

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛА

Д.И. Сафончик, М.В. Лыщик

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Беларусь

email:d.Safonchyk@mail.ru

Приведены некоторые сведения о получении пеностекла, в производстве которого применен доломитовый материал. Проанализированы основные факторы, влияющие на качество пеностекла. Представлены экспериментальные данные подтверждающие, что при использовании доломитовой муки оптимальными параметрами являются те, которые позволяют получить размер пор около 2 мм при достижении средней плотности ниже 300 кг/м³. Указанные параметры достигнуты при температуре 830 °С.

Ключевые слова: пеностекло, доломит, каменный уголь, поры, тонкость помола.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF RECEIPT OF FOAMGLASS

D. Safonchik, V. Lishik

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus

email: d.Safonchyk@mail.ru

To the article some information is driven about the receipt of foamglass, dolomite material is applied in the production of that. Basic factors influencing on quality of foamglass are analysed. Experimental data are presented confirmative, that at the use of dolomite flour optimal parameters there are those that allow to get the size of pores an about 2 mm under reaching a middle closeness below 300 kg/m³. The indicated parameters are attained at the temperature of 830 °С.

Keywords: foamglass, dolomite, anthracite coal, pores, fineness of grade.

Качество пеностекла как теплоизоляционного материала определяется в первую очередь малым объемным весом, равномерным распределением пор по всему объему и максимально достижимой прочностью при заданном объемном весе [1].

По мнению Шилла Ф. [2] присутствие в пенообразующей смеси воды способствует более равномерному распределению газообразователя. Диспергирование стекол в жидких средах способствует ускорению этого процесса, а также снижает вязкость расплава в области температуры вспенивания пеностекла [3]. Но нет единого мнения о влиянии водяных паров на процесс вспенивания. Автор патента [4] указывает на изменение химизма процесса газообразования в пенообразующей смеси при ее нагревании и изменении скорости пенообразования в жидких средах.

Так, по данным различных исследователей [2;5] продолжительность подогрева пенообразующей смеси сильно различается (от 15 мин до 2-3 ч)[2;5].

Многими авторами в своих работах [1–3] рекомендуется поддерживать температуру спекания ниже температуры вспенивания до тех пор, пока вся масса не только полностью спечется, но и равномерно прогреется. В это время в печи, при использовании углеродсодержащих газообразователей, необходимо поддерживать восстановительную среду, чтобы избежать преждевременного выгорания газообразователя и чрезмерного остекловывания поверхности материала [2; 6]. Для этого можно использовать СО-содержащие дымовые га-

зы [2] или вспенивание производить в плотно закрытых формах. Что для карбонатных газообразователей не является обязательным условием.

Наиболее чувствительным параметром при вспенивании является температура, стабильность которой необходимо поддерживать в момент вспенивания [1]. По данным полученным Шиллом Ф. [2] для того чтобы вспенивание происходило равномерно по всей высоте рекомендуется форму нагревать больше снизу, чем сверху, что вызвано разницей гидростатических давлений столба силикатного расплава по высоте формы.

Согласно исследованиям Демидовича Б.К [1], важным является контролировать скорость подъема температуры до максимального значения с тем условием, чтобы шихта могла полностью прогреться. Также, контролируется скорость остывания, которая условно может делиться на 2 этапа: резкий сброс до температуры около 600 °С и плавное охлаждение до температуры в цеху со скоростью не более 0,7 °С/мин.

По данным автора, приведенным в работе [3], минимальное значение температуры вспенивания лимитируется способностью системы образовывать блочное стекло с объемной плотностью 0,15–0,45 г/см³, высшее значение температуры вспенивания ограничивается нарушением однородности пористой структуры стекла и увеличением объемного водонасыщения из-за сплошности стенок пор, объединения их в крупные поры, образования полостей и снижением экономической целесообразности процесса, что приведет к удорожанию готовой продукции.

Многие исследователи приводят различные данные о скорости отжига пеностекла, согласно которым отжиг изделий с одинаковыми размерами осуществляется по характерно отличающимся кривым. Согласно данным Т.Н. Кешишяна [7], пеностекло является материалом с особой неоднородной структурой, содержащим газовую, стекловидную и некоторую долю кристаллической фазы. Это условие в значительной мере осложняет процесс отжига изделий из пеностекла.

Помимо химического состава стекла, вида газообразователя и температурного режима на структуру, а, следовательно, и на свойства пеностекла влияет тонкость помола стекла и газообразователя.

По данным исследований [2], чем меньше размер зерен спекаемого материала, тем равномернее структура пеностекла, тем лучше его качество.

