

Студ. Д. Н. Хвесеня

Науч. рук. доц. И. М. Терещенко

(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯТОРОВ ГОРЯЧЕГО ВСПЕНИВАНИЯ

Пеностекло – теплоизоляционный стекловидный материал ячеистой структуры, причем доминирующей является закрытая пористость. При изготовлении пеностекла используется способность силикатных стекол размягчаться и пениться при температурах около 750–850 °С, при наличии в исходной шихте вспенивателей. По мере нарастания вязкости при охлаждении вспененной стекломассы до комнатной температуры получившаяся пена приобретает существенную механическую прочность.

Основной технологией производства пеностекла является так называемая «порошковая»: тонкоизмельчённое силикатное стекло ($S_{уд} = 5000–6000 \text{ см}^2/\text{г}$) смешивается с газообразователем, полученная однородная механическая смесь в формах, либо на конвейерной ленте поступает в специальную туннельную печь. В результате нагрева частицы стекла размягчаются до вязко-жидкого состояния, а углерод окисляется с образованием газообразных CO_2 и CO , которые и вспенивают стекломассу. Механизм реакции газо- и пенообразования достаточно сложен и не ограничивается только реакцией окисления углерода кислородом воздуха, более важную роль играют окислительно-восстановительные процессы взаимодействия углерода с SO_3 , растворенным в стекле (сульфатный механизм) [1].

Основные недостатки порошковой технологии: жесткая привязка к сырью – стеклу определенного химического состава; необходимость тонкого измельчения стекла; использование форм из жаростойкой стали; вспенивание порошка с низкой теплопроводностью при температуре 800–840 °С весьма затратно, кроме того необходимо бороться с градиентом температуры по толщине блоков; весьма сложный и длительный режим отжига. В итоге, цена за 1 м^3 блочного пеностекла достигала 300 у.е.

Гораздо лучше ситуация в производстве гранулированного пеностекла, более простого в технологическом и маркетинговом отношении в сравнении с блочным [2]. Идея ухода от порошковой технологии получения пеностекла была реализована путем перехода к производству гранулированного продукта. При этом термообработке подвергается не порошковая шихта, а предварительно гранулированный

полуфабрикат, что позволяет: снизить энергетические затраты за счет упрощения технологии вспенивания (отказ от металлических форм) и отсутствия необходимости отжига; существенно снизить чувствительность технологии к качеству сырья, что обеспечивает возможность использования несортного боя или низкосортного стекла; использовать получаемый продукт, как для производства блоков, так и щебня и даже гравия.

Себестоимость гранулированного продукта – 100–120 у.е. за м³, что не позволяет ему конкурировать на рынке с органическими теплоизоляционными материалами. Основную часть себестоимости данного продукта забирает на себя использование промышленного стекла, на получение которого уже затрачены большие средства. Таким образом, использование стеклобоя для производства вспененных продуктов в настоящее время нецелесообразно и может использоваться в особых случаях, один из которых описан ниже.

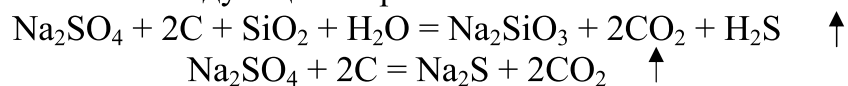
В Республике Беларусь существует предприятие ГО “Белресурсы”, которое занимается сбором у населения, сортировкой и измельчением использованных стеклотарных изделий с целью его рециклинга в стекольное производство. Продуктом переработки стеклосортировочного производства является стеклобой тарный, рассортированный по маркам: белый тарный, зелёный, коричневый. Сортировка предварительно измельченного стеклобоя осуществляется с помощью специальных оптических индикаторов. Проблема состоит в том, что фракция стекла менее 5 мм не поддается автоматической сортировке. В итоге образуется около 500 тонн в месяц измельченного стекла, которое не находит себе применение.

В связи со сложившейся ситуацией на кафедре технологии стекла и керамики БГТУ проведены работы по получению гранулированного пеностекла на основе полученных отходов. Были изучены и сравнены различные механизмы вспенивания исходных смесей (сульфатный и гидратный).

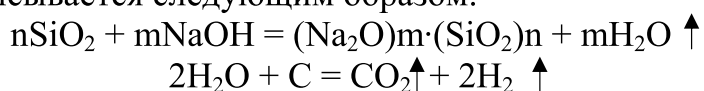
Традиционно для получения пеностекла используется сульфатный механизм вспенивания. Главным условием при этом механизме является использование специального сваренного стекла, содержащего в своем составе соединения шестивалентной серы (сульфатная сера S⁺⁶). В этом случае восстановление кислородных соединений серы S⁺⁶ приводит к понижению степени окисления серы до S⁺⁴ и преимущественно до S⁺². На практике это выражается в обязательном присутствии в составе готового продукта сероводорода (токсичного газа с запахом тухлых яиц) в ячейках или сульфидов в твердом теле. Последнее обстоятельство также приводит к обязательному образованию сероводо-

рода при взаимодействии стекла с парами воды, всегда содержащимися в воздухе.

