

УДК 665.65

МИКРОВОЛНОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛА

А. В. ПАВЛЕНКО, Е. Н. ПОДДЕНЕЖНЫЙ, А. А. БОЙКО

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Сочетание высоких теплоизоляционных свойств при пожарной безопасности, долговечности и экологической чистоте ставит пеностекло практически вне конкуренции с другими теплоизоляционными материалами. Пеностекло – высокопористый ячеистый материал, получаемый спеканием тонкоизмельченного стеклянного порошка и газообразователя. В зависимости от технологии производства пеностекло обладает открытой или закрытой пористостью. Пористость различных видов пеностекла колеблется от 80 до 95 %, размеры пор могут быть от 0,1 до 5 мм. Пеностекло выпускают в виде плит (блоков) размерами (мм): длина 200–500; ширина 280–500; толщина 80, 100, 120 [1]. Промышленная технология производства пеностекла заключается в следующем. Силикатное натрий-кальциевое стекло измельчается до размера частиц 80 мкм, смешивается с пенообразующей добавкой углеродного или карбонатного типа, помещается в формы из жаропрочной стали и подвергается термообработке. При температуре 750–850 °С частицы стекла спекаются, и одновременно в системе происходит выделение газа, вспенивающего композицию, обладающую в этих условиях необходимой вязкостью и пластичностью. Вспененное стекло охлаждается, отжигается, и готовые блоки разрезаются на изделия требуемой формы [2].

Недостатками этого процесса производства являются длительный (до 20 ч) 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 формования 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 карбонатных и углеродсодержащих вспенивателей с использованием микроволновой активации.

Методика процесса получения вспененного стекла

Авторами разработан упрощенный способ производства пеносиликатного материала из отходов (стеклобоя) при одновременном повышении его экологической безопасности за счет отказа от применения углеродных пенообразователей [3].

Процесс получения пеностекла из отходов заключается в приготовлении порошкообразной смеси стеклобоя и метасиликата натрия при следующем соотношении компонентов, мас. %: стеклобой 60–70, метасиликат натрия 30–40. Смесь стеклобоя и сухого метасиликата натрия (ТУ 6-09-5337–87) размалывают в шаровой мельнице,

просеивают через сито с диаметром ячейки не более 100 мкм. После просева в состав вводят вспенивающую добавку, в нашем случае это алюминиевая пудра ПАН-1 (ГОСТ 5494–85), и перемешивают. После приобретения составом однородной цветовой гаммы в результате перемешивания полученную шихту засыпают в механическую мешалку и увлажняют дистиллированной водой до придания влажности смеси от 7 до 12 %. По окончании перемешивания в мешалке шихту помещают в форму из радиопрозрачного материала – контейнер из фторопласта с крышкой [4]. Контейнер помещается в микроволновую печь (мощность 700 Вт, частота излучения 2,47 ГГц). Опытным путем были определены наиболее благоприятные технологические режимы обработки в СВЧ-печи (рис. 1).

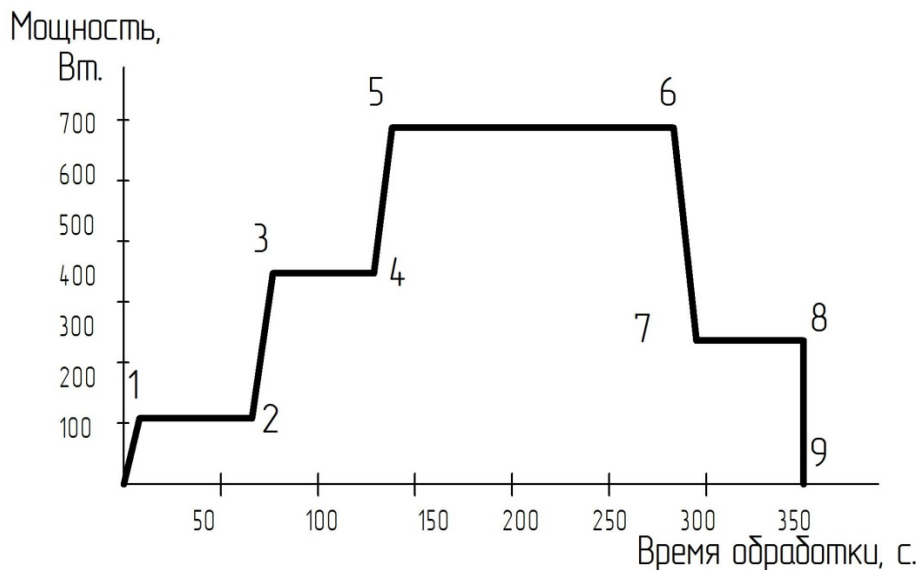


Рис. 1. Технологический режим обработки шихты в СВЧ-печи

Согласно графическому отображению технологического режима обработки шихты в микроволновой печи можно выделить следующие участки:

