

УДК 666.321:666.635

Р.Ю. Попов, канд. техн. наук; Е.М. Дятлова, канд. техн. наук;  
Е.Е. Богдан, канд. техн. наук; Т.Н. Неверова студ.  
(БГТУ, г. Минск)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЯЧЕИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Разработка эффективных теплоизоляционных материалов и изделий в Республике Беларусь является актуальной задачей, поскольку направлена на импортозамещение, снижение энергопотребления в промышленном и гражданском строительстве, производстве строительных материалов. Теплоизоляционные материалы, характеризующиеся невысокой теплопроводностью и значительной пористостью, широко используются для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, технологического оборудования и различных теплотехнических установок.

Одной из причин, препятствующей организациям Беларуси производства теплоизоляционных алюмосиликатных изделий, является отсутствие отечественных огнеупорных глинистых материалов. Однако проведенные исследования перспективных месторождений каолинов на территории Республики Беларусь, в частности месторождения «Дедовка» (Житковичский район Гомельской области), позволили установить целесообразность применения местных каолинов в качестве сырьевого материала керамической промышленности[2].

Для получения керамических изделий с высокой пористостью (до 85%) и равномерной ячеистой структурой целесообразно использовать шликерную технологию с применением пенообразователей. В качестве последних традиционно применяют поверхностно-активные продукты нефтепереработки и нефтехимического синтеза, а также природные органические вещества, способные образовывать устойчивые пены. Однако эту функцию могут выполнять и пенообразователи для пожаротушения с истекшим сроком годности, несоответствующие по показателям качества требованиям ТНПА. Согласно данным НИИ ПБ и ЧС МЧС РБ ежегодное количество образующихся отходов составляет порядка 70–100 т. Как правило, отходы пенообразователей с биоразлагаемостью менее 80% подлежат сжиганию в специальных печах химической промышленности или захоронению на полигонах химических отходов. Биологически «мягкие» отходы с биоразлагаемостью более 80% допускается сбрасывать в производственные сточные воды при разбавлении водой до требуемых значений ПДК<sub>пав</sub>, составляющих 20 мг/л, что создает опосредованную опасность для человека и окружаю-

щей среды. Невостребованные в течение установленного срока годности пенообразователи для пожаротушения сохраняют вполне приемлемые показатели свойств, образуют устойчивые пены и могут использоваться для получения пористой керамики.

В связи с этим, целью работы являлась разработка составов масс и технологических параметров получения ячеистых теплоизоляционных керамических материалов с использованием отечественного глинистого сырья и отходов пенообразователей, а также изучение основных физико-технических характеристик полученных материалов, их структуры и фазового состава.

Для создания ячеистой структуры материала использовались отходы пенообразователя целевого назначения «Барьер-пленкообразующий», применяемого при тушении пожаров горючих жидкостей. Указанный отход представляет собой водный раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ), который используется для получения воздушно-механической пены. Основные свойства пенообразователя и пены, полученной диспергационным методом на приборе Росс–Майлса по стандартной методике при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Основные свойства пенообразователя и полученной пены при температуре 293 К**

| Наименование свойства                                    | Значение  |
|--|-----------|
| Поверхностное натяжение раствора ПАВ, мДж/м <sup>2</sup> | 22–25     |
| Водородный показатель                                    | 10,8–11,0 |
| Плотность раствора ПАВ, кг/м <sup>3</sup>                | 1040–1070 |
| Пенное число, мм   | 180–183   |
| Кратность пены   | 9–10      |
| Устойчивость пены, %                                     | 88–90     |
| Скорость разрушения пены (в течение 5 мин), %/мин        | 2,5–3,0   |
| Плотность пены, кг/м <sup>3</sup>                        | 240–260   |

В качестве сырьевой композиции использовали алюмосиликатный шамот (бой огнеупоров) в количестве 60–80 % (Здесь и далее по тексту приведено массовое содержание компонентов, мас. %), огнеупорную глину «Керамик-Веско» 10%, и обогащенный каолин «Дедовка» 10–30%, которые смешивались в указанных соотношениях, затем добавлялась вода до влажности шликера 40–50 %. Отдельно приготовленная пена методом диспергирования пенообразователя в лабораторной мешалке вводилась в шликер. Дополнительно в шликер вводили мездровый клей в количестве 20 % для стабилизации пеномассы, а также гипсовое вяжущее марки Г-5 в количестве 10–20 %, которое за счет активного поглощения влаги способствовало упрочнению отливок и ускорению процессов сушки.

Формование полуфабриката осуществлялось методом литья подготовленного шликера в специальные формы. После подвялки изделий до остаточной влажности 17 % производилась сушка в электрическом сушильном шкафу при температуре 100–110 °С до влажности 1,5–2,0 %. Обжиг изделий осуществляется в электрической печи в интервале температур 1200–1300 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Полученные образцы материалов характеризовались следующими физико-техническими свойствами: кажущаяся плотность 470–920 кг/м<sup>3</sup>, пористость 65 – 80 %, прочность при сжатии 0,35 – 2,50 МПа, теплопроводность 0,25 – 0,68 Вт/(м·К). Установлено, что с увеличением температуры синтеза кажущаяся плотность материала и механическая прочность при сжатии закономерно увеличиваются вследствие интенсификации процессов фазообразования, формирования стекловидной фазы, увеличения проникающей способности расплава. Анализ дифрактограмм синтезированных материалов позволил установить, что минеральный состав представлен преимущественно муллитом ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), кварцем ( $\alpha\text{-SiO}_2$ ) и кристобалитом ( $\text{SiO}_2$ ). Фазовый состав опытных образцов разных составов качественно не меняется. Наличие кристаллических фаз муллита и кристобалита обеспечивает требуемые прочностные характеристики материала. Анализ результатов электронно-сканирующей микроскопии показывает, что материал обладает значительной пористостью, равномерно распределенные по объему материала поры в основном сферической формы характеризуются средним размером около 750 мкм. На поверхности изломов фиксируются кристаллические образования в виде призм продолговатой формы, которые согласно габитусу кристалла можно идентифицировать как муллит. В структуре материала присутствуют участки со значительным количеством кристаллических фаз, которые располагаются как на поверхности, так и во внутренних полостях пор и аналогичны для образцов всех исследуемых составов.

Проведенные исследования показали возможность и целесообразность применения обогащенного мокрым способом каолинового сырья Беларуси, отработанных огнеупоров, а также отходов пенообразователей для получения ячеистых теплоизоляционных керамических материалов, что позволит расширить сырьевую базу керамической отрасли, ассортимент выпускаемой продукции, а также решить проблемы утилизации химических отходов.