

**Г.Б. Ибраимбаева¹, А.М. Байсариева², А.М. Куанышбай³,
А.М. Шойбекова⁴**

^{1,2,3,4}Международная образовательная корпорация (КазГАСА),
г. Алматы, Республика Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОКЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. *Разработаны составы и технологические приемы, которые обеспечили возможность получения формовочной массы пористой керамики с пониженной влажностью и меньшим расходом глинистой составляющей.*

Эффективность разработки определяется возможностью получения стеновых пенокерамических блоков с коэффициентом теплопроводности в 3 раза меньше теплопроводности обычного керамического кирпича и, что, соответственно, позволяет уменьшить толщину наружной стеновой конструкции примерно в 3 раза при сохранении той же степени теплозащиты.

Ключевые слова: *пенокерамика, энергоэффективность, теплоизоляция, экологичность, глина, гипс, зола, пенообразователь.*

Снижение энергопотребления сегодня – одна из актуальных задач, которую ставят перед собой многие страны, т.к. повышение энергоэффективности позволяет преодолевать зависимость от энергоресурсов, решать вопросы высоких цен и счетов на энергоресурсы, а также экологического вреда и ущерба окружающей среде [1]. Главным же направлением энергосбережения в жилых и общественных зданиях является повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций, при этом большой эффект по уменьшению теплопотерь через конструкции зданий дают теплоизоляционные материалы.

Несмотря на относительную энергоемкость технологии, обусловленной необходимостью сушки и обжига заготовок, теплоизоляционные пенокерамические материалы за счет малого веса и хороших шумоизоляционных свойств, долговечности и экологичности, а также абсолютной пожаробезопасности конкурентоспособны с минераловатными и пенопластовыми изделиями аналогичного назначения, что обеспечивает широкие перспективы данного материала для строительной отрасли.

Разработан ряд способов получения порокерамических изделий.

Технология получения строительных пенокерамических материалов с использованием отходов промышленности делает его экономически эффективным. Представленная авторами [2] технология основана на методе вспенивания в обжиге стеклокристаллической матрицы. При этом образуется ячеистая макроструктура (структура неорганической пены), в которой практически все поры закрыты и не сообщаются друг с другом. Согласно данной технологии в качестве сырья применялись следующие компоненты:

необработанный или предварительно обожженный при 1200°C пиррофиллит, глина и неорганические газообразующие добавки – карбид титана.

Научно-практический интерес представляет технология пенокерамических изделий, разработанная в Московском государственном строительном университете [3]. По данной технологии стабилизацию вспененной шликерной массы осуществляют на стадии формирования за счет способности глин к коагуляции и загустеванию при механических и физико-механических воздействиях. Получен материал с плотностью 450-850 кг/м³, общей пористостью 65-80%, коэффициентом теплопроводности 0,13-0,17 Вт/(м·°С), прочностью при сжатии 3,3-8,5 МПа.

Способ получения пенокерамики и изделий из нее, описанный в работе [4], отличается тем, что в качестве вспенивающего и стабилизирующего форму полуфабриката агента используется водный раствор силикатов натрия или калия, а на полученную смесь воздействуют сверхвысокочастотным электромагнитным излучением до образования вспученной массы и ее отверждения. При этом для получения плотности пористой керамики с плотностью 650 кг/м³ необходимо придерживаться следующего соотношения компонентов смеси: глинистое сырье – 55-60%, водный раствор силикатов натрия или калия с плотностью 1350 кг/м³ – 45-40%.

В работе [5] представлены результаты исследований по получению порокерамического материала на основе глиногипсовой композиции. При этом часть сырьевой смеси, оказывающая влияние на процессы фазообразования, не раскрывается. В качестве порообразователя используют вермикулит, что существенно удорожает себестоимость сырьевой смеси.

В Казахской головной архитектурно-строительной академии проводятся исследования по разработке технологии и составов пенокерамического конструкционно-теплоизоляционного материала.

