

УДК 691.4

*Г.И. Горбунов, В.А. Езерский,
Д.В. Кролевецкий*

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕНОКЕРАМИКИ

Рассмотрены технические решения производства пористой керамики с использованием выгорающих добавок, вспучивания глинистого сырья, вспенивания глинистого шликера. Полученный пенокерамический материал при достаточно высоких прочностных показателях обладает низкой сорбционной влажностью, высокими теплозащитными свойствами, хорошо пилится, гвоздится и подвергается любому виду механической обработки.

Ключевые слова: легковесный кирпич, пенокерамика, вспенивание, коагуляционная структура.

На протяжении последних 40...50 лет различными авторами были предложены многочисленные технические решения, которые могли бы послужить основой для разработки технологии высокопористых керамических материалов. Основными из них являются технологии производства: легковесного кирпича методом пластического формования с введением выгорающих добавок; пористых керамических материалов методом высокотемпературного вспучивания глинистого сырья; пенокерамических материалов методом вспенивания глинистого шликера.

Каждое из этих направлений предназначено для решения одной и той же задачи — повышения теплозащитных свойств керамических изделий. Приоритет того или иного направления будет зависеть от географического расположