

В.В. УНКОВСКАЯ, асп., ВНУ им. В. Даля, Северодонецк,

Т.Э. РЫМАР, канд. техн. наук, доц., ВНУ им. В. Даля, Северодонецк

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ХОЛОДНОЙ ПОРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ЖИДКОСТЕКЛЬНОГО ГРАНУЛЯТА

В данной работе исследованы свойства теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе вспученных жидкостекльных гранул и связующего, полученных путем холодного вспучивания с помощью различных газообразователей. Связующее состоит из натриевого жидкого стекла, наполнителя, отвердителя, поверхностно-активного вещества и газообразователя. Обоснован выбор газообразователей. Было подобрано оптимальное соотношение гранулированного материала и жидкостекльного связующего. Было изучено влияние количества и вида газообразователя на физико-механические свойства полученных вспененных блоков: плотность, предел прочности при изгибе, предел прочности при сжатии, водопоглощение, гигроскопичность. Определено оптимальное содержание разного газообразователя в системе связующего для получения теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: жидкое стекло, газообразователь, вспученные гранулы, связующее, вспенивание, отверждение, плотность.

Введение. Газонаполненные пластмассы – это двухфазные системы, состоящие из полимерной матрицы и относительно равномерно диспергированной газовой фазой. Такая структура пластмасс обуславливает некоторую общность их свойств, а именно – чрезвычайно малую массу, высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики [1].

В последние десятилетия растет интерес к возможности замены органических утеплителей неорганическими пеноматериалами, сочетающими низкую теплопроводность с термостойкостью и негорючестью. Среди последних весьма перспективными представляются щелочно-силикатные пеноматериалы (ЩСПМ), получаемые путем термического или холодного вспенивания водных растворов силикатов щелочных металлов (жидкого стекла). К основным преимуществам ЩСПМ, по сравнению с другими неорганическими утеплителями, относятся возможность достижения весьма низких значений кажущейся плотности и теплопроводности: до 60 кг/м^3 и $0,03 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ соответственно при сохранении достаточной прочности структуры. Оба эти достоинства связаны с равновесностью и гомогенностью осно-

© В. В. Унковская, Т. Э. Рымар, 2015

вного компонента сырьевых смесей ЩСПМ – жидкого стекла.

Наиболее разработана технология получения щелочносиликатных пеноматериалов горячего вспенивания. Основным преимуществом горячего вспенивания является возможность достижения у пеноматериалов минимально возможных значений кажущейся плотности и теплопроводности и максимально возможной химической стойкости (водо- и паростойкости). Недостатками технологий горячего вспенивания силикатов щелочных металлов являются повышенная энергоёмкость и чрезвычайная трудность получения пеноматериалов в плитной форме вследствие плохого прогрета внутренних слоев плиты из-за низкой теплопроводности вспучившихся наружных слоев.

Этого недостатка лишены технологии получения щелочно-силикатных утеплителей путем вспенивания жидкостекольных сырьевых смесей при комнатной или слегка повышенной температуре за счет постороннего газообразователя. ЩСПМ холодного вспенивания обладают такими важными преимуществами перед ЩСПМ горячего вспенивания, как малая энергоёмкость и простота технологии производства, а также более низкая теплопроводность и более высокая прочность при равной кажущейся плотности – за счет большей доли закрытых пор [2]. Холодным вспениванием, однако, не удается получить прочные и безусадочные материалы. Данные свойства можно повысить путем введения вспученных гранул в жидкостекольную композицию.

Математическая модель. Пеноматериалы получают путем смешения гранул и компонентов сырьевых смесей в определенных формах, в которых они вспениваются и затем сушатся при температуре окружающей среды. Для получения пеноматериалов используется двухкомпонентная система связующего и вспученные гранулы. Первый компонент связующего представляет собой смесь жидкого стекла, газообразователя (перекиси водорода + перманганат калия или NaOH + алюминиевая пудра) и пеностабилизатора, готовится путем тщательного перемешивания до полного растворения компонентов. Реакция разложения перекиси водорода идет с выделением кислорода (который служит вспенивающим агентом) и выглядит следующим образом:

- сначала идет процесс (уравнение реакции 1):



- затем по мере появления диоксида марганца начинается конкурирующий процесс (уравнение реакции 2):



Алюминий же реагирует со щелочью (которая предварительно вводится в ЖС) с выделением водорода (уравнение реакции 3):



Второй компонент связующего – смесь сухих составляющих композиции: отвердителя и наполнителя. Далее при перемешивании в первый компонент добавляем второй. Затем связующее выливается в форму с гранулами, где происходит вспенивание и одновременное отверждения композиции. Сушка пенопласта происходит в течение 7 – 10 суток (по истечении этого времени достигается постоянная масса образца, что свидетельствует о полном удалении влаги и происходит максимальный набор прочности пеноматериала), после чего готовое изделие можно вводить в эксплуатацию.

