

Д. т. н. Н. В. Гревцев, д. т. н. С. Я. Давыдов (✉), к. т. н. И. А. Тяботов,
Л. Н. Олейникова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

УДК 666.32+665.7.032.53

ПРОИЗВОДСТВО ПОРИЗОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫГОРАЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ТОРФА

Показана целесообразность организации производства легких пористых материалов: поризованного керамического кирпича и поризованного блока с использованием выгорающих добавок на основе модифицированного фрезерного торфа. Проведен сравнительный анализ качественных показателей опытных образцов и известных аналогов поризованной керамики. По разработанной рецептуре могут быть изготовлены поризованные кирпичи не только на уровне существующих аналогов, но и с более высокими эксплуатационными теплофизическими показателями свойств.

Ключевые слова: *выгорающие добавки, модифицированный торф, поризованные керамические материалы, поризованный кирпич, поризованные блоки.*

Актуальность разработки технологии получения легких поризованных материалов — поризованного керамического кирпича и поризованного блока обусловлена необходимостью повышения эффективности энергопотребления и энергосбережения при устройстве инженерных систем зданий.

Решением проблемы повышения эффективности энергопотребления и энергосбережения при устройстве инженерных систем зданий являются разработка и промышленный выпуск поризованных керамических стеновых материалов, отвечающих современным требованиям по теплозащите зданий. Комплексные исследования теплозащитных качеств и влажностного режима наружных стен кирпичных зданий подтвердили, что решить проблему повышения их теплозащиты можно созданием и применением нового поколения эффективных поризованных керамических материалов.

Технический результат поризации керамических материалов достигается применением в качестве выгорающей добавки модифицированного торфа, который получают путем жесткого экструзионного формования гранул из увлажненных торфяных композиционных смесей, их упрочнения в процессе сушки и последующего пиролиза. Выгорающую добавку вводят в глиняное сырье непосредственно перед формованием [1–3].

Уникальность торфа как природного образования состоит в том, что он благодаря большому разнообразию органических и неорганических компонентов является универсальным структурообразователем. Определяющее значение в этом принадлежит содержащимся в торфе гуминовым веществам. Емкость обмена гуминовых веществ может достигать до 500 мг-экв/100 г сухого вещества.

Ионообменная способность торфа изменяется в пределах от 100 до 250 мг-экв/100 г сухого вещества, 65–70 % емкости обмена приходится на долю гуминовых веществ, 20–30 % — на долю углеводного комплекса и 5–10 % на долю негидролизующего остатка — лигнина.

Торф и глинистые материалы по своим свойствам объединяются высокой дисперсностью, гидрофильностью, способностью к сорбции и ионному обмену. Высокая чувствительность структуры торфа к ионообменным процессам при его добавлении к глинистым системам дает возможность управления структурообразованием и обеспечения оптимальных условий для него в процессе сушки и обжига керамического образца. Высокая дисперсность торфа при перемешивании с глинистым сырьем обеспечивает однородность структуры композиционных смесей, а гидрофильность торфа и глины обеспечивает прочные контакты между компонентами смеси и необходимую плотность формируемых материалов.

Важно отметить, что концентрацию дисперсной фазы, при которой происходит качественное изменение свойств дисперсной системы, называют критической концентрацией структурообразования. При достижении критической

✉
С. Я. Давыдов

E-mail: davidovtrans@mail.ru

концентрации дисперсной фазы в системе самопроизвольно возникает пространственная структура из взаимодействующих между собой частиц. Взаимодействие частиц через тонкую прослойку жидкой фазы приводит к формированию коагуляционных контактов. После разрушения пространственных структур смеси в процессе перемешивания контакты обратно восстанавливаются, т. е. смесь обладает тиксотропией.

Выгорающие добавки, которые обычно используют в технологических процессах, как правило, имеют высокую влажность. В предложенном техническом решении выгорающие добавки могут иметь низкую влажность, поскольку имеют форму гранул с прочной оболочкой и значительно медленнее поглощают влагу из глиняного сырья, не увеличивая концентрацию дисперсной фазы. Кроме того, выгорающие добавки вводят в глиняное сырье непосредственно перед формованием с минимальным временем на поглощение влаги выгорающими добавками из глиняного сырья. После формования глиняного сырья равномерно распределенные по объему сформованного кирпича выгорающие добавки постепенно поглощают влагу. При этом ускоряются структурообразование и коагуляционные процессы в глиняном сырье. Выгорающие добавки способствуют более равномерной сушке во всем объеме кирпича и, следовательно, уменьшению возникающих при сушке напряжений, что повышает качество готовой продукции.