По приведенным данным в работах [1; 2], значения дисперсности ниже 6000 см²/г требуют повышенных расходов газообразователя (более 0,35 мас.%) и высоких температур вспенивания (840–860 °С), что приводит к получению блочного пеностекла с повышенной объемной плотностью, а, следовательно, повышенной теплопроводностью. Значения дисперсности в интервале 6000–20000 см²/г требуют меньших расходов газообразователя (0,15–0,35 мас.%), более низких температур вспенивания (790–820°С), и обеспечивают получение блочного пеностекла высокого качества с низкой объемной плотностью, и низкими значениями объемного водонасыщения, а следовательно низкой теплопроводностью. Использование стеклообразного щелочного алюмосиликата с дисперсностью более 20000 см²/г экономически и технологически нецелесообразно.

Таким образом, производство пеностекла позволяет варьировать качественными и теплофизическими свойствами конечного продукта путем изменения дисперсности сырьевых компонентов и температурно-временных режимов, что в свою очередь делает процесс получения пеностекла более гибким и изменяемым в зависимости от вида исходного сырья и требуемых характеристик конечного продукта.

Ввиду того, что каменный уголь не является характерным сырьем для нашего региона, исследована возможность использования в качестве газообразователей доломитового сырья.

Сохраняя все технологические параметры получения пеностекла с каменным углем проведен эксперимент с заменой каменного угля на доломитовую муку. Полученные образцы представлены на рисунке 1.

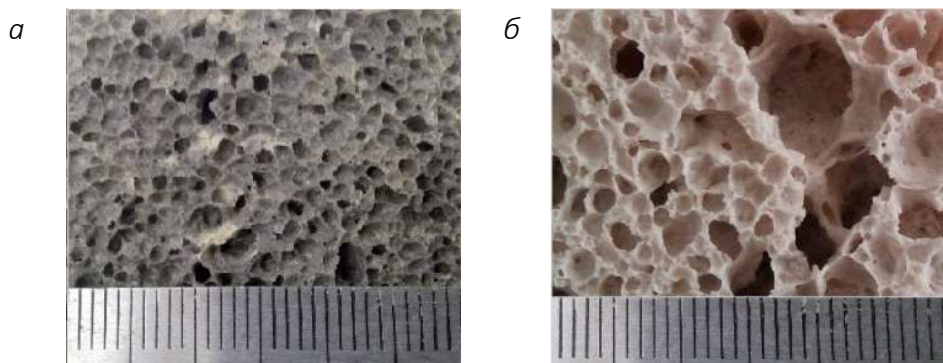


Рисунок 1. – Образцы пеностекла:
а – с каменным углем ($\rho=167 \text{ кг/м}^3$); *б* – с доломитовой мукой ($\rho=258 \text{ кг/м}^3$)

Анализируя структуру представленных образцов можем сделать вывод, что при использовании доломитовой муки не удастся получить структуру, аналогичную той, что получена с применением каменного угля. Поэтому, необходимо уточнять температурно-временной режим вспенивания и количество газообразователя, необходимого для вспенивания.

Сохраняя количество доломитовой муки, изменяли температуру вспенивания. Структура полученных образцов представлена на рисунке 2.

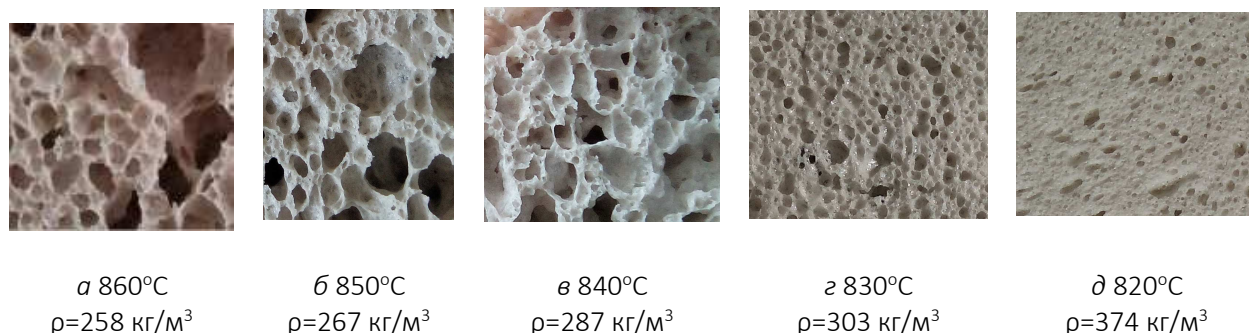


Рисунок 2. – Структура пеностекла с доломитовым газообразователем

Снижая температуру вспенивания с 860°C с шагом 10 °C наблюдаем увеличение плотности образцов. При этом, достигая температуры в 830°C структура материала становится более однородной, по сравнению с другими образцами. Плотность образца, полученного при температуре 820°C, значительно увеличилась по сравнению с образцом, полученным при 830 °C. Поэтому, для дальнейшей работы приняли температуру 830 °C как оптимальную для получения однородной поровой структуры.

