

*Технические науки***ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Дмитриев К.С.

*НИИ Глобал ЭМ (ООО «НИИ ГЭМ»),  
Санкт-Петербург, e-mail: dm-konstantin@mail.ru*

Задачи по решению вопросов, связанных с энергоэффективностью и энергосбережением, являются приоритетными научными направлениями во многих развитых странах. В строительной отрасли эти проблемы связаны, прежде всего, с развитием производства и применением эффективных стеновых материалов и изделий. Снижение топливных издержек и материалоемкости при производстве, повышение коэффициента конструктивного качества строительных материалов и изделий, улучшение их теплофизических характеристик – основные перспективы развития мирового строительного кластера. Обозначенные проблемы уже решаются путем расширения выпуска стеновых изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также заменой мелкоштучных изделий крупноформатными [1].

Керамические кирпичи и камни как основные стеновые материалы используются повсеместно в частном и многоэтажном строительстве. Обожжённые изделия из глины обладают долговечностью, огнестойкостью, экологичностью, архитектурной выразительностью и необходимыми физико-механическими показателями, уступая по уровню комфорта жилья только стене из деревянного бруса [2, 3].

Технология изготовления плотных и облегченных керамических изделий известна давно, но для обеспечения современных теплофизических показателей зданий необходимо использовать эффективные утеплители. Самыми популярными среди них являются два представителя – минеральная вата и пенополистирол. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Но в качестве утепления стен зданий предпочтительно используется минеральная вата. Так как этот материал нельзя подвергать прямым атмосферным воздействиям, строителям приходится использовать различные отделочные системы фасадов, применение которых ведет к неминуемому усложнению строительного производства, по сравнению со стеной, выполненной только из керамического кирпича или камня. Для обеспечения однородности показателей тепло- и массопереноса стены оптимально возводить ее из родственных строительных материалов, т.е. в добавление к плотному керамическому кирпичу использовать высокопористую керамику [4].

Выделяют следующие способы создания пористой структуры в технологии теплоизоляционных изделий:

- вспучивание;
- удаление порообразователя;
- неплотная упаковка;
- контактное омоноличивание;
- объемное омоноличивание;
- создание комбинированных структур [5].

Для стеновой керамики находят применение все вышеуказанные способы, однако в подавляющем большинстве на практике используют два основных способа: удаление порообразователя и пустотообразование.

Выпускаемые высокопустотные керамические изделия имеют определенные недостатки:

- трещины, возникающие в плоскости вертикальных швов при эксплуатации конструкции;
- сниженная прочность кладки по сравнению с кладкой из полнотелых изделий из-за раскливающего действия кладочного раствора, частично затекающего в пустоты и вызывающего растягивающие напряжения в конструкции;
- низкие значения морозостойкости (F35 и менее) и др.

Также широкое распространение получили керамические изделия, полученные методом удаления порообразователя, введенного в состав исходной керамической массы. Данный способ позволяет уменьшить расход топлива, эффективно понизить плотность изделий, применять побочные продукты промышленности и пр. В качестве выгорающих добавок используются опилки, уголь, зола, пенополистирол, побочные продукты бумажной, угольной промышленности и др. [6].

Для получения ячеистой структуры применяется и активно развивается метод газообразования, использующий алюминиевую пудру.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» разработал сырьевую смесь для изготовления керамических теплоизоляционных строительных материалов, включающую глинистый компонент, корректирующую добавку, щелочную добавку, вяжущее и газообразователь – алюминиевую пудру. Полученные изделия имеют прочность при сжатии 3,7 и 4,9 МПа и среднюю плотность 440 и 550 кг/м<sup>3</sup> соответственно.

Государственный научно-исследовательский институт строительных материалов и изделий разработал технологию получения теплоэффективных керамических изделий. Сырьевая смесь состоит из следующих компонентов, % по массе: риолит (вулканическое стекло) 65–90, жидкое стекло или известь 10–35. Процесс по-

ризации смеси достигается путем интенсивного перемешивания под избыточным давлением. Физико-механические показатели готовых изделий: средняя плотность 740–780 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии 5,0–5,6 МПа, коэффициент теплопроводности 0,15–0,16 Вт/м·К.