На основании предварительно проведенных экспериментов было подобрано оптимальное соотношение гранулированного материала и жидкостекольного связующего. Оптимальным соотношением является 1 масс. ч. гранул к 2,5 масс. ч. связующего. При меньшем количестве связующего оно не покрывает гранулы, и поверхность блока становится бугристой. При большем количестве связующего увеличивается плотность блока.

В качестве газообразователей для вспенивания жидкостекольных композиций наиболее часто используются металлические газообразователи, действие которых основано на гетерогенной реакции металла со щелочным раствором, сопровождающейся выделением водорода.

Действие газообразователей химического типа основано на жидкофазной реакции разложения (H_2O_2 , выделяющей кислород). Наилучшим сочетанием свойств обладает алюминий.

Существенным недостатком его является сильная зависимость скорости и объема газовыделения от состояния поверхности частиц и от рН сырьевой смеси.

Этого недостатка лишен пероксид водорода (применяется совместно с KMnO_4), что с учетом близкого значения газовыделения на единицу стоимости позволяет считать его весьма перспективным вспенивателем.

Ниже приведены графики, которые позволяют исследовать влияние количества и вида газообразователя на свойства блочного теплоизоляционного материала.

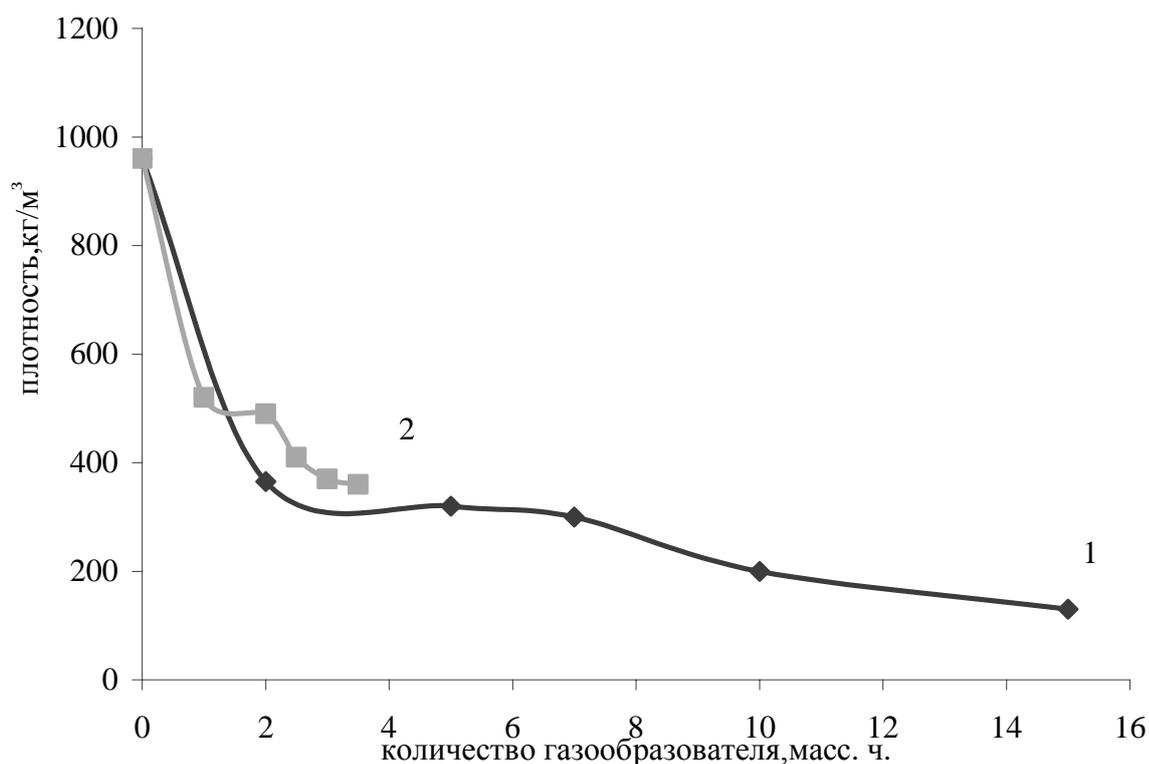


Рис. 1 – Влияние количества газообразователя на плотность материала: 1 – перекись водорода; 2 – алюминиевая пудра.

