

The phrase "database of your health", "personal health diary" or "archives of health" will expand and complement the concept of "telemedicine."

**Keywords:** biotechnologies, databases, information technology, labour protection, programming, prevention of professional diseases, radio electronics, software and hardware complex, telemedicine, technique of transport facilities.

УДК 539.217.1+546.831

*М.В. КАЛИНИНА*, канд. хим. наук, ст. научн. сотр., ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия,

*Л.В. МОРОЗОВА*, канд. хим. наук, ст. научн. сотр., ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия,

*Т.Л. ЕГОРОВА*, асп., ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия,

*Н.Ю. КОВАЛЬКО*, асп., ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия,

*О.А. ШИЛОВА*, д-р хим. наук, зав. лаб. неорг. синтеза, ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия

## СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Пористая керамика получена различными методами: наиболее распространенным методом - с помощью порообразующей выгорающей добавки в виде активированного угля и методом структурного выщелачивания химически неустойчивой фазы кислотой или щелочью. В результате использования выгорающей добавки в качестве порообразователя была получена поровая структура с бимодальным распределением пор (макро- и мезопоры) со средним размером пор  $\sim 1000$  нм, открытая пористость – 45 %. С использованием метода структурного выщелачивания получены каналообразные поры (мезопоры) с диаметром 10 – 50 нм, открытая пористость – 35 %.

**Ключевые слова:** порообразователь, поровая структура, открытая пористость, ксерогель, мезо- и макропоры.

**Введение.** К пористым материалам в последнее время обращено повышенное внимание исследователей. Это объясняется широким спектром областей применения материалов с развитой структурой пор: фильтры для очистки и разделения жидкостей и газов, носители катализаторов, электроды и электролиты, топливные элементы, теплоизоляционные конструкции, биокерамические материалы для медицины. Высокие физико-химические и механические свойства оксидных керамических материалов ставят их в приоритетное положение в сравнении с металлами и высокомолекулярными соединениями при разработке пористых керамических композиций. Изучение особенностей создания поровой структуры в керамике представляет несомнен-

ный научный интерес, поскольку в зависимости от различных практических задач распределение пористости по размерам и ее интегральная величина могут варьироваться в широких пределах.

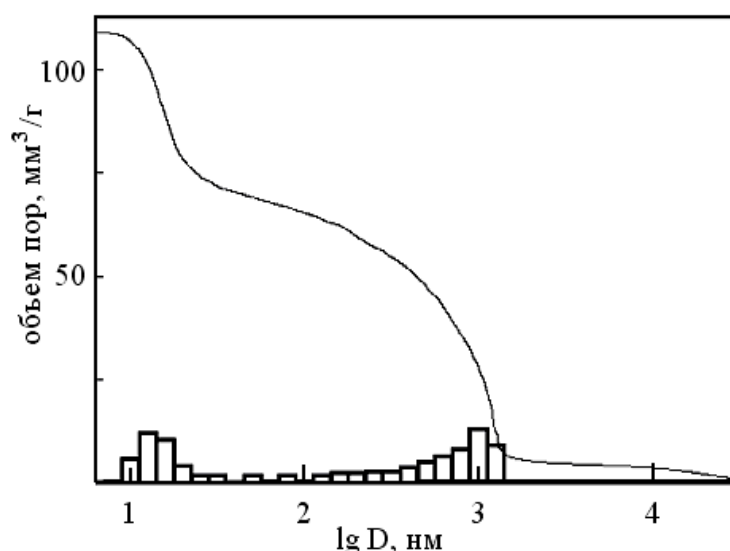
© М.В. Калинина, Л.В. Морозова, Т.Л. Егорова, Н.Ю. Ковалько, О.А. Шилова, 2014

Одним из перспективных материалов для изготовления пористых конструкций является диоксид циркония, стабилизированный в тетрагональной модификации ( $t\text{-ZrO}_2$ ), который характеризуется высокой прочностью и вязкостью разрушения, стойкостью к химически активным средам, коррозионной стойкостью, отсутствием обменных реакций со структурами организма [1 – 4].

**Основная часть.** Настоящая работа посвящена разработке методов получения пористой керамики  $t\text{-ZrO}_2$  в виде высокодисперсного ксерогеля и компактов.

