наполнителем и матрицей. Цель данной работы: получение порошковых смесей на основе диоксида циркония с добавками УНТ и нановолокон (НВ)  $Al_2O_3$ .

В качестве матричной основы композитной смеси использовали нанопорошок частично стабилизированного иттрием диоксида циркония (TZ-3YS) коммерческой марки Tosoh (Япония). Армирующими наполнителями являлись одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) Tuball и нановолокнистый оксид алюминия Fibrall, предоставленные группой компаний OCSiAl (Новосибирск, Россия). На рисунке 1 представлены ПЭМ-изображения исходных материалов, полученные на просвечивающем электронном микроскопе JEM-2100F (JEOL, Япония). Из рисунка 1а видно, что ОУНТ представляют собой тяжи нанотрубок разной ширины, большинство из них в поперечном сечении имеют размер 10–30 нм, однако присутствуют и более круп-