Процесс образования газов вспенивания по классической технологии описывается следующим образом:



Однако существует возможность отказаться от использования серосодержащих стекол в технологии получения пеностекла. При такой технологии вспененный материал получается благодаря гидратному механизму вспенивания. При этом механизме для получения пеностекла используются другие реакции. В этом случае процесс газообразования описывается следующим образом:



В этом случае основным газом, вспенивающим стекло являются пары воды. Поэтому углерод, строго говоря, не нужен. Однако, расчеты показывают, а практика подтверждает, что без добавления углерода количество выделяющихся паров воды может вспенить композицию только до объемной массы примерно 450–500 кг/м³. Материал получается снежно-белого цвета. Добавление углерода в исходную композицию приводит к увеличению объема выделяющихся газов за счет окисления углерода парами воды и, соответственно, снижению объемной массы получаемого пеностекла. В результате получается возможность регулировать объемную массу получаемого материала.

Другой отличительной особенностью этого механизма является протекание реакции газообразования в любом, бесконечно малом объеме. Исходная композиция представляет собой готовое соединение – гидросиликат, которое при нагревании переходит в безводный силикат состава стекла. Иными словами, газообразование идет по всему объему и размер образующихся ячеек может быть сколь угодно малым.

В ходе работы изучено влияние технологических факторов на качество конечного продукта. Установлено, что определяющую роль на свойства получаемого материала играет дисперсность порошковой шихты, демонстрируемая на рис. 1.

Разработанный технологический процесс изготовления гранулированного пеностекла включает стадии измельчение стекольного боя до удельной поверхности 4500 см²/г, дозирование, смешение и увлажнение компонентов; гранулирование; вспенивание при температуре 825 °С и продолжительности 10 минут; фракционирование продукта.

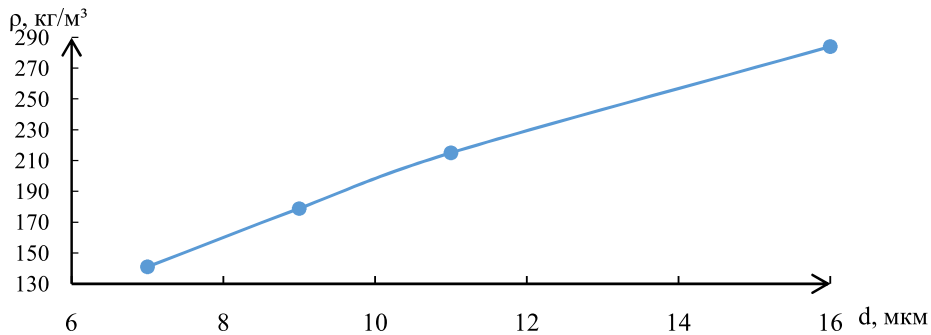


Рисунок 1 – Зависимость насыпной плотности вспененного материала от размера частиц исходного стеклобоя

В результате экспериментальной работы были получены гранулированные вспененные материалы по сульфатному и гидратному механизму со свойствами приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение сульфатного и гидратного механизмов вспенивания

Механизм вспенивания	Фракция, мм	Теплопроводность, Вт/м·К	Насыпная плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Механическая прочность при раздавливании, МПа
гидратный	2–4	0,062	161	14,0	1,2
сульфатный	2–4	0,081	312	0	1,8
гидратный	4–8	0,059	129	22,1	0,9
сульфатный	4–8	0,078	275	0	1,5

Как следует из приведенных данных, по гидратному механизму вспенивания получается материал с более высокими теплоизоляционными свойствами, а по сульфатному – химическими свойствами. В связи с этим, если условия эксплуатации требуют высокого уровня теплотехнических характеристик, и не требует высокой прочности и водостойкости, то следует получать гранулы по гидратному механизму. А если на первый план ставится высокий уровень прочности либо водостойкости, то следует получать материал по сульфатному механизму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидович, Б.К. Пеностекло / Б.К. Демидович. – М.: Гизлегпром, 1957. – 235 с.
2. Мелконян Р.Г., Белецкий Б.И., Мелконян Г.Р. Теория и практика производства силикатных пеноматериалов // Стекло мира, 2011. №1. – С. 32–59.