

УДК 699.86(075)

А.В. Павленок, Е.Н. Подденежный,
Я.О. Шабловский, Е.И. Гришкова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ ВЫСОКОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ФОРМИРУЕМЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
г. Гомель, Беларусь

*The method of new heat-insulating foamed silicate materials preparation was developed. Heat-insulating materials have high porosity and, consequently, low average density and heat conductivity. The mechanical-and-physical properties are following: apparent density 250–300 kg/m³, compression breakdown strength 0,15–1,40 mPA, conductivity factor 0,08–0,035 Wt/m*K. The preliminary experiments on microwave energy using for preparation foamed silicate materials were realized. Heat-insulating materials are intended for insulation of buildings and technical constructions in the temperatures –50 to 600 °C.*

В настоящее время большое внимание уделяется разработке новых высокоэффективных теплоизолирующих материалов на основе силикатных систем, пригодных для теплоизоляции производственных и жилых помещений. Одним из требований к теплозащитным материалам является себестоимость их производства, экологическая чистота изделий, возможность использования материала внутри жилых помещений. Много внимания уделяется также возможности получения новых теплозащитных материалов с использованием бытовых и промышленных отходов [1].

Стандартная технология производства пеностекла заключается в следующем [2–6]. Силикатное натрий-кальциевое стекло измельчается (размер частиц ≤ 80 мкм), смешивается с пенообразующей добавкой углеродного типа, помещается в формы из жаропрочной стали и подвергается термообработке. При температуре 750–850 °C частицы стекла спекаются, и одновременно в системе происходит выделение газа, вспенивающего композицию.

Затем пеностекляные блоки извлекают из форм и помещают в печь отжига, где в течение 8–16 часов охлаждают со скоростью 0,6–1,5 °C/мин. Готовые блоки нарезаются на изделия требуемой формы. Недостатками этого процесса производства являются длительный (до 20 часов) производственный цикл и применение углеродных пенообразователей, в частности антрацита, содержащего в своем составе до 1,5 мас. % элементарной серы, снижающих экологическую безопасность материала и исключающих возможность его применения для внутренней отделки жилых и служебных помещений. Кроме того, в результате процесса разрезания и отформовывания блоков пеностекла заданной формы и размеров, образуется большое количество отходов, доля которых доходит до 20% от объема готовой продукции.

Цель настоящей работы — исследование возможности переработки бытового и промышленного стеклобоя в высокоэффективные теплоизоляционные материалы без применения традиционных карбонатных и углеродсодержащих вспенивателей.

Экспериментальная часть

Авторами разработан упрощенный и удешевленный способ производства пеносиликатного материала из отходов (стеклобой) при одновременном повышении его экологической безопасности за счет отказа от применения углеродных пенообразователей [7].

Поставленная задача решается тем, что для получения пеностекла из отходов вначале готовят порошкообразную смесь стеклобоя и метасиликата натрия, добавляют в нее воды, нагревают и вспенивают в муфельной печи при температуре 700–750 °С. Исходную порошкообразную смесь готовят при следующем соотношении компонентов, мас. %: стеклобой 60–70, метасиликат натрия 30–40. При этом воду добавляют до влажности 5–20 %, а полученную смесь перед нагреванием укладывают в форму.

Варьирование долевого содержания метасиликата натрия в сухой шихте от 30 до 40 мас. % позволяет варьировать диаметр пор пеностекла от 0,5 мм до 3,5 мм, тем самым, изменяя коэффициент теплопроводности материала от 86 до 34 мВт/(м·К). Смесь стеклобоя и сухого метасиликата натрия Na_2SiO_3 (ТУ 6-09-5337-87) размалывают в шаровой мельнице, просеивают через сито с диаметром ячейки не более 100 мкм, засыпают в механическую мешалку и добавляют в барабан мешалки воду в количестве, обеспечивающем влажность смеси от 5 до 20 %. После перемешивания в течение 15 минут шихту выкладывают в металлическую форму, внутренние стенки которой предварительно покрывают алюминиевой фольгой или раствором глины во избежание прилипания пеностекла к форме. Форму с шихтой выдерживают в течение 1,0–1,5 часа при температуре 70 °С, а затем нагревают со скоростью 400 °С/час до 700 °С и выдерживают в печи 20 минут. После этого остужают печь до температуры не выше 200 °С и вынимают пеностекло из формы. Весь цикл производства вспененного силикатного материала занимает до трех часов (рис. 1). На выходе получают пеностекло светло-зеленого цвета (рис. 2, А).

Теплопроводность полученного вспененного материала получена расчетным путем. Расчет теплопроводности пористой среды обычно основывается на моделировании такой среды системой сферических ячеек (модель Рибо) [8]. При пористости $\pi < 0,74$ газовые ячейки в жидкой пене не соприкасаются и потому действительно являются сферическими. Полученное нами пеностекло имеет более высокую пористость ($\pi > 0,8$), вследствие чего его ячейки суть не сферы, а многогранники (табл.).