0–1 – начало воздействия микроволнового излучения на обрабатываемый материал, мощность излучения 120 Вт;

1–2 – участок предварительного нагрева шихты, выдержка при выходной мощности магнетрона 120 Вт в течение 70 с;

2–3 – переходной участок, увеличение выходной мощности до 480 Вт;

3–4 – участок начала процесса вспенивания, выходная мощность 480 Вт, продолжительность обработки 60 с;

4–5 – переходной участок, увеличение выходной мощности до 700 Вт;

5–6 – участок интенсивного вспенивания, в процессе обработки происходит интенсивное удаление влаги, увеличение объема и, как следствие, потеря массы. При обработке в этих условиях формируется вспененный блок стеклообразного материала, занимающий весь объем контейнера. Обработка на этом участке происходит на максимальной выходной мощности магнетрона 700 Вт, время выдержки 120 с;

6–7 – снижение выходной мощности до 300 Вт, переход на участок стабилизации;

7–8 – участок стабилизации, выходная мощность 300 Вт, продолжительность обработки 60 с. Этот участок способствует снятию внутренних напряжений и равномерному просушиванию блока пеностекла от остатков влаги;

8–9 – выключение печи, остывание блока.

После обработки в СВЧ-печи материал приобретает пористую структуру, представленную на рис. 2 и 3, причем увеличение объема составляет 170–230 %, потери по массе находятся в пределах 25–27 %, что связано, скорее всего, с испарением водной составляющей смеси в процессе формирования пористой структуры. Варьирование долевого содержания метасиликата натрия в сухой шихте от 30 до 40 мас. % позволяет варьировать диаметр пор пеностекла от 0,5 до 3,5 мм, что приводит к уменьшению коэффициента теплопроводности материала от 86 до 34 мВт/(м · К). Стоит отметить, что у образцов, имеющих диаметр поры более 4 мм, наблюдается резкое снижение прочностных характеристик, что затрудняет использование крупнопористой керамики в качестве надежного теплоизоляционного материала.

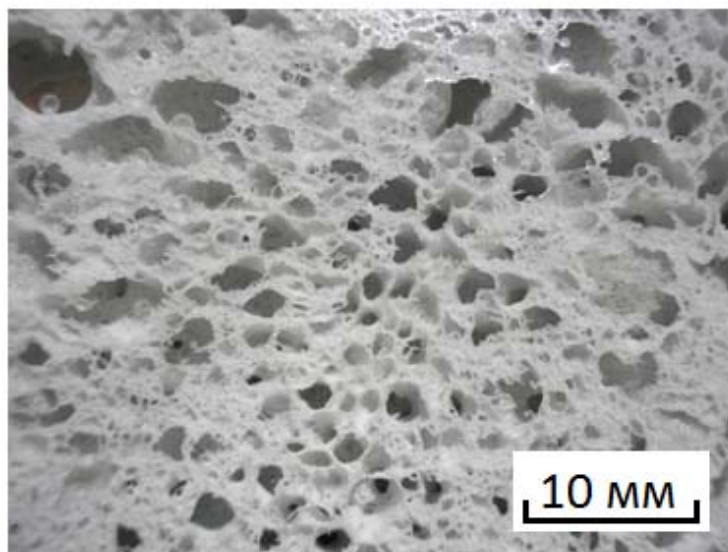


Рис. 2. Структура теплоизоляционного материала, сформированного в СВЧ-печи



Рис. 3. Блоки пеностекла, полученного в СВЧ-печи

После формования в СВЧ-печи и извлечения из контейнера вспененные блоки подвергаются термической обработке в муфельной печи в течение 1,5–2 ч при тем-

пературе 300–550 °С с целью повышения прочностных характеристик и увеличения водостойкости.

Значения коэффициентов теплопроводности в зависимости от размера пор представлены в таблице.