В качестве основного сырьевого компонента нами использован суглинок месторождения «Бурундай» Алматинской области. В качестве кремнеземистого компонента при проведении исследований – зола гидроудаления Алматинской ТЭЦ-2. В качестве компонента стабилизирующего структуру вспененной глиняной массы до сушки использовано гипсовое вяжущее марки Г-5 АП производства фирмы «Кнауф» п. Заречное Алматинской области.

Согласно принятой концепции пористость материала достигается путем пенообразования, т.е. в процессе приготовления смеси перемешивание компонентов осуществляется либо с отдельно приготовленной пеной, либо вспениванием непосредственно формовочной массы. Поскольку в отличие от вяжущих систем, при котором цемент и гипс схватываются и фиксируют отформованную массу, глиняное связующее затвердевает только в процессе высыхания, роль пены играет особо важную роль в технологии пенокерамических материалов. Необходимо, чтобы пена была максимально устойчивой во времени.

Для создания пористости в глиняном тесте были апробированы следующие поверхностно-активные вещества (ПАВ) – синтетические пенообразователи российского производства с торговыми названиями ПБ-2000, ПБ-люкс и кератиновый пенообразователь (КРП) местного производства фирмы «Котлосервис» и итальянской фирмы. Считается, что по сравнению с пенами на основе синтетических пенообразователей, пена, полученная на кератиновом пеноконцентрате, отличается высокой устойчивостью как при смешивании с минеральными компонентами, так и в процессе выдерживания уже отформованной массы [6]. При проведении исследований были использованы также растворы соды и жидкого стекла (для разжижения глиняной массы).

Образцы для исследования изготавливались методом литья пеномассы, полученной смешением глиняного шликера в формы размером 7,07x7,07x7,07 см. Пеномассу получали следующим образом. Вначале перемешивали сухую глину с гипсом, затем из этой смеси готовили шликер и отдельно из пеноконцентрата пену, после чего осуществляли смешение шликера с пеной до достижения однородности формовочной массы. Сушку образцов осуществляли в сушильном шкафу, обжиг – в муфельной печи.

Первый этап работы включал проведение исследований по снижению воды затворения путем введения в состав смеси электролитов, оказывающих разжижающее действие на глинистые минералы. Следует отметить, что каждый процент снижения количества воды в шликере приводит к соответствующему снижению усадки при сушке пенокерамических образцов. В качестве характеристик для определения оптимальных условий разжижения глинистого сырья были приняты текучесть и относительная вязкость. Для разжижения глинистого сырья применяли стандартные 10%-ные растворы соды и жидкого стекла согласно общепринятым методикам.

Предварительно была определена зависимость относительной вязкости от влажности шликера без добавок электролитов (рис. 1).

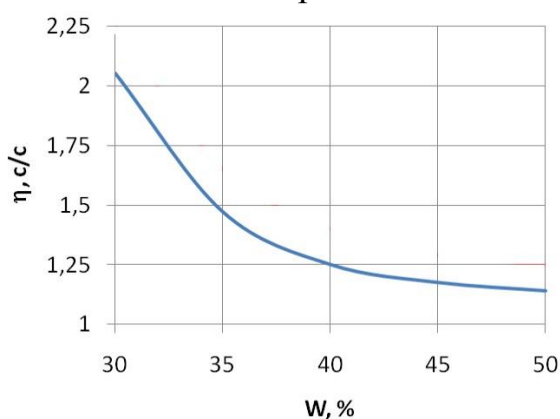


Рис. 1 – Влияние водотвердого отношения на относительную вязкость шликера из глины Бурундайского месторождения

