

Н.Л. Котельников, М.А. Гольдберг, Т.О. Оболкина,  
С.В. Смирнов, С.М. Баринов, В.С. Комлев  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт металлургии и материаловедения  
им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, Россия

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКАЮЩЕЙ  
ДОБАВКИ Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ  
ФОРМЫ МЕТОДОМ 3-Д ПЕЧАТИ ИЗ КЕРАМИКИ  
НА ОСНОВЕ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>**

Многофазные нанокompозиты привлекли внимание в области междисциплинарных исследований благодаря наличию особых свойств, которые отличаются от свойств материалов, составляющих эти композиты. Свойства наноматериалов зависят от таких параметров, как размер частиц, форма, структурная фаза и ее однородность [1]. В настоящее время получение нанокompозитов на основе оксидов металлов как аморфной, так и кристаллической природы приобретает всё больший интерес, обусловленный различными междисциплинарными требованиями [2]. Таким образом, многофазная нанокерамика благодаря комплексу особых свойств – высокие температура эксплуатации, прочность, термостойкость, износостойкость и химическая стойкость, широко используется в качестве материала в проблемно-ориентированных областях, таких как покрытия для защиты от коррозии, окисления, теплоизоляции, режущих инструментов, абразивной устойчивости и износостойкости, в том числе в приложениях биомедицинской инженерии [3].

Методы формования керамики, используемые для изготовления изделий из керамики Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>, в основном представляли собой одноосное прессование, изостатическое прессование, шликерное литье, ленточное литье, литье под давлением, фрезерование предварительно спечённых заготовок. При этом в технологии формования керамики есть ряд ограничений, связанных с изготовлением крупногабаритных изделий или изделий сложной формы. Для получения изделий сложной формы может быть применена технология трехмерной печати с помощью цифровой обработки света, обеспечивающая достижение высокого разрешения при изготовлении напечатанных изделий [2]. При этом, дебайдинг и спекание таких изделий связано со значительными сложностями, вызванными необходимостью удаления фотополимера, а также применения высоких температур и длительного времени выдержки, что в свою очередь может негативно сказаться на

свойствах получаемого изделия. В связи с этим было исследовано влияние концентрации  $Y_2O_3$ , выступающего в качестве стабилизатора тетрагональной и кубической модификации  $ZrO_2$ , а также добавки оксида хрома на дебайдинг, спекание, фазовый состав и разрешение при трехмерной печати керамики на основе  $Al_2O_3$ , содержащих 20 мас.%  $ZrO_2$ .

Были определены основные закономерности формирования высоких механических и биоинертных характеристик функциональных материалов и опробированы составы новых многокомпонентных керамических наноматериалов с заданным спектром функциональных свойств в требуемом интервале длительных нагрузок и устойчивости к старению, перспективных для использования в качестве материалов для персонализированных медицинских имплантов.

Экспериментальные исследования были проведены с использованием современных методов и подходов, а полученные результаты отвечают мировому уровню.

Было установлено влияние концентрации стабилизирующей добавки  $Y_2O_3$  на фазовый состав, пористость при спекании, усадку и разрешение при трехмерной печати методом DLP, а также микроструктуру керамики. Было исследовано влияние оксидной добавки –  $Cr_2O_3$  на спекание, глубину полимеризации слоя суспензии фотополимера и керамического порошка и точность воспроизведения исходных геометрических характеристик 3-д модели при трехмерной печати керамики. Согласно полученным данным, по мере увеличения содержания  $Y_2O_3$  от 3 до 5 мол.% происходит трансформация из тетрагональной в кубическую сингонию  $ZrO_2$ . Благодаря введению оксида хрома в количестве 0,5 мас.% были получены плотноспеченные керамические изделия сложной формы (Рис. 1).

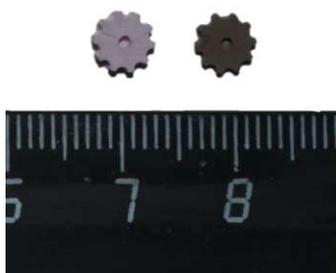


Рисунок 1 - Примеры полученных изделий

#### ЛИТЕРАТУРА

1. J. Suffner, D. Wang, H. Hahn, Enhancing superplasticity of  $ZrO_2$  ( $Y_2O_3$ )– $Al_2O_3$  nanocomposites prepared by spark plasma sintering of metastable powders. Mater. Sci. Eng. A. 2010; 527: 7885–7892.

2. M.A. Akram, V. Casalegno, M. F. G. Puchas, W. K. .S. Roszeitis, Joining and mechanical testing of oxide/oxide (Nextel <sup>TM</sup>610/alumina-zirconia) ceramic nanocomposites, J. Eur. Ceram Soc. 2019;39 (7); 2510-2517.

3. V. Gopal, G. Manivasagam, Zirconia-alumina nanocomposites for orthopedic implant application, In book, Materials in Orthopedics Woodhead Publishing Series in Biomaterials, 2019; 201-219, doi.org/10.1016/B978-0-12-813740-6.00011-9.

УДК 691

Ван Сяньпэн<sup>1</sup>; С. Н. Ковшар<sup>2</sup>; С.Н. Леонович<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>БНТУ, <sup>2</sup>ГМ, РБ

### **ВЛИЯНИЕ КОКОСОВОГО ВОЛОКНА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА В СОПОСТАВЛЕНИИ СО СТАЛЬНОЙ И СТЕКЛЯННОЙ ФИБРОЙ**

**Аннотация:** Создание новых строительных материалов, связанных с внедрением в современную строительную индустрию зелёных технологий, требует продолжения исследований фибробетонов, включающих в свой состав возобновляемые и экологически чистые компоненты. В статье анализируются данные, полученные в результате испытаний прочности на сжатие, изгиб и разрыв бетона с высоким содержанием наполнителя из ракушечника, смешанного с различными типами фиброволокна (стального, кокосового, стекловолокна), а также усадки бетонного материала с этими компонентами.

Зелёные технологии, призванные уменьшить отрицательное влияние жизнедеятельности человека на окружающую среду и здоровье людей, стремятся реализовать концепцию углеродной нейтральности и соответствовать требованиям к созданию экологически чистых стройматериалов.

Отличительной особенностью фибробетона как строительного материала является повышенная прочность и трещиностойкость. Уникальные свойства материалу придают заполнители, которые изменяют структуру и механические характеристики фибробетона. К выбору заполнителей подходят с учётом их отдельных характеристик и целевого назначения готового бетона. Сегодня очень важное значение имеет экологичность и доступность стройматериалов, поэтому основная задача, решаемая в строительной отрасли, – это использование возобновляемых компонентов вместо природных, невозобновляемых. Так,