УДК 666.189.24

М.И. РЫЩЕНКО, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, **Л.А. МИХЕЕНКО,** младший научный сотрудник,
Е.Ю. ФЕДОРЕНКО, к.т.н., доцент, **Л.П. ЩУКИНА,** к.т.н., доцент
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

ФИЛЬТРУЮЩИЕ СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

В работе рассмотрена возможность использования фильтрующих стеклокерамических пористых материалов, полученных с применением глинистого сырья Веролюбовского месторождения, для механической очистки воды.

механическая очистка воды, фильтрующие стеклокерамические материалы, проницаемая структура, ресурсосберегающая технология

Современные технологические процессы в различных отраслях промышленности зачастую сопровождаются негативным воздействием на окружающую природную среду, которое, в свою очередь, способно привести к необратимым изменениям в природе.

На сегодняшний день наиболее опасными являются сточные воды предприятий химической, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. При их очистке широко используются процессы фильтрования. В экологическом и экономическом отношении создание аппаратов с фильтрующими элементами является очень актуальным, однако перечень существующих в настоящее время проницаемых материалов, к сожалению, ограничен и представлен пористыми металлами, стеклом и керамикой.

Фильтрующие элементы из пористых проницаемых металлов не находят широкого распространения. Это связано с тем, что регенерация фильтров кислотами приводит к окислению металлических частиц при высоких температурах, вследствие чего прочность материала снижается. Это, в свою очередь, негативно сказывается на проницаемости фильтра [1]. Опыт применения пористой керамики для очистки жидкостей в настоящее время незначителен и, в основном, ограничивается испытанием опытных образцов из спеченных порошков [2]. Керамические фильтрующие материалы имеют высокую температуру спекания (1050–1550 °С), что приводит к значительным энергозатратам на их производство [3]. Фильтры из традиционного пеностекла не обладают необходимыми и достаточными при использовании и регенерации фильтрующих элементов механической прочностью, химической и термической устойчивостью [4, 5].

Авторами [6] разработана пеностеклокерамика, обладающая оптимальными теплофизическими параметрами, с использованием глинистого сырья. Однако полученные материалы характеризуются закрытой пористостью и не могут быть использованы в качестве фильтрующих элементов.

Ранее с применением порошковой технологии нами были получены пористые стеклокристаллические проницаемые материалы на основе специально синтезированных кристаллизующихся стекол системы R_2O–RO–Al_2O_3–B_2O_3–SiO_2 и карбонатных газообразователей [7, 8]. Разработанные материалы при общей пористости 55–70 % обладают комплексом высоких эксплуатационных характеристик: прочность при сжатии составляет 12 МПа, химическая стойкость по отношению к 20 % HCl – 98,5–99,0 %; термостойкость – 350–400 °С; водопоглощение – 22–30 об. %. Указанные значения механических свойств разработанных пористых стеклокристаллических материалов превышают аналогичные показатели существующих в настоящее время пеностекол, используемых для фильтрации. Установлено, что прочность образцов, полученных с использованием мраморной крошки $CaCO_3$, выше, чем у образцов со стронцианитом $SrCO_3$. Свойства полученных материалов объясняются их оптимальным фазовым составом, включающим комплекс кристаллических фаз, полученных методом направленной кристаллизации (диопсид, виллемит, ганит, а также метастабильные фазы твердых растворов β-кварца и цинкового петалита) [9].

Целью настоящей работы является получение проницаемых стеклокерамических материалов, которые можно будет применять для фильтрации отработанной воды, по энерго- и ресурсосберегающей технологии.

В качестве основы для получения фильтров были использованы синтезированные ранее кристаллизующиеся стекла системы R_2O–RO–Al_2O_3–B_2O_3–SiO_2 [7], а также

© М.И. Рыщенко, Л.А. Михеенко, Е.Ю. Федоренко, Л.П. Щукина

тугоплавкая светложгущаяся глина Веролюбовского месторождения, применение которой позволит снизить себестоимость изделий за счет использования доступного отечественного глинистого сырья. Именно эти фильтрующие элементы предлагаются нами для использования в качестве напорных фильтров при безотстойном механическом фильтровании [10]. Необходимым условием применения пористых стеклокерамических материалов в качестве фильтров является возможность их регенерации для многократного использования.