Значения коэффициентов теплопроводности

Пример	Средний диаметр поры, мм	Пористость	Коэффициент теплопроводности, мВт/(м · К)	Термостойкость, °С
1	0,5	0,81	85,7	650
2	1,0	0,89	45,7	
3	3,0	0,906	38,8	
4	3,5	0,925	33,9	

Полученные блоки характеризуются аморфным состоянием вне зависимости от содержания алюминия в шихте и от температуры термической обработки.

На рис. 4 представлена дифрактограмма вспененного материала, полученного в СВЧ-печи и прошедшего дополнительную термическую обработку при температуре 550 °С в течение 1 ч.

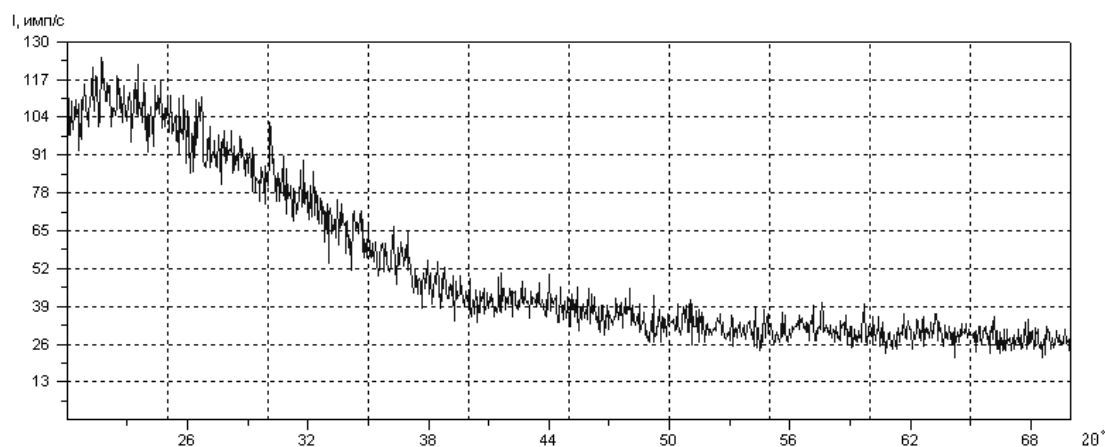


Рис. 4. Дифрактограмма вспененного материала, полученного в СВЧ-печи

Заключение

1. Разработан новый способ получения вспененного стекломатериала с использованием микроволновой активации процесса формования блоков [5].

2. Основными положительными результатами процесса получения теплоизоляционного материала является сочетание экологически чистого производства и уменьшение длительности процесса формования пеностекла.

3. Общая длительность процесса получения пеностекла составляет не более 3 ч, а форма блоков зависит от типа используемого радиопрозрачного контейнера.

4. Полученные блоки характеризуются аморфным состоянием вне зависимости от содержания алюминия в шихте и от температуры дополнительной термической обработки в муфельной печи.

Литература

1. Производство и применение пеностекла / Б. К. Демидович [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1972. – С. 302.

2. Mathis. Microwave Synthesis using Multicomponent and Multiphasic Systems / Mathis // Ph. D. Thesis. Pennsylvania State University. – University Park, Pa. – 1997.
3. Перспективы использования энергии СВЧ-излучения в процессах создания керамических и металлокерамических композитов / А. Ф. Ильющенко [и др.] // Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка : сб. докл. междунар. симп. – Минск, 25–27 марта, 2009 г. – Ин-т порошковой металлургии. – Минск, 2009. – С. 78–82.
4. Теплоизоляционные силикатные высокопористые материалы, формируемые с использованием термического нагрева и микроволнового излучения / А. В. Павленок [и др.] // Современ. методы и технологии создания и обработки материалов : IV Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 19–21 окт. 2009 г. – Сб. материалов : в 3 кн. Кн. 1 : Многофункциональные материалы в современной технике и методы их получения. Материалы для микро- и нанoeлектроники. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2009. – С. 168–170.
5. Способ получения пеностекла : пат. № 11711 Респ. Беларусь, МПК С 03С 11/00 / Е. И. Гришкова, Е. Н. Подденежный, А. В. Павленок, А. А. Бойко, Я. О. Шабловский ; заявитель ГГТУ им. П. О. Сухого.

Получено 29.05.2013 г.