Согласно графику можно сделать вывод о том, что наименьшая плотность наблюдается при использовании перекиси водорода в количестве 15 масс. ч. и составляет 130 кг/м^3 . При использовании перекиси водорода в количестве 2 – 9 мас.ч. газообразователя недостаточно для вспенивания смеси, гранулы не полностью покрыты отвержденным связующим и выступают, из-за чего поверхность блока бугристая, а плотность таких блоков составляет $365 - 220 \text{ кг/м}^3$. Из графика видно, что при использовании алюминиевой пудры наименьшая плотность наблюдается в количестве 3,5 масс. ч. и составляет 300 кг/м^3 . Дальнейшее увеличение содержания газообразователя в связующем приводит к значительному падению прочности блоков.

Данные рис. 2 показывают, что при 10 % деформации сжатия наибольшим пределом прочности, который составляет 0,697 МПа характеризуется материал, для изготовления которого использовалась перекись водорода в количестве 2 масс. ч., но такой материал имеет высокую плотность, равную 365 кг/м^3 .

Так как при увеличении количества газообразователя снижается плотность блоков и увеличивается размер пор, это приводит к снижению прочности материала (для 15 масс. ч перекиси водорода предел прочности блока состав-

ляет на изгиб – 0,3 МПа, на сжатие – 0,431 МПа, в случае алюминиевой пудры для самого большого содержания – 3,5 масс. ч. – прочность при изгибе и сжатии составляют соответственно 0,578 и 0,621 МПа). При 10 % деформации сжатия наибольшим пределом прочности, который составляет 0,831 МПа, характеризуется материал, для изготовления которого использовалась алюминиевая пудра в количестве 1 масс. ч., однако плотность такого материала достаточно высокая и составляет 520 кг/м³.

