

коэффициента поглощения имеет образец с покрытием (0,98 от. ед.), причем коэффициент не изменяется во всем исследуемом диапазоне частот, в отличие от пеностекла без покрытия. Для образца с покрытием коэффициент поглощения увеличился в 4,75 раз на частоте 120 ГГц и в 1,75 раз на частоте 260 ГГц, а коэффициент прохождения уменьшился в 78 раз на частоте 120 ГГц и в 42 раз на частоте 260 ГГц.

### Список литературы

1. Суляев В.И., Казьмина О.В., Семухин Б.С., и др. // *Известия высших учебных заведений. Физика*, 2012.– Т.55.– №9/2.– С.312–314.
2. Bernardo Enrico, Scarinci Giovanni, Hreglich Sandro // *Glass Sci. and Technol.: International Journal of the German Society of Glass Technology (DGG)*, 2005.– №1.– С.7–11.
3. Wu J.P., Boccaccini A.R., Lee P.D., Rawlings R.D. // *European Journal of Glass Science and Technology, Part A Glass Technology*, 2007.– V.48(3).– С.133–141.

## ПОЛУЧЕНИЕ УПРОЧНЕННОЙ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ С ПРОНИЦАЕМЫМИ ПОРАМИ

К.С. Камышная

Научный руководитель – д.т.н, профессор Т.А. Хабас

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

Перспективность использования пористой керамики доказана многими исследованиями [1]. Такой тип керамики применяется в различных отраслях промышленности. Особую роль играет керамика на основе оксидов  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$  за счет сочетания физико-химических свойств. Для получения пористой керамики на основе данных оксидов используют различные методы [1, 2]. Но наиболее простым и доступным методом является метод выгорающей добавки. Варьируя тип выгорающей добавки можно регулировать и морфологию будущих пор.

Целью исследования являлось получение пористой упрочненной керамики на основе оксидов системы  $Al_2O_3-ZrO_2$  с проницаемыми порами методом кристаллизации выгорающей добавки в суспензии. Для получения данного материала использовался порошок оксида алюминия ( $d_{cp} = 1,2$  мкм) и порошок оксида циркония различной дисперсности ( $d_{cp} = 0,23$  мкм и  $d_{cp} = 60$  нм). Смесь оксидных порошков получали путем смешивания оксида алюминия и оксида циркония в мини-мельнице. Для получения упрочненной керамики были приготовлены 4 смеси с различным соотношением микронного и нанопорошка оксида циркония. Составы смесей

Проведенное исследование показало, что поверхностная модификация пеностекла МУНТ повышает его радиопоглощающую способность в диапазоне крайне высоких частот. Модифицированное пеностекло рекомендуется для устройства безэховых камер и для облицовки помещений с целью снижения вредного влияния микроволнового излучения.

представлены в таблице 1.

В качестве порообразующей добавки использовался карбамид. Использование карбамида обусловлено образованием кристаллов в виде тонких игл при его кристаллизации, а также сгоранием без остатка при спекании керамического материала. Гранулы карбамида растворялись в воде ( $t = 80^\circ C$ ) до получения насыщенного раствора. В полученный раствор добавлялась оксидная смесь до получения текучего шликера. Для предотвращения охлаждения шликера, и роста кристаллов карбамида, температура полученного шликера поддерживалась на уровне  $60^\circ C$ . Часть шликера переливалась в формы, состоящие из металлического дна и полиуретановых стенок, после чего формы со шликером сразу охлаждались. Вторая часть шликера, также переливалась в формы, после чего проводилось вакуумирование горячего шликера для удаления пузырьков воздуха, а также для получения более вытянутых кристаллов карбамида. Затем, формы со шликером охлаждались. Охлаждение форм и, как следствие, рост кристаллов карбамида из суспензии (шликера) регулировались за счет строения формы (различной теплопроводности стенок и дна формы). Форма помещалась

**Таблица 1.** Составы исследуемых смесей на основе оксидов системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ 

№	Количество $\text{Al}_2\text{O}_3$ , мас. %	Количество $\text{ZrO}_2$ , мас. %	
		Нанопорошок	Микронный порошок
1	70	30	0
2	70	0	30
3	70	15	15
4	70	21	9

в лед таким образом, чтобы охлаждалось только металлическое дно. За счет различия в теплопроводности дна и стенок формы, а также за счет охлаждения только дна формы, в шликере достигался градиент температуры. В результате, кристаллы карбамида росли в заданном направлении. Полученные образцы высушивались и обжигались при температуре  $1580^\circ\text{C}$  со скоростью нагрева  $\sim 2^\circ\text{C}/\text{мин}$ . После обжига определялись пористость, плотность и водопоглощение образцов. Также была определена механическая прочность на сжатие спеченных образцов.

Открытая пористость для образцов, полученных предварительным вакуумированием горячей суспензии больше пористости образцов, которые не подвергались процессу вакуумиро-

вания (от 2 до 10%). Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе вакуумирования из суспензии удаляются пузыри воздуха, которые образуются в процессе приготовления суспензии и одновременно формируются однонаправленные кристаллы карбамида. Также было выявлено, что механическая прочность образцов зависит не только от состава смеси и пористости образцов, но и от направления приложения нагрузки относительно пор. Наилучший образец, полученный в ходе эксперимента, состоял из 70 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 30 мас. %  $\text{ZrO}_2$  (70 мас. % микронный порошок – 30 мас. % нанопорошок), получен предварительным вакуумированием горячей суспензии. Общая пористость образца 50,77%, прочность на сжатие 148 МПа.

### Список литературы

1. Liu P.S. *Porous materials: processing and application* / P.S. Liu, G.F. Chen. – USA: Elsevier, 2014. – 560p.
2. Гузман И.Я. // *Стекло и керамика*, 2003. – №9. – С.28–31.

## КОМПЛЕКСЫ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИЕ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИЕ КАВИТАНДЫ КУКУРБИТУРИЛЫ

И.Е. Кармадонова<sup>1</sup>, И.В. Андриенко<sup>2</sup>, Е.А. Коваленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет  
630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова 2

<sup>2</sup>Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН  
630090 Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева 3, e.a.kovalenko@niic.nsc.ru

Интерес к комплексам металлов с органическими макроциклами: циклодекстринами, каликсаренами, кукурбит[n]урилами, обусловлен возможностью создания на их основе высокоорганизованных супрамолекулярных архитектур, сочетающих как органические, так и неорганические строительные части.

Несмотря на многочисленные исследования в области взаимодействия СВ[6] с комплексами переходных металлов в этой химии остаётся много «белых пятен», в частности, это относится к соединениям СВ[6] с различными

соединениями Zn(II), Mn(II), Co(II). Например, известен ряд супрамолекулярных соединений, в которых тетраэдры  $\text{ZnCl}_4^{2-}$  образуют «сотую структуру». В этих комплексах отсутствует прямое взаимодействие атомов цинка с кислородом порталов кукурбитурилов. Есть несколько примеров прямой координации атомов цинка к СВ[5] и замещённым СВ[6]. Для незамещённых СВ[6] таких примеров нет.

В данной работе мы сообщаем о супрамолекулярном подходе к выделению солей комплексов Zn(II), Mn(II), Co(II) с использованием