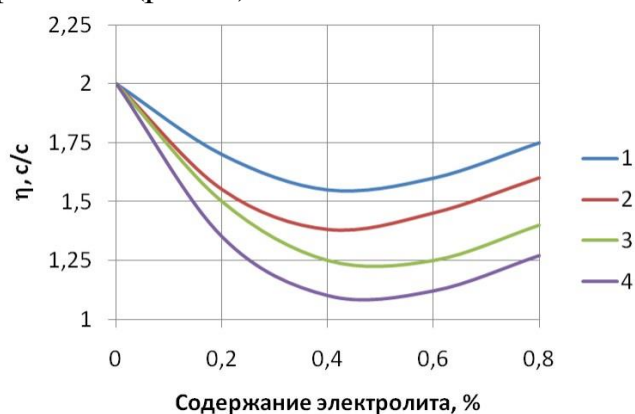


Рис. 2 – Влияние содержания электролитов на относительную вязкость шликера из глины Бурундайского месторождения:

1 – сода; 2 – жидкое стекло; 3 – 0,2% соды + 0,1% жидкого стекла; 4 – 0,2% соды + 0,2% жидкого стекла

Относительная вязкость 1,34, необходимая для удовлетворительной текучести (60 мм) шликерной массы, достигнута при 37% влажности для глины Бурундайского месторождения.

Кривые зависимости относительной вязкости шликера от содержания и соотношения соды и жидкого стекла приведены на рисунке 2.

Из анализа кривых следует, что наибольшая степень разжижения сырья достигается с добавкой 0,2% жидкого стекла + 0,2% соды для глины Бурундайского месторождения. Таким образом, это количество и соотношение электролитов являются оптимальными для исследуемой глины.

Следующий этап работы включал определение устойчивости вспененной глиняной массы. Для этого формовались образцы текучей консистенции в формы с размером ячеек 70,7x70,7x70,7 мм подвергались сушке. После достижения образцами необходимой структурной прочности производились распалубка и осмотр образцов: определялась величина осадки и четкость граней. Затем образцы досушивались до остаточной влажности не более 5% и подвергались обжигу.

В качестве основных компонентов, стабилизирующих структуру отформованного сырца, исследовано введение гипсового вяжущего (от 5 до 15%) и хлористого кальция (0,3-2%).

С технологической и экономической точки зрения расход гипсового вяжущего в составе глиняной массы должны быть минимальными. С другой стороны, можно ожидать, что чем больше в составе сырьевой смеси гипса, тем меньше будет величина осадки отформованного сырца. Таким образом, определение оптимального расхода гипсового вяжущего возможно только экспериментальным путем.

Вследствие получения формовочной массы при высоком водотвердом отношении равном приблизительно 0,5, расчетная средняя плотность образцов даже без добавки пены значительно ниже средней плотности керамического кирпича пластического формования и составляет около 1100 кг/м³. В то же время из-за высокой влажности образцы невозможно расформовывать до приобретения ими (после частичного высыхания) определенной структурной прочности, которая обуславливается увеличением величины коагуляционной связи.

При введении в состав глиняной массы пены в объеме 68,8-74,5% образцы невозможно было расформовать даже через неделю. Пена, более чем в два раза разуплотняет глиняную массу и достаточно слабые коагуляционные связи между частичками глины становятся еще менее значимыми.

Добавка гипсового вяжущего в количестве 10% заметно ускоряет время расформовки образцов, а при введении в количестве 15% – коренным образом решает задачу расформовки глиняных образцов (расформовка образцов через 2- 3 ч после формовки) и осадки. Осадка образцов становится равной нулю за счет твердения гипсового вяжущего. В данном случае роль структурообразующего компонента уже играет гипс вместо глины. Как

известно, гипс при твердении расширяется в объеме, в то время как цемент дает усадку.

Большие значения усадки и большее время для расформовки требуются при введении компонента (CaCl_2), вызывающего коагуляцию глинистых частиц. Вместе с тем, это явление вызывает значительный практический интерес, поскольку открывает возможности для снижения расхода гипсового вяжущего. Поэтому были проведены исследования по изучению совместного влияния хлористого кальция и гипсового вяжущего на сокращение времени достижения пенокерамическим материалом расформовочной прочности. Эксперименты проводили из расчета получения пенокерамики с плотностью 600 кг/м^3 . Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние совместного введения гипсового вяжущего и хлористого кальция на свойства формовочной массы

| Расход стабилизирующего компонента, % от массы глины | | Длительность выдерживания до распалубки, ч | Осадка, мм/м |
|---|--------------------|--|-----------------|
| хлористого кальция | гипсового вяжущего | | |
| 0,3 | 5 | 12 | 15 |
| 0,5 | 5 | 8 | 12 |
| 0,5 | 7 | 4 | 10 |
| 1 | 5 | 6 | 12 |
| 1 | 7 | 2 | 5 |
| 2 | 10 | 0,5 | 3 |

Таким образом, экспериментальные исследования показывают на возможность получения безосадочного глинистого материала с коротким временем расформовки при добавке к глиняной сырьевой смеси 5-7% гипсового вяжущего и 0,5-1% хлористого кальция.

В результате проведенных исследований получены образцы пенокерамического материала с плотностью $450-500 \text{ кг/м}^3$, прочностью на сжатие 1,2-1,8 МПа, коэффициентом теплопроводности 0,13-0,135 Вт/(м $^{\circ}$ С).

Литература:

1. Тульбасиев К.К., Тасекеев М.С., Тажбенов К.А. Энергосбережение и энергоэффективность – стратегический ориентир экономики. – Алматы: НЦ НТИ, 2012. – 370 с.
2. Шаяхметов У.Ш. Технология наноструктурированной стеклокристаллической пенокерамики // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19. – № 3.
3. Горбунов Г.И., Кролевецкий Д.В., Езерский В.А. Технология пенокерамических стеновых и теплоизоляционных изделий // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. – 2004. – № 11. – С. 75.
4. Гаврилюк А.Ю., Крутов Ю.М. Способ получения пенокерамики и изделий из нее. Патент № 2469979 от 22 июля 2010 г. (международная заявка №PCT/UA2009/000047 от 13.01.2011. Номер международной публикации WO 2011/005240 A1).
5. Сычева А.В., Нестеров В.Ю., Калашиников В.Ю., Кудашов В.Я. Пористая теплоизоляционная керамика / Композиционные строительные материалы: Сб. науч. трудов междунар. научно-техн. конф. – Пенза, 2003. – С. 34-37.

6. Шинтемиров К.С., Хисметов Н.С. Технология кератинового пенообразователя и пеносиликальцита на его основе /Мат. междунар. научн.-практ. конф. «Пенобетон-2007», 19-21 июня 2007 г. – СПб., 2007. – С. 139-144.

Білгалдылығы төмен және сазды құрауыштың шығыны аз кеуекті керамиканың қалыптау массасын алу мүмкіндігін қамтамасыз ететін құрамдар мен технологиялық тәсілдер әзірленді.

Өндіру тиімділігі қарапайым керамикалық кірпіштің жылу өткізгіштігінен 3 есе аз жылу өткізгіштік коэффициенті бар кеуекті керамикалық қабырға блоктарын алу мүмкіндігімен анықталады, бұл сәйкесінше, жылу қорғанысының сол дәрежесін сақтай отырып, сыртқы қабырға конструкциясының қалыңдығын шамамен 3 есе азайтуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: көбікті керамика, энерготімділік, жылуоқшаулау, экологиялық, саз, гипс, күл, көбік түзгіш.

Compositions and technological methods have been developed that have made it possible to produce a molding mass with a lower moisture content and less consumption of the clay component for porous ceramics.

The effectiveness of the development is determined by the possibility of obtaining wall foam-ceramic blocks with a coefficient of thermal conductivity 3 times less than the thermal conductivity of conventional ceramic bricks and, accordingly, allows reducing the thickness of the outer wall structure about 3 times while maintaining the same degree of thermal insulation.

Key words: foam ceramic, energy saving, heat insulation, ecological compatibility, clay, gypsum, ash, foaming agent.