Химический анализ Веролюбовской глины показал, что она является полукислым сырьем с высоким содержанием оксида кальция. Петрографическими исследованиями глины установлено, что основная масса пробы представлена тонкодисперсным глинистым веществом с показателем светопреломления $N_{ср}$. ~1,555 ± 0,005, идентифицированным как каолинит весьма несовершенной структуры. Акцессорные минералы представлены иголочками рутила, тонкодисперсными агрегатами лейкоксена, а также единичными зернами циркона, гидроокислов железа и кальцита. Количественное распределение минералов: каолинит – 55–65 %, кварц – 15–20 %, слюды-гидрослюды – 5–8 %, полевой шпат – 8–12 %, тонкодисперсные включения 2–3 %, акцессорные минералы – 1–2 %. Приведенные химический и минералогический составы глинистого компонента позволяют сделать вывод о возможности его использования при изготовлении фильтрующих стеклокерамических материалов.

Исследования по разработке фильтрующих элементов проводились на серии составов, которые содержали Веролюбовскую глину в количестве 70–100 масс. %, доломит – 5 масс. %, фритту – 25–30 масс. % и мраморную крошку – 5 масс. % сверх 100 % шихты. Образцы были отпрессованы при давлении 2,5 МПа и подвержены спеканию при температурах 900, 1000, 1100 °С. Для образцов, полученных из разных шихт при указанных температурах обжига, были изучены водопоглощение, прочностные показатели, а также термическая устойчивость, определяющая способность материалов к регенерации методом прокаливания.

Анализ свойств полученных материалов в зависимости от состава шихты и температуры их термообработки показал, что в целом все образцы характеризуются достаточно высоким уровнем эксплуатационных свойств. Оптимальными по комплексу физико-механических характеристик являются образцы, полученные на основе следующего шихтового состава: глина Веролюбовская – 70 масс. %, кристаллизующаяся фритта – 30 масс. % и мраморная крошка – 5 масс. % сверх 100 %. Исследованиями свойств образцов, обожженных в интервале температур 900–1100 °С, установлено, что оптимальными эксплуатационными характеристиками обладают материалы, термообработанные при температуре 1000 °С с общей продолжительностью обжига 1,5 часа. Полученные образцы характеризуются водопоглощением 25 об. %, пределом прочности при сжатии 14 МПа и термостойкостью 400 °С (рис. 1). Исследуемые материалы характеризуются проницаемой структурой за счет наличия в них преимущественно сообщающихся пор размером 0,1–0,5 мм. Свойства и структура полученных проницаемых элементов позволяют предположить, что значение скорости фильтрования сточных вод составит порядка 5–6 $м^3/м^2$·час и будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к материалам такого назначения. Технологические показатели очистки воды с применением предлагаемых фильтров будут уточнены в дальнейшем при их последующей доработке.

Полученные фильтровальные материалы могут быть использованы для создания фильтров механической очистки воды от взвешенных веществ. В частности, одна из областей применения – предварительная очистка воды от взвешенных веществ перед адсорбционными фильтрами. Одним из методов адсорбционной очистки сточных вод от органических примесей является фильтрование воды через колонну, загруженную сло-