Ксерогель на основе  $\text{ZrO}_2$ , стабилизированный 3 мол. %  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , получали методом совместного осаждения гидроксидов с последующим замораживанием образовавшегося осадка при  $-25\text{ }^\circ\text{C}$  (24 ч). Быстрое замораживание гидроксидов препятствует взаимодействию частиц осадка между собой и с окружающей средой, сохраняя их в наносостоянии. Методом адсорбции азота (БЭТ) определено, что площадь удельной поверхности синтезированного ксерогеля составляет  $230\text{ м}^2/\text{г}$ , а диаметр пор лежит в интервале от 3 до 40 нм, то есть порошок ксерогеля является микро- и мезопористым.

Пористые компакты из  $t\text{-ZrO}_2$  получали двумя методами: спеканием порошка-прекурсора с порообразующей добавкой (активированный уголь –  $\text{C}_{\text{акт.}}$ ) и методом структурного выщелачивания химически неустойчивой фазы кислотой или щелочью [5 – 7]. Порошки  $t\text{-ZrO}_2$  синтезировали методом совместной кристаллизации солей. На рис. 1 представлены результа-



ты исследования пористой структуры керамики на основе твердого раствора  $(\text{ZrO}_2)_{0.97}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0.03}$  ( $1350\text{ }^\circ\text{C}$ , 2 ч, 20 %  $\text{C}_{\text{акт.}}$ ) методом ртутной порометрии.

Из рисунка следует, что поровая структура керамики представлена двумя видами пор, которые фор-

Рис. 1 – Распределение пор по размерам в керамике состава  $(\text{ZrO}_2)_{0.97}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0.03}$  ( $\text{C}_{\text{акт.}} = 20\text{ \%}$ ). Температура спекания –  $1350\text{ }^\circ\text{C}$ , открытая пористость – 45 %.

мируют два максимума в распределении пор по размерам (бимодальное распределение). Первый максимум с размером пор менее 100 нм обеспечен пористостью, обусловленной укладкой частиц порошка, второй – выгоранием порообразующей добавки, средний размер пор в данном случае составил ~ 1000 нм.

Для получения пористой керамики на основе диоксида циркония методом структурного выщелачивания в синтезированный порошок  $t\text{-ZrO}_2$  вводили  $\text{SiO}_2$  в количестве 5 мас. % и спекали компакты при 1300 °С; открытая пористость керамики не превышала 3 %. Спеченные образцы обрабатывали 4 % раствор HF (8 ч). В результате растворения  $\text{SiO}_2$  в керамике образовывались каналобразные поры с диаметром 10 – 50 нм; открытая пористость составляла 35 %. То есть, данный метод дает возможность получать керамику на основе  $t\text{-ZrO}_2$  с мезопористой структурой. Кроме того, в данном случае  $\text{SiO}_2$  выполняет двойную роль: как порообразователя и как спекающей добавки, что позволило снизить температуру спекания.

**Выводы.** Результаты, приведенные в работе, позволили сформулировать рекомендации о технологических режимах получения пористой керамики на основе  $t\text{-ZrO}_2$  с необходимыми параметрами – величиной открытой пористости, объемом порового пространства и морфологией пор.

**Список литературы:** 1. *Панова Т.И.* Золь-гель синтез твердых растворов на основе диоксидов циркония и гафния / [Т.И. Панова, Л.В. Морозова, И.А. Дроздова, О.А. Шилова] // Физика и химия стекла. – 2011. – Т. 37, № 5. – С. 663 – 671 2. *Шилова О.А.* Керамические нанокompозиты на основе оксидов переходных металлов для ионисторов / [О.А. Шилова, В.Н. Антипов, П.А. Тихонов и др.] // Физика и химия стекла. – 2013. – Т. 39, № 5. – С. 803 – 815. 3. *Морозова Л.В.* Получение нанокерамики на основе диоксида циркония с высокой степенью тетрагональности / [Л.В. Морозова, М.В. Калинина, Н.Ю. Ковалько и др.] // Физика и химия стекла. – 2014. – Т 40, № 3. – С. 462 – 468. 4. *Бужкова С.П.* Свойства, структура, фазовый состав и закономерности формирования пористых наносистем на основе  $\text{ZrO}_2$ : дис. ... доктора. тех. наук: 01.04.07 / Бужкова Светлана Петровна. – Томск, 2008. – 315 с. 5. *Балинова Ю.А.* Особенности формирования  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  в поликристаллических волокнах с содержанием оксида алюминия 99 % в присутствии добавок  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  [Электронный ресурс] / [Ю.А. Балинова, Т.М. Щеглова, Г.Ю. Люлюкина и др.] // Труды ВИАМ. – 2013. – № 3. – С. 105. – Режим доступа к журн.: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=650](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=650). 6. *Гузман И.Я.* Некоторые принципы образования пористых керамических структур, свойства и применение / И.Я. Гузман // Стекло и керамика. – 2003. – № 9. – С. 28 – 31. 7. *Морозова Л.В.* Получение пористой нанокерамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония / Л.В. Морозова, А.Е. Лапшин // Физика и химия стекла. – 2009. – Т.35, № 3. – С. 414 – 422.