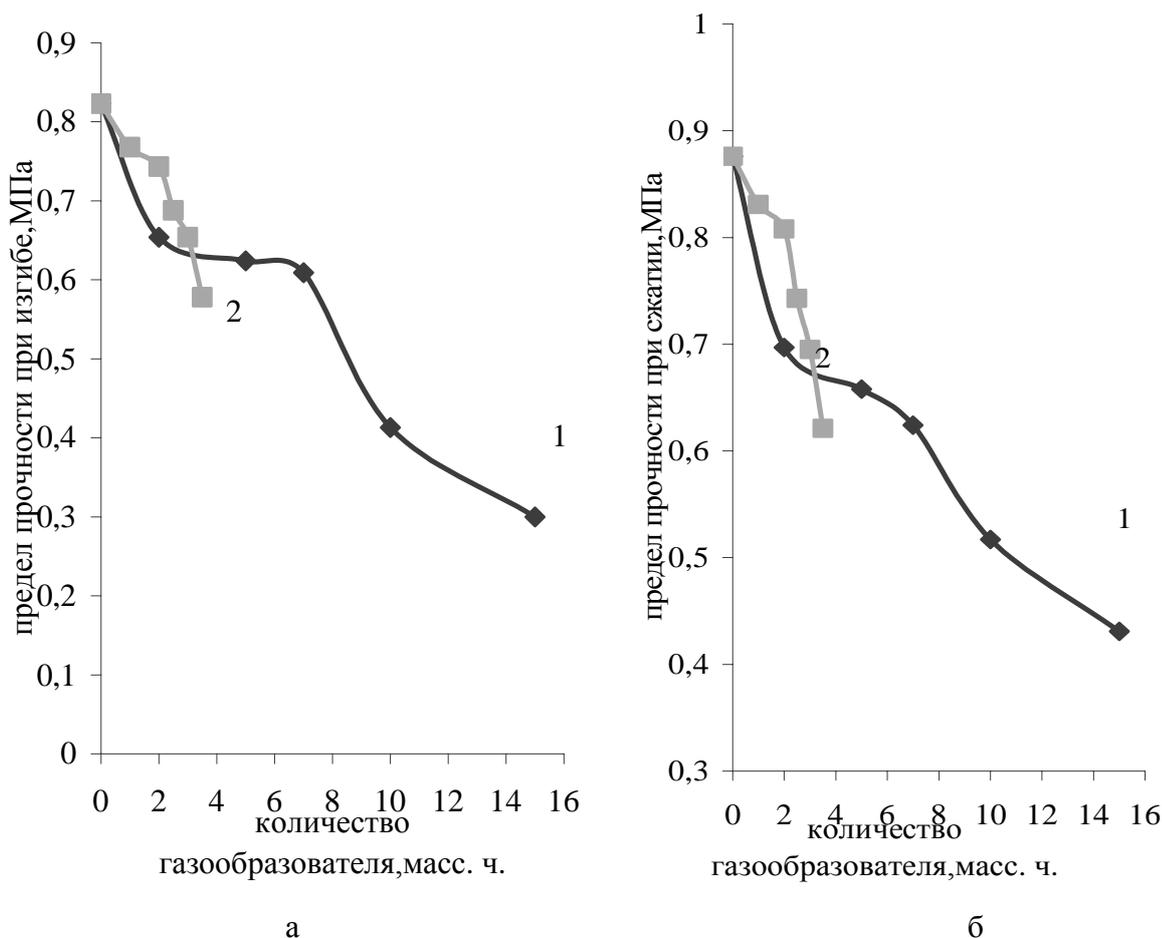


Рис. 2 – Влияние количества газообразователя на предел прочности: а – при изгибе; б – при сжатии (1 – перекись водорода; 2 – алюминиевая пудра).

Как видно из рис. 3, увеличение показателей водопоглощения и гигроскопичности зависит от увеличения количества газообразователя (как для перекиси водорода, так и для алюминиевой пудры) в составе связующего.

При минимальном содержании перекиси водорода (2 масс. ч.) водопоглощение составляет всего 29,8 %, а сорбционная влажность 12,4 %, так как плотность данного блока самая высокая – 365 кг/м³, а значит, пористость является низкой.