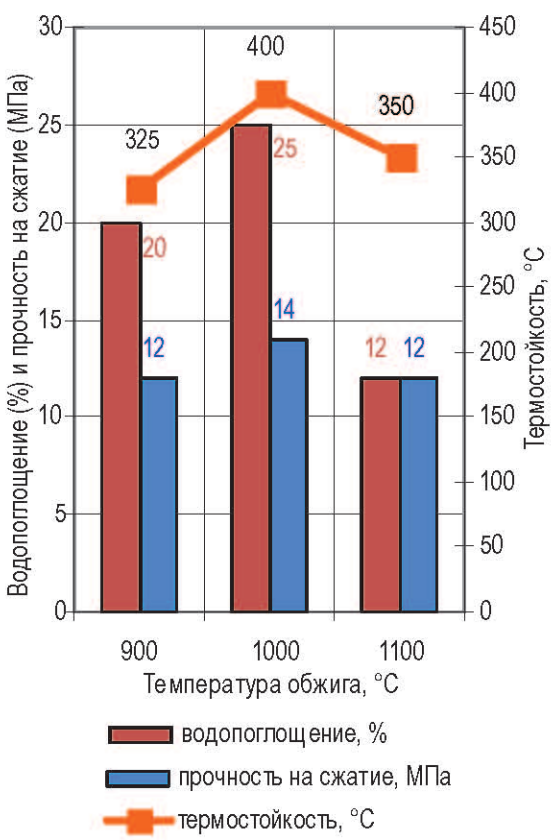

Рисунок 1 – Влияние температуры обжига на свойства материалов, полученных на основе шихты оптимального состава

ем адсорбента, роль которого выполняет углеродистый материал. Скорость фильтрования при этом зависит от концентрации веществ, находящихся в сточных водах, и обычно колеблется от 2–3 до 5–6 $м^3/м^2 \cdot час$.

Условием применимости колонн с неподвижным слоем адсорбента для эффективной очистки воды от неорганических примесей является предварительное безотстойное механическое фильтрование воды, которое резко улучшает работу адсорбционных колонн.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности и целесообразности получения пористых фильтрующих стеклокерамических материалов для механической очистки воды с применением доступного глинистого сырья. Комплекс высоких эксплуатационных свойств обеспечит возможность многократной регенерации предлагаемых материалов посредством промывки кислотами или прокаливанием, что повысит их долговечность и конкурентоспособность. Полученные фильтрующие материалы могут быть использованы в качестве элементов напорных фильтров при очистке воды от механических примесей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пористая проницаемая керамика для фильтрующих элементов установок очистки горячих газов от пыли / Б.Л. Красный, В.П. Тарасовский, А.Ю. Вальдберг [и др.] // Стекло и керамика. – 2005. – № 5. – С. 14–18.
2. Аксенов А.В. Разработка новых керамических материалов для высокотемпературных фильтров / А.В. Аксенов, О.А. Некрашевич, А.В. Бугаев // Огнеупоры и техническая керамика. – 2001. – № 9. – С. 26–28.
3. Смирнова К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации. – М. : Стройиздат, 1968. – 172 с.
4. Пеностекло – технология и применение : аналит. обзор / под ред. Т.Д. Андрюхина – М. : ВНИИЭСМ, 1990. – 45 с.
5. Демидович Б.К. Пеностекло. – Минск : Наука и техника, 1975. – 248 с.
6. Алкарьян А.С. Гранулированная пеностеклокерамика – перспективный теплоизоляционный материал / А.С. Алкарьян, В.Г. Христюков, Г.В. Смирнов // Стекло и керамика. – 2008. – № 3. – С. 10–12.
7. Рыщенко М.И. Научные основы получения пористых материалов для фильтрации жидкостей различной химической активности / М.И. Рыщенко, Л.А. Михеенко // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2004. – Вып. 34. – С. 117–120.
8. Михеенко Л.А. Химическая и термическая стойкость фильтрующих стеклокристаллических материалов // Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности : тез. докл. междунар. научн.-техн. конф. – Харьков : Каравелла, 2004. – С. 73–74.
9. Михеенко Л.А. Направленная кристаллизация как метод создания полифункциональных фильтрующих материалов // Сучасні проблеми хімії : зб. тез. доп. Третьої Всеукр. конф. студентів та аспірантів. – Київ, 2002. – С. 76–77.
10. Когановский А.М. Очистка промышленных сточных вод / Л.А Кульский, Е.В. Сотникова, В.Л. Шмарук. – К: «Техника», 1974. – 257 с.

Поступила в редакцию 29.09.2008

У роботі розглянуто можливість використання глини Веролюбівського родовища для отримання фільтруючих склокерамічних пористих матеріалів, які призначені для механічного очищення води.

The possibility of use of the Verolyubovsk deposit clay for obtaining of filtering glass-ceramic porous materials for mechanical water treatment is considered.