**Referens:** 1. *Panova T.I.* Sol-gel synthesis of solid solutions based on zirconium and hafnium dioxides / [T.I. Panova, L.V. Morozova, I.A. Drozdova, O.A. Shilova] // Glass Physics and Chemistry. – 2011. – Vol. 37, № 5. – P. 505 – 511. 2. *Shilova O.A.* Ceramic nanocomposites based on oxides of transition metals

for ionistors / [O.A. Shilova, V.N. Antipov, P.A. Tikhonov et al] // Glass Physics and Chemistry. – 2013. – Vol. 39, № 5. – P. 570 – 578. **3. Morozova L.V.** Preparation of zirconia-based nanoceramics with a high degree of tetragonality / [L.V. Morozova, M.V. Kalinina, N.Yu. Koval'ko et. all] // Glass Physics and Chemistry. – 2014. – Vol. 40, № 3. – P. 352 – 355. **4. Bujakova S.P.** Svoystva, struktura, fazovyy sostav i zakonornosti formirovaniya pori-styh nanosistem na osnove ZrO<sub>2</sub>: dis. ... doktora. tehn. nauk: 01.04.07 / *Bujakova Svetlana Petrona*. – Tomsk, 2008. – 315 s. **5. Balinova Ju.A.** Osobennosti formirovaniya  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> v polikristallicheskih voloknah s sodержaniem oksida aljuminija 99 % v prisutstvii dobavok Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> [Electronic resource] / [Ju.A. Balinova, T.M. Shheglova, G.Ju. Ljuljukina et. all.] // Trudy VIAM. – 2013. – № 3. – P. 105. – Rezhym dostupa k zhurn.: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=650](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=650). **6. Guzman I.Ya.** Certain principles of formation of porous ceramic structures. properties and applications / I.Ya. Guzman // Glass and Ceramics. – 2003. – Vol. 60, № 9-10. – P. 280 – 283. **7. Morozova L.V.** Preparation of porous nanoceramic materials based on partially stabilized zirconia / L.V. Morozova, A.E. Lapshin // Glass Physics and Chemistry. – 2009. – Vol. 35, № 3. – P. 320 – 326.

*Поступила в редколлегию (Received by the editorial board) 27.07.14.*

УДК 539.217.1+546.831

**Способы получения пористой керамики на основе стабилизированного диоксида циркония / М.В. КАЛИНИНА, Л.В. МОРОЗОВА, Т.Л. ЕГОРОВА, Н.Ю. КОВАЛЬКО, О.А. ШИЛОВА** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 41 – 44. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Пористу кераміку отримано різними методами: найпоширенішим методом – за допомогою вигораючої добавки, яка утворює пори, у вигляді активованого вугілля і методом структурного вилуговування хімічно нестійкої фази кислотою або лугом. В результаті використання вигораючої добавки як пороутворювача була отримана порова структура з бімодальним розподілом пір (макро- і мезопори) із середнім розміром пір ~ 1000 нм, відкрита пористість – 45 %.

З використанням методу структурного вилуговування отримано каналоподібні пори (мезопори) з діаметром 10 – 50 нм, відкрита пористість – 35 %.

**Ключові слова:** пороутворювач, порова структура, відкрита пористість, ксерогель, мезо- и макропори.

UDC 539.217.1+546.831

**Methods for preparing porous ceramic based on stabilized zirconia / M.V.KALININA, L.V. MOROZOVA, T.L. EGOROVA, N.YU.KOVAL'KO, O.A. SHILOVA** // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 41 – 44. – Bibliogr.: 7 names. – ISSN 2079-0821.

Porous ceramics obtained by different methods: the most common method is method which using a pore-forming additive in the form of burnout charcoal and structural leaching method chemically unstable phase with acid or alkali. As a result of using a burnable additives as a blowing agent was prepared with a bimodal pore structure distribution of pores (macropores and mesopores) with an average pore size of about 1000 nm, the open porosity of 45 %. Using the method of structural leaching obtained channel pores (mesopores) with a diameter of 10 – 50 nm, an open porosity of 35 %.

**Keywords:** blowing agent, pore structure, open porosity, xerogel, mesoporosity, macroporosity.