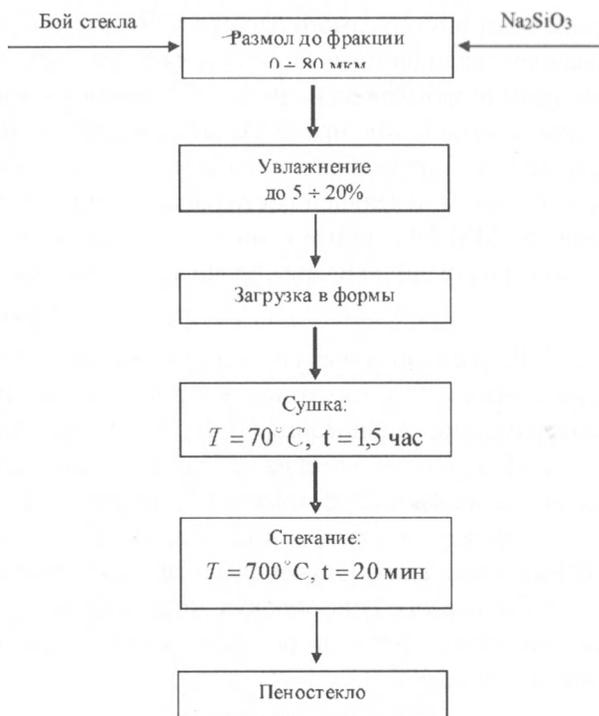


Рис. 1. Цикл производства вспененного теплоизолирующего материала при термической обработке

Средний размер ячейки, мм	Пористость	Коэффициент теплопроводности, мВт/(м·°К)
0,5	0,81	85,7
1,0	0,89	45,7
3,0	0,906	38,8
3,5	0,925	33,9

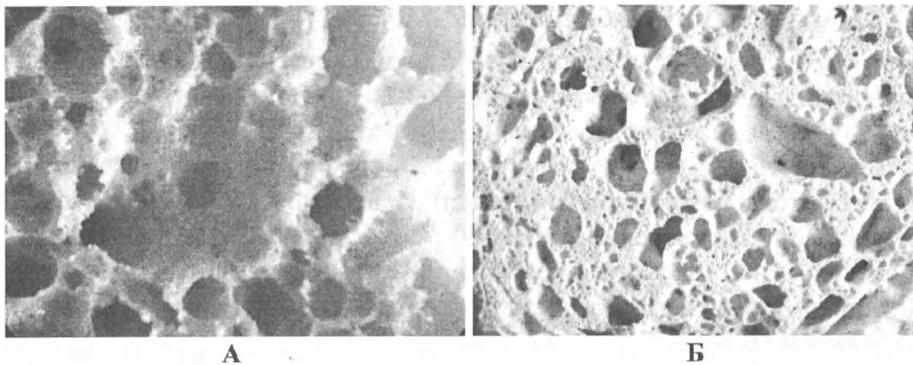


Рис. 2. Микрофотография скола пеностекла: А — термическое вспенивание; Б — микроволновая обработка

В последние годы проявляется повышенный интерес к использованию СВЧ-энергии для интенсификации различных физических, химических, термохимических процессов [9].

При СВЧ-нагреве генерация тепловой энергии

происходит внутри самого нагреваемого материала. Если при термических процессах с использованием традиционных источников нагрева теплота расходуется на нагрев элементов конструкции печи и окружающей среды, то в микроволновых печах почти вся энергия идет на термические и химические процессы внутри загрузки (суспензии или шихты), а контейнер почти не нагревается. Таким образом, потери энергии значительно снижаются. С использованием силикатной шихты, имеющей состав аналогичный загрузке при термическом вспенивании, в СВЧ печи «SAMSUNG» при мощности магнетрона 800 Вт с частотой излучения 2,45 ГГц в течение 5–10 секунд были получены прочные вспененные материалы в виде блоков и гранул (рис. 2, Б).

Выводы

1. Разработан новый способ изготовления экологически чистого пеностекла на основе промышленных и бытовых отходов (стеклобоя), отличающийся от существующих пониженными температурами вспенивания (700 – 750 °С) и отсутствием углеродных пенообразователей.
2. Полученный материал обладает низкой теплопроводностью, улучшенными физико-механическими характеристиками (пониженной хрупкостью), высокой водостойкостью.
3. Проведены предварительные эксперименты по изучению возможности использования СВЧ-излучения для получения вспененных силикатных материалов.
4. Силикатное пеностекло в виде пластин, гранул может применяться в строительстве, теплоэнергетике, машиностроении как теплоизолирующий материал при эксплуатации в диапазоне от –50 до 600 °С.

Список использованных источников

1. Павлов, В.Ф. Производство теплоизоляционных пеносиликатных материалов / В.Ф. Павлов, А.М. Погодаев, А.В. Прошкин, В.Ф. Шабанов // Изд. СО РАН, Новосибирск. — 1999. — С. 60.
2. Демидович, Б.К. Производство и применение пеностекла / Б.К. Демидович // Наука и техника, Минск. — 1972. — С. 304.
3. Демидович, Б.К. Пеностекло / Б.К. Демидович // Наука и техника, Минск. — 1975. — С. 248.
4. Чудновский, А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / А.Ф. Чудновский // М.: ГИФМЛ. — 1962. — С. 82.
5. Способ получения блоков пеносиликата: пат. № 2225373 Российская Федерация, МКИ С 03 С 11/00. / А.А. Кетов, И.С. Пузанов, М.П. Пьянков, Д.В. Саулин. Оpubл. 10.03.2004.
6. Composition for producing foamed glass molded products: Patent 4826788 US, C03B 19/08. Heinz Dennert, Hans V. Dennert, Alois Seidl. Published 2.05.1989.
7. Process of producing foamed glass and insulating material produced by this process. Patent 1002786 GB, C03B. Hermann Kreidl. Published: 25.08.1965.
8. Способ получения пеностекла пат. № 11711 Респ. Беларусь, МПК C03C 11/00, C03B 19/08. / А.А.Бойко, Е. И. Гришкова, Я. О. Шабловский, Е. Н. Подденежный. Оpubл. 22.12.2008.
9. http://www.nanometer.ru/2007/09/15/nanomaterial_4313.html