Внешне спекание керамики проявляется в изменении размеров поризованных кирпичей под воздействием температуры. Наиболее часто размеры уменьшаются, что обусловлено поверхностной и объемной диффузией, сопровождаемой сближением частиц, вызывающим усадку материала.

В органоминеральной системе торф — минеральный дисперсный материал, при температур-

ном воздействии органическое вещество торфа начинает деструктурироваться с образованием газообразных, жидких и твердых компонентов. Жидкие продукты пиролиза сорбируются на минеральных зернах. По данным работы [4], наиболее эффективен температурный диапазон 180–230 °С, так как при более низких температурах разложения органического вещества торфа недостаточно для протекания процесса гидрофобизации.

Сырьем при выполнении исследовательских работ служила глина, предоставленная Ревдинским кирпичным заводом, двух видов: 1 — «тощая» плотностью 1720 кг/м³ и 2 — «жирная» плотностью 1800 кг/м³ (табл. 1).

В качестве выгорающих добавок использовали фрезерный торф переходного и низинного типов, модифицированный торф, отсеvy угольного кокса, каменноугольный пек и органическую белую землю.

Широкий выбор выгорающих добавок был обусловлен, с одной стороны, сопоставимостью полученных результатов, а с другой — для выяснения особенностей торфяных выгорающих добавок. Фрезерный торф переходного типа отличается от фрезерного торфа низинного типа меньшими значениями степени разложения, зольности и содержания гуминовых веществ. Переходный фрезерный торф характеризуется, %: степенью разложения 15, зольностью 4,5, содержанием гуминовых веществ 30,4; низинный фрезерный торф — степенью разложения 35, зольностью 17, содержанием гуминовых веществ 42,4.

В результате были получены композиционные смеси с концентрацией выгорающих добавок от 10 до 35 %. Для придания смеси пластичности в нее добавляли определенное количество воды. При добавлении воды смесь тщательно перемешивалась.

Формование образцов из приготовленной пластифицированной смеси осуществляли дву-

Таблица 1. Характеристика поризованных керамических образцов

Образец	Состав образца		Концентрация поризующей добавки, %	Кажущаяся плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа
	глина	торф			
1	1	Модифицированный	12,5	1390	—
2	1	»	20,0	1170	—
3	1	Каменноугольный кокс	13,0	1440	4,8
4	1	»	33,0	1120	0,8
5	1	—	—	1720	15,4
6	1	Модифицированный	12,5	1350	6,5
7	1	»	20,4	1240	4,8
8	1	»	24,2	1100	4,0
9	1	»	27,0	1030	2,4
10	1	»	13,0	1480	6,8
11	1	»	15,0	1390	4,4
12	1	»	21,0	1140	3,2
13	2	—	—	1800	15,2
14	2	Модифицированный	15,5	1210	4,0
15	2	»	21,0	1060	2,8
16	2	»	27,0	950	1,4
17	2	Модифицированный с поверхностной гидрофобизацией	32,0	850	0,9

мя способами. При первом способе определенный объем подготовленной смеси помещали в пресс-форму и формование образца проводили на гидравлическом лабораторном прессе под давлением 6,0–8,0 МПа. При втором способе образцы формовали методом экструзии. В этом случае требуемое давление (до 3,0 МПа) создавали шнеком лабораторной установки при продавливании композиционной пластичной смеси через насадку мундштука.

Приготовленные композиционные образцы в зависимости от состава смеси имели влажность от 19 до 30 %. Сушку образцов осуществляли при 25–30 °С. Обжиг высушенных образцов проводили в муфельной печи при 850–1000 °С.

Экспериментально установлено, что полная линейная усадка поризованных керамических образцов, представляющая собой изменение линейных размеров образца в результате сушки и обжига, находится в пределах 3–4,6 %.

После охлаждения муфельной печи образцы поризованной керамики извлекали и использовали для измерения кажущейся плотности, предела прочности при сжатии, водопоглощения.

Предел прочности при сжатии поризованных керамических образцов определяли по ГОСТ 8905. водопоглощение — по ГОСТ 7025 в течение 2 ч.

Исследование влияния концентрации выгорающей добавки на кажущуюся плотность поризованной керамики показало, что керамику плотностью 850–950 кг/м³ можно получить при концентрации выгорающей добавки в виде модифицированного торфа не менее 30 % (см. табл. 1).

При этом установлено, что кажущаяся плотность поризованной керамики зависит также от качества глинистого сырья. Так, плотность поризованных керамических образцов из «жирной» (пластичной) глины при прочих равных условиях была ниже на 8–12 % (рис. 1).

Таким образом, экспериментально установлена возможность получения поризованной керамики кажущейся плотностью 850–1000 кг/м³ при использовании выгорающей добавки на основе модифицированного торфа.

Для испытания поризованных образцов на сжатие применяли гидравлический пресс. Для соединения и выравнивания поверхности образцов применяли цементный раствор с водоцементным отношением 0,34–0,36. Образцы после изготовления выдерживали не менее 3 сут.

В результате экспериментальных исследований прочности поризованных керамических образцов установлено, что поризация снижает их предел прочности при сжатии. Предел прочности при сжатии поризованных образцов кажущейся плотностью 850–950 кг/м³ составляет 0,9–1,4 МПа (см. табл. 1, рис. 2).

Эффективность поризации керамических образцов за счет введения выгорающих добавок

на основе торфа можно оценить коэффициентом поризации. Коэффициент численно равен отношению изменения кажущейся плотности керамического образца при поризации к кажущейся плотности непоризованной керамики, выраженному в процентах. Анализ экспериментальных данных показал, что между коэффициентом поризации и концентрацией выгорающей добавки в рассматриваемых пределах имеет место зависимость, показанная на рис. 3.

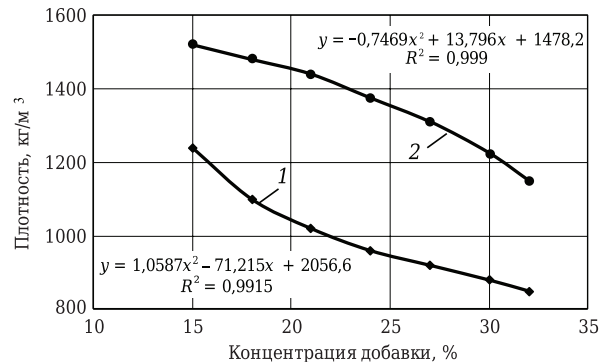


Рис. 1. Зависимость плотности поризованных керамических образцов от концентрации выгорающей добавки и способа уплотнения: 1 — прессование; 2 — экструзия; x — концентрация добавки; y — плотность; R^2 — коэффициент достоверности аппроксимации

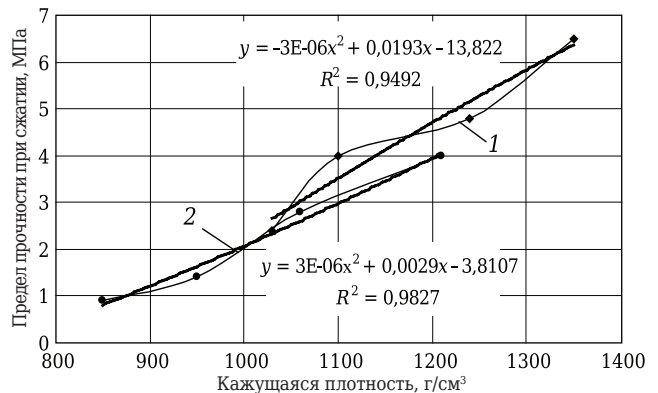


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии поризованных керамических образцов, изготовленных из глины 1 и 2 (указаны на кривых), от их кажущейся плотности

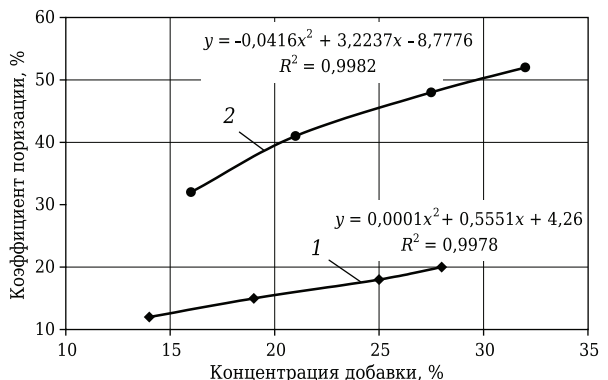


Рис. 3. Зависимость коэффициента поризации образцов, изготовленных из глины 1 и 2 (указаны на кривых), от концентрации выгорающей добавки

Таблица 2. Сравнительный анализ качественных показателей поризованной керамики

Качественные показатели	Образец (см. табл. 1)				Аналог
	12	15	16	17	
Плотность полнотелого разрабатываемого поризованного кирпича	1140	1060	950	850	Кирпич керамический поризованный, ГОСТ 930–95. Плотность полнотелого поризованного кирпича 1270 кг/м ³
Средняя плотность разрабатываемого поризованного кирпича при пустотности 30 %	875	815	730	655	Средняя плотность поризованного кирпича при пустотности 47 % составляет 865 кг/м ³

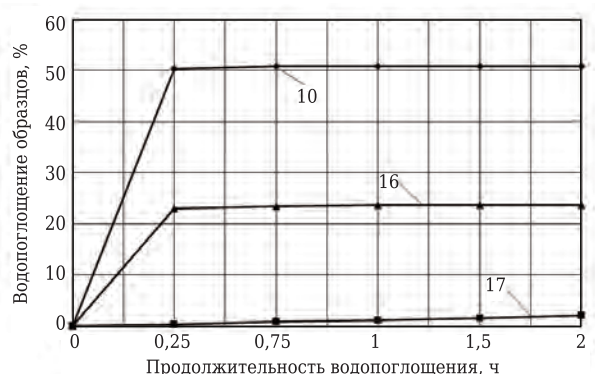


Рис. 4. Результаты исследования водопоглощения керамических образцов (указаны на кривых, см. табл. 1)

Численно водопоглощение определяли как отношение поглощенной воды к начальной массе поризованного керамического образца. Величину водопоглощения определяли с учетом кинетики процесса за 0,25, 0,75, 1,0, 1,5 и 2 ч пребывания образцов в воде.

В результате было установлено, что водопоглощение образцов зависит от кажущейся плотности и концентрации выгорающей добавки (рис. 4). Кроме того, используя акриловую грунтовку, можно добиться эффекта гидрофобизации за счет образования тупиковых пор в поверхностном слое керамики.

В результате исследований установлено также, что при использовании выгорающей добавки

на основе модифицированного фрезерного торфа в промышленности строительных материалов можно производить полнотелую поризованную керамику кажущейся плотностью 850 кг/м³ при гарантированном получении продукции с заданными качественными показателями за счет комплекса технологических способов и приемов, в том числе:

- обработки паром композиционной смеси при перемешивании;
- введения пластифицирующих и связующих добавок;
- термопластифицирования смеси;
- подбора торфяного сырья для получения модифицированного поризующего фрезерного торфа и других поризаторов на основе торфа.

Заключение о пригодности для строительства предлагаемого поризованного керамического кирпича сделано на основании сравнительного анализа качественных показателей опытных образцов и известных аналогов поризованной керамики (табл. 2).

Анализ полученных результатов свидетельствует, что по рецептуре образца 12 могут быть произведены поризованные кирпичи на уровне существующих аналогов (ГОСТ 930. Кирпич керамический поризованный), по рецептуре образцов 15–17 могут быть изготовлены керамические поризованные кирпичи с более высокими эксплуатационными теплофизическими свойствами.

Библиографический список

1. Золотарский, А. З. Производство керамического кирпича / А. З. Золотарский, Е. Ш. Шейман. — М.: Высш. шк., 1989. — 264 с.
2. Пат. 2422409 РФ. Способ производства поризованного строительного кирпича / Косарев Н. П., Гревцев Н. В., Тяботов И. А., Рязанов А. Г., Верхотуров И. М. — № 2010101916/03; заявл. 21.01.10; опубл. 27.06.11.
3. Хорошавин, Л. Б. Шпинелидные наноогнеупоры / Л. Б. Хорошавин. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009. — 600 с.

4. Мисников, О. С. Гидрофобизация минеральных дисперсных материалов добавками на основе торфа / О. С. Мисников, А. Е. Тимофеев, Е. Ю. Черткова // Тр. ИНСТОРФА. — 2010. — № 2 (55). — С. 15–33. ■

Получено 21.02.17

© Н. В. Гревцев, С. Я. Давыдов, И. Я. Тяботов, Л. Н. Олейникова, 2017 г.