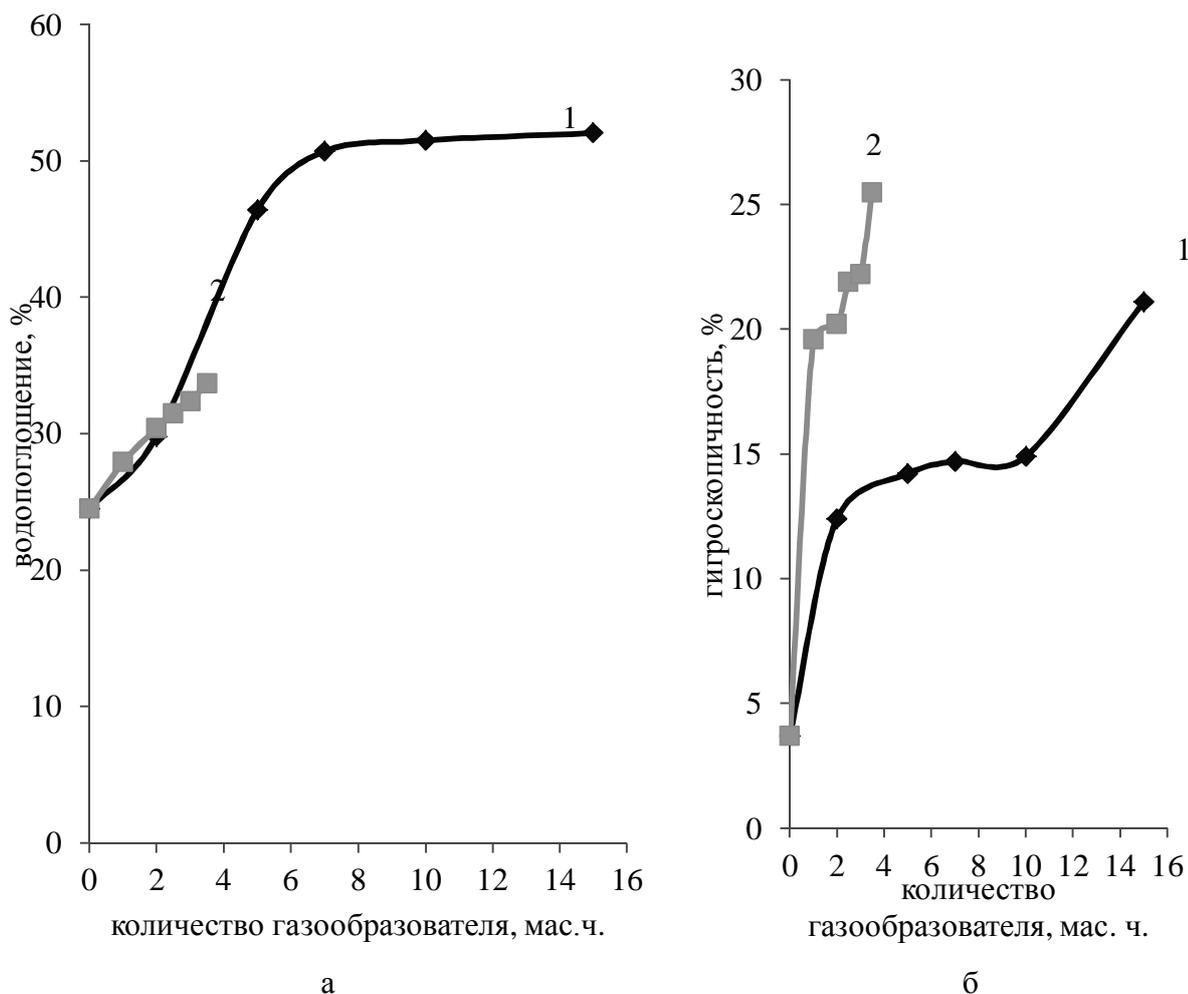


Рис. 3 – Влияние количества газообразователя на: а – водопоглощение; б – гигроскопичность (1 – перекись водорода; 2 – алюминиевая пудра).

При дальнейшем увеличении содержания газообразователя уменьшается плотность блоков, увеличивается их пористость, а, следовательно, растет водопоглощение и гигроскопичность. Например, водопоглощение блоков с содержанием 15 масс. ч. H_2O_2 составляет 52,4 %, а гигроскопичность 21,1 %.

При увеличении содержания алюминиевой пудры в составе связующего возрастают и показатели водопоглощения и сорбционной влажности. При минимальном содержании газообразователя (1,0 масс. ч) водопоглощение составляет всего 27,9 %, а сорбционная влажность 19,6 %, так как плотность данного блока самая высокая – 520 кг/м^3 .

При дальнейшем увеличении содержания алюминиевой пудры уменьшается плотность блоков, а, следовательно, растет водопоглощение и гигроскопичность. Например, водопоглощение блоков с содержанием 3,5 масс. ч. алюминиевой пудры составляет 33,7 %, а гигроскопичность 25,5 %.

Можно сделать вывод, что более низкими показателями водопоглоще-

ния обладают блоки с применением алюминиевой пудры. Это говорит о том, что в данном типе пеноматериала более закрытопористая структура.

Выводы.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальным количеством перекиси водорода в составе связующего является 10 мас.ч. При таком содержании газообразователя образцы обладают достаточно низкой плотностью – 200 кг/м^3 , прочностные показатели данного типа образцов достаточно высоки и составляют 0,413 МПа для предела прочности при изгибе и 0,517 МПа для предела прочности при сжатии, водопоглощение составляет 51,5 %, а гигроскопичность – 14,9 %.

Оптимальным количеством алюминиевой пудры в составе связующего является 3,5 масс. ч. При таком содержании газообразователя образцы имеют плотность – 300 кг/м^3 , предел прочности составляет: 0,578 МПа – при изгибе, и 0,621 МПа – при сжатии, водопоглощение – 33,7 %, а гигроскопичность составляет 25,5 %. Сравнивая оба типа газообразователя, можно сделать вывод, что лучшим газообразователем является алюминиевая пудра. Хотя наименьшая плотность блоков достигается при применении перекиси водорода, но прочность таких блоков ниже, чем в случае блоков с алюминиевой пудрой.

Список литературы: 1. Вспененные полимеры: классификация, сравнительная характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://plastinfo.ru/information/articles/46/>. 2. *Малявский Н.И.* Щелочно-силикатные утеплители. Свойства и химические основы производства [Электронный ресурс] / *Н.И. Малявский*. – Режим доступа: <http://bent.ru/modules/Articles/article.php?storyid=359>.

References: 1. Vспененные polimery: klassifikacyja, sravnitel'naja harakteristika (Foamed polymers: classification, comparative characteristics) [Elektronnyj resyrs]. – Access mode: <http://plastinfo.ru/information/articles/46/>. 2. *Maljavskij N.I.* Shhelochno-silikatnye utepliteli. Svoystva i himicheskie osnovy proizvodstva (The alkali-silicate insulation. Properties and chemical bases of production) [Elektronnyj resyrs] / *N.I. Maljavskij*. – Access mode: <http://bent.ru/modules/Articles/article.php?storyid=359>.

Поступила (Received) 14.05.15