Установлено, что для пеностекла с каменным углем равномерность распределения пор, их размеры (2 мм) и плотность материала (170 кг/м^3) наиболее оптимальны при температуре 860°C. При использовании доломитовой муки получение оптимальных показателей по равномерному распределению пор, их размеру (2 мм) и плотности (300 кг/м^3) достигается при температуре 830°C.

При выполнении дальнейших исследований установлено, что комбинирование скоростей подъема температуры (при резком подъеме до 600°C, когда стекло ещё не перешло в вязко-пластичное состояние, и замедлении скорости при дальнейшем увеличении температуры) позволяет сокращать продолжительность температурной обработки с 1,5 до 1 ч.

После того, как был установлен температурно-временной режим вспенивания пеностекла, провели эксперимент по определению оптимального содержания газообразователя в шихте. Для этого вводили различное количество газообразователя (доломитовой муки) при неизменном температурно-временном режиме. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

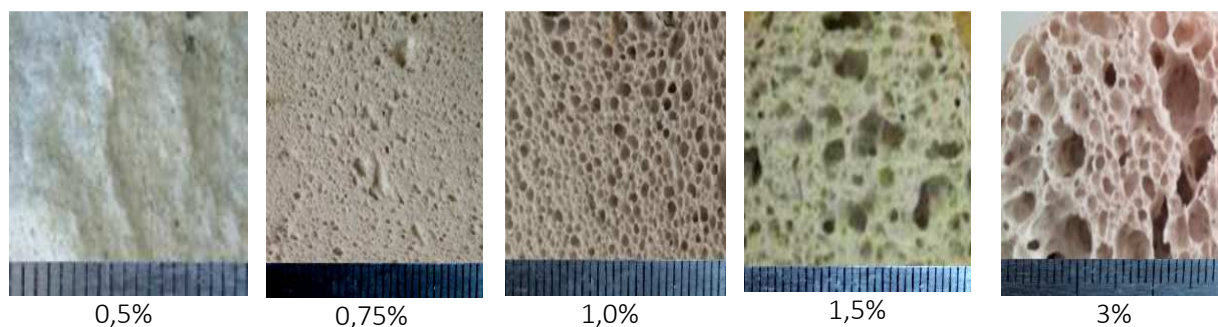


Рисунок 3. – Образцы пеностекла с различным количеством доломитового газообразователя

По рисунку 3 можно сделать вывод о том, что оптимальным количеством газообразователя является 1%, т.к. при этом образуется более однородная структура материала.

При производстве пеностекла основной целью является получение материала с равномерно распределёнными по объёму порами одинакового диаметра. Анализируя структуру полученных образцов, можно сделать вывод, что оптимальным размером для частиц стекла является размер от 3 мкм и меньше. Этому значению соответствует средний размер пор пеностекла 1,9 мм. Средний размер пор пеностекла при большем размере частиц применяемого стекла увеличивается, а поровая структура становится более разнородной.

При анализе полученных данных установлено, что при использовании доломитовой муки оптимальными параметрами являются те, которые позволяют получить размер пор около 2 мм при достижении средней плотности ниже 300 кг/м³. Указанных параметров можно достичь при температуре 830 °С и количестве газообразователя 1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидович, Б.К. Пеностекло / Б.К. Демидович. – Минск : Наука и техника, 1975. — 248 с.
2. Шилл, Ф. Пеностекло. Производство и применение / Ф. Шилл. – М. : Стройиздат, 1965. – 307 с.
3. Демидович, Б.К. Производство и применение пеностекла / Б.К. Демидович. – Минск : Наука и техника, 1972. — 304 с.
4. Кешишян, Т.Н. О зависимости механических свойств стекла от его склонности к кристаллизации / Т.Н. Кешишян, М.Б. Эпельбаум // Тр. Моск. хим.-технол. ин-та им. Д.И. Менделеева. – 1959. – Вып. 27. – С. 150–155.
5. Пеностекло : пат. 46335 ГДР, МКИ С 03 С 11/00.
6. Китайгородский, И.И. Стекло и керамика / И.И. Китайгородский. – М. : Гос. изд-во лит. по строит. материалам, 1950. – №4 — С. 3–6.
7. Бутт, Л.М. В сб. «Труды совещания по расширению производства и ассортимента теплоизоляционных и акустических материалов и применению их в строительстве и других отраслях народного хозяйства». – Рига, 1958. – С. 163–175.