Крутов Ю.М. и Гаврилюк А.Ю. расширили технологию вспучивания глин, создав способ получения пенокерамики, включающий в себя перемешивание глинистого сырья или смеси глинистого сырья и наполнителя со вспенивающим и стабилизирующим форму агентом, формирование и обжиг изделий, в качестве вспенивающего и стабилизирующего форму агента используют водный раствор силиката натрия или калия плотностью 1350 кг/м<sup>3</sup>, а на полученную смесь воздействуют сверхвысокочастотным электромагнитным излучением с частотой поглощения водой указанного излучения до образования вспученной массы, которую пропускают через отверстие, для получения изделий заданной отверстием формы, ее отверждение, при следующем соотношении компонентов, % по массе: глинистое сырье 55–60, указанный водный раствор силиката 40–45.

ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» разработал способ получения пенокерамических изделий, включающий в себя совместное перемешивание измельченной глины, заполнителя (молотый бой кирпича), выгорающей (древесные опилки фракции 0,25–0,315 мм), стабилизирующей (портландцемент) и флюсующей (молотое стекло и отходы травления алюминия плотностью 1,05–1,30 г/см<sup>3</sup>) добавок, жидкого стекла, пластификатора, воды и вспенивающего агента (отдельно приготовленная пена на основе пенообразователей ПБ – 2000), формование, сушку и обжиг. Предел прочности при сжатии полученных образцов составляет 3,7–4,0 МПа при средней плотности 580–630 кг/м<sup>3</sup>.

Кроме того, ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» ведет разработки в области производства пористо-пустотелых кирпичей, камней, а также крупноформатных пористо-пустотелых камней и блоков с плотностью от 750 до 950 кг/м<sup>3</sup> при марочной прочности от 75 до 150 и теплопроводности от 0,145 до 0,185 Вт/(м·°С). Данный способ изготовления включает смешение шихты, содержащей кирпичную средне-, умеренно- или малопластичную глину, натрий-содержащую добавку (перлитовый песок), алюминийсодержащую добавку (гальванический шлак), шелуху гречихи в количестве до 20–56 % объема шихты.

Научно-производственное предприятие «Хикома» занимается вопросами создания высокоэффективной теплоизоляции, работающей в области высоких и низких температур. Состав газокерамической шихты включает в себя

высокомодульное жидкое стекло, глинистое сырье, армирующую добавку (стекловолокно, минеральная вата, асбест или корундовая вата), газообразователь (композиция из алюминиевой пудры, оксида бария, хромокалиевых квасцов и воды), воду и оксид металла II–IV группы. Данная технология позволяет получать теплоизоляционные составы с рабочим диапазоном температур до 1800°С, пределом прочности при сжатии до 4,5 МПа, средней плотности до 420 кг/м<sup>3</sup> и пористостью 80 %.

Галаган К.В., Черных В.Ф., Маштаков А.Ф. разработали легкие и прочные составы пенокерамических изделий. Способ получения представляет собой перемешивание тонкоизмельченной глины, заполнителя (молотое стекло или обожженная до 600°С глина), фибры (базальтовое волокно, или асбестовое волокно, или стекловолокно), воды и вспенивающего агента (отдельно приготовленная пена), формование изделий, нагревание и обжиг. Предел прочности при сжатии образцов, полученных при данной технологии, составляет 3,5 и 4,8 МПа при средней плотности 650 и 780 кг/м<sup>3</sup> соответственно.

Вопросами снижения средней плотности керамических изделий занимается Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна. Достигнутый технический результат состоит в получении керамической шихты на основе кембрийской глины, строительного песка с модулем крупности 2–2,5, выгорающей добавки (послеспиртовая барда) при следующем содержании компонентов, % по массе: кембрийская глина 70–80, строительный песок 10–15, послеспиртовая барда 10–15. Авторам технологии удалось добиться понижения показателей средней плотности и теплопроводности на 5–10 % соответственно по сравнению с составами без использования добавки.

Известен также способ изготовления вспененных строительных материалов, включающий подготовку пенокерамической смеси из глинистого сырья, воды, добавки в виде пенообразователя, вяжущей добавки, сушку, обжиг, формование. При этом в смесь дополнительно включают пенообразователь ПБ–2007 в качестве пластифицирующей добавки, а в качестве вяжущей добавки используют измельченное до фракции 1,25–5,00 мм готовое изделие или перлитовый песок. После чего полученную смесь заливают в бортовые формы и сушат при температуре на начальном этапе 30–35°С, на конечном – до 50–56°С, получая единую заготовку, которую затем освобождают из бортовой формы, обжигают при температуре 800–1600°С и затем формуют на блоки. Пластифицирующую добавку используют для придания сырью пластичности. Применение пены при изготовлении пенокерамических изделий обеспечивает получение ячеистой структуры с замкнутыми порами, что

улучшает теплозащитные свойства и снижает теплопроводность.

Кубанский государственный технологический университет обладает технологией, позволяющей получать конструкционные и теплоизоляционные изделия из пенокерамики. Пенокерамическая шихта включает в себя глину, наполнитель–шамот, стекловолокно, порообразующий агент и воду. В качестве порообразующего агента выступает отдельно приготовленная пена, полученная из 3%-го водного раствора фильтрата конских каштанов.

Известен способ получения керамических изделий пониженной плотности методом неплотной упаковки, разработанный специалистами СПбГАСУ под руководством Кукса П.Б. [7]. С помощью гофрированных валиков из глинистого сырья получают пластичную керамическую массу в форме лент–жгутиков, имеющих размеры в поперечном сечении 1–2 мм и длиной 20–100 мм. Далее ленты–жгутики формуют на установке (система синхронно вращающихся валиков различного диаметра, обтянутых резиновыми лентами) и разрезают струнами до заданных размеров. Сформированный сырец проходит этапы сушки и обжига при температуре до 1000°C. Способ не получил широкого распространения из–за относительно низкой прочности изделий при соответственно высокой средней плотности. Прочность при сжатии составляет 4–5 МПа при значениях средней плотности 1000–1100 кг/м<sup>3</sup>.

Научно–исследовательской лаборатории МИСИ (МГСУ) применяется способ высокотемпературного газообразования для получения керамзитовых блоков (совместный обжиг легкоплавких глин и глинистых сланцев) [8]. Глина измельчалась до фракции менее 25 мм, укладывалась в разборные шамотные формы с последующим обжигом. Предел прочности при сжатии блоков со средней плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> составил 2,6 МПа, со средней плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> – 3,5 МПа.

Завадским В.Ф. разработана технология поризации керамических изделий методом газообразования. Для исследования использовались глины Евсинского и Барышевского месторождений [3]. Для увеличения стойкости поризованного шликера в период формирования начальной прочности в состав шихты вводились тонкодисперсные природные минеральные наполнители (5–10%). Для увеличения прочности межпоровых перегородок в исходную массу вводились добавки–плавни (5–10%). Показатели средней плотности газокерамических образцов составили 400–600 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии – 0,8–1,2 МПа.

ВНИИстром им. П.П. Будникова провел исследования получения пористых керамиче-

ских изделий способом низкотемпературного газообразования [9]. Высушенные компоненты (глина Печерского месторождения – 40 %, нефелиновые отходы – 40 %, гипс – 10 %) перемешивали с водой в течение двух минут, затем добавляли алюминиевую суспензию и перемешивание продолжали еще две минуты. Приготовленную массу выгружали на виброплощадке с вертикально направленными колебаниями (частота – 3000 кол/мин, амплитуда составляла 0,25–0,35 мм). После 48 часов выдержки при температуре 40–50 °С проводят распалубку блоков (размеры 220×250×350 мм), с последующим подъемом температуры до 70–100 °С, добиваясь постоянной массы высушенных сырцов. Изотермическая выдержка составляла 4 часа. Предел прочности при сжатии составил 6,0 МПа при средней плотности изделий 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Проведенный анализ результатов работ показывает, что уровень проработки различных способов создания пористых структур достаточно высокий. Решение вопросов снижения средней плотности керамических изделий при обеспечении требуемых физико–механических показателей является одним из перспективных научных направлений, которые необходимо развивать и доводить до промышленной адаптации.

#### Список литературы

1. Усадочные деформации при сушке пенокерамических изделий [электронный ресурс] / К.С. Дмитриев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/122-21031> (дата обращения: 31.07.2015).
2. Хузагарипов А.Г., Габидуллин М.Г. Регулирование структуры сырья при производстве пенокерамики комплексными стабилизаторами // Академические чтения РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза; Казань, 2006. – С. 436–437.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строительные материалы. – 2004. – № 2. – С. 50–51.
4. Дмитриев, К.С. Пептизация глинистых суспензий в технологии пенокерамики // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10 (часть 2) – С. 249 – 253.
5. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
6. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. – М.: Стройиздат, 1974. – 315 с.
7. Кукса П.Б., Акберов А.А. Высокопористые керамические изделия, полученные нетрадиционным способом // Строительные материалы. – 2004. – № 2. – С.34–35.
8. Новопашин А.А. Керамзитовые блоки // Промышленность строительных материалов. – 1941. – №3.
9. Воробьев Х.С., Воропаева Л.В., Набатова Л.С. Влияние основных технологических параметров изготовления сырья на прочность пористокерамических образцов [Текст] // Сб. трудов ВНИИстром. – 1980. – Вып. 43 (71). – С.16 – 27.