

## **ПОДЛОЖКИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПОРОВОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВЕ КОРУНДА ДЛЯ ДИСКОВЫХ МЕМБРАН**

Получены образцы дисковой формы на основе корунда. Подобраны параметры технологии получения полупроницаемых подложек мембран: составы шихты, гранулометрический состав, параметры формования, режим обжига. Исследовано влияние добавки эвтектического состава на керамические свойства полученных изделий – открытую пористость, среднюю плотность и механическую прочность.

**Ключевые слова:** пористая керамика, корунд, мембраны, регулируемый размер пор, мембранные процессы, водоочистка

Во всем мире все больше внимания уделяется комплексному решению проблемы очистки сточных вод, как основной мере обеспечения экологической безопасности поверхностных и подземных водных ресурсов [1]. В последние годы на первое место в технологиях грубой очистки природных и сточных вод выходят мембранные методы разделения – микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос. В этих методах отделение воды от различных примесей осуществляется с помощью селективно-проницаемых перегородок – мембран [2].

В современных технологиях неуклонно возрастает роль пористых проницаемых керамических материалов для селективных мембран [3].

Материалом, широко используемым для изготовления фильтров, мембран и катализаторов, является керамика на основе сверхтонких порошков термообработанного корунда. Уникальные свойства пористых корундовых материалов позволяют использовать их в широком диапазоне рН и в любых растворителях, в том числе проводить регенерацию практически всеми видами кислотных и щелочных сред [4].

Любая керамическая мембрана состоит из двух и более слоев, которые формируют последовательно. При общей толщине мембраны в несколько миллиметров разделительный слой имеет толщину в несколько микрометров. Самый толстый опорный слой, который называют по-разному - подложка, каркас, основа, субстрат – определяет механическую прочность мембраны и ее конфигурацию. Он должен также иметь большую пористость (~ 50%) и минимальное гидравлическое сопротивление [5].

В настоящее время при производстве керамических подложек мембран существует проблема достижения высокого уровня открытой пористости без потери механической прочности, которая должна достигать достаточно большой величины, так как в процессах микро-, ультра- и нанофильтрации применяются высокие давления.

Снижение температуры обжига также является важной задачей современной керамической технологии, так как позволяет уменьшить энергозатраты на производство изделий.

На пористую структуру керамики влияет целый комплекс факторов, связанных как с составом сырья, так и с технологическими параметрами процесса. Целесообразным в данном случае является введение в шихту добавок комбинированного действия, способствующих как снижению температуры спекания керамики, так и улучшению физико-химических и эксплуатационных свойств.

Выбор определенных методов формования, определение режима спекания, а также грамотный подбор дисперсного состава шихты и использование добавок позволит в разы улучшить свойства пористых керамических материалов.

Целью данной работы является получение дисковых керамических подложек мембран на основе корунда с регулируемой поровой структурой, температурой спекания до 1300 °С, открытой пористостью более 40 % и размером пор не более 1 мкм; исследование свойств полученных образцов.

Исходным материалом для подложек служил электроплавленный корунд марки F600 с размером частиц 2-5 мкм. В качестве связующего компонента использовалась глина Дружковского месторождения. По результатам проведенных ранее экспериментов оптимальное соотношение корунд:глина составило 95:5.

Для снижения температуры спекания вводилась добавка эвтектического состава  $MnO \cdot TiO_2$ , которая имеет температуру плавления 1290 °С [6]. В настоящей работе были изготовлены образцы с различным содержанием данной добавки: 1, 3 и 5 масс. %. Исследовано влияние количества вводимой в шихту добавки на физико-химические свойства полученных изделий.

Для формования заготовок применялось двухступенчатое прессование при давлении 10 МПа. Температура обжига варьировалась от 1100 до 1300 °С.

На рисунках 1 и 2 представлено влияние количества добавки и температуры обжига на открытую пористость и среднюю плотность образцов.

Полученные зависимости можно объяснить следующим образом. Увеличение открытой пористости образцов всех составов до температуры 1200 °С происходит вследствие спекания материала по твердофазовому механизму. При температуре

свыше 1200 °С наблюдается уменьшение пористости для образцов с 3 и 5 масс. % добавки, что связано с образованием жидкой фазы в процессе спекания, которая стягивает между собой зерна корунда и заполняет поры, чего не наблюдается в остальных образцах ввиду малого содержания эвтектической добавки.

Эти данные согласуются с графиком средней плотности. С увеличением температуры обжига и содержания эвтектики средняя плотность изделий увеличивается, так как происходит уплотнение материала.

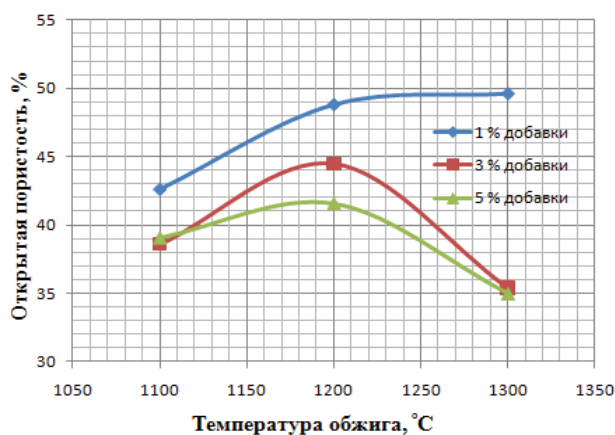


Рис. 1. Влияние количества добавки и температуры обжига на открытую пористость образцов

Рисунок 3 иллюстрирует влияние количества добавки и температуры обжига на механическую прочность образцов. При повышении температуры обжига прочность также повышается, что объясняется образованием более плотного каркаса из зерен корунда, связанным с перераспределением частиц твердой фазы при образовании эвтектического расплава. Наибольшей механической прочностью при диаметральном изгибе обладают образцы содержанием добавки 5 масс. %, так как при большом количестве образующейся при спекании жидкой фазы можно достичь более однородного распределения зерен корунда в образце и лучшего уплотнения материала, и, как следствие, высокой механической прочности.

*Сенина Марина Олеговна, студент кафедры химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ имени Д.И. Менделеева, Россия, Москва*

*Лемешев Дмитрий Олегович, к.т.н., доцент кафедры химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ имени Д.И. Менделеева, Россия, Москва*

## Литература

1. Скворцов, Л.С. Современные технологии очистки сточных вод и эколого-экономическая оценка их использования / Л.С. Скворцов, А.А. Коньгин, А.А. Шматова // Экология и промышленность России. – 2012. - №5. – С.4-8.
2. Десятов, А.В. Мембранные методы очистки природных и сточных вод: методические материалы для курсового и дипломного проектирования (Техника защиты окружающей среды) / А.В. Десятов, Н.Е. Кручинина. – М.: ООО НИЦ «Инженер», 2012. – 160 с.
3. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – М.: Мир, 1999. – 513 с.
4. Распределение пор по размерам в фильтрующих системах на основе плавленного в солнечной печи оксида алюминия / Т.П. Салихов, В.В. Кан, Э.М. Уразаева, Т.В. Саватюгина, Г.М. Арушанов, С.Н. Кан // Огнеупоры и техническая керамика. – 2014. - №9. – С. 11-13.

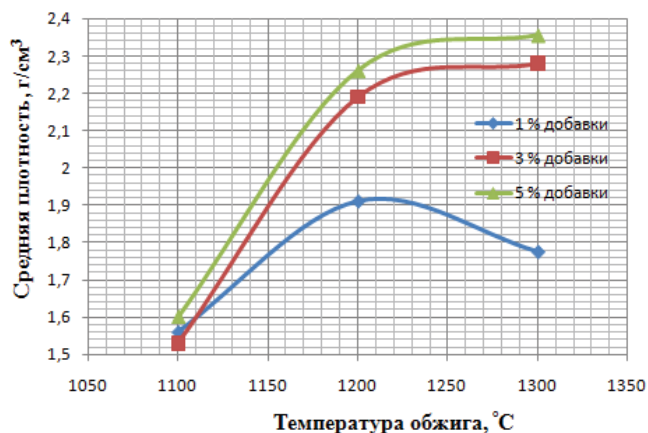


Рис. 2. Влияние количества добавки и температуры обжига на среднюю плотность образцов

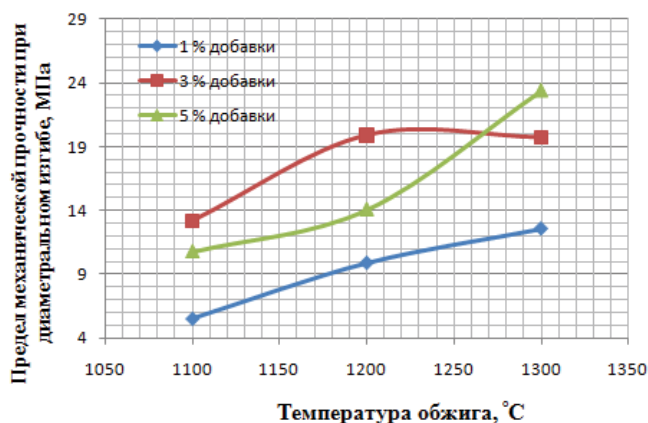


Рис. 3. Влияние количества добавки и температуры обжига на механическую прочность образцов

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что использование добавок комбинированного действия является перспективным методом получения материалов с высокими физико-химическими и эксплуатационными свойствами, а также позволяет создавать прочные и одновременно пористые изделия. Интерес представляют добавки в системах MnO-TiO<sub>2</sub> и MnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>.

5. Свитцов, А.А. Введение в мембранные технологии / А.А. Свитцов. - М.: ДеЛи принт, 2007. – 208 с.
6. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск первый. Двойные системы / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.В. Ланин, Н.Н. Курцева. – Изд. «Наука». – Ленингр. отд. – Л. – 1969. – 822 с.

*Senina Marina Olegovna\**, *Lemeshev Dmitriy Olegovich*

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

\*e-mail: snnmarina@rambler.ru

## **SUPPORT WITH A CONTROLLED POROUS STRUCTURE BASED ON CORUNDUM FOR DISK MEMBRANES**

### **Abstract**

Samples of a disk form based on corundum are received. Parameters of technology of receiving semi-permeable supports of membranes are picked up: compositions of furnace charge, particle size distribution, formation parameters, roasting mode. Studied influence of an additive of the eutectic structure on ceramic properties of the received products – open porosity, average density and mechanical durability.

**Key words:** porous ceramics, corundum, membranes, controlled porous structure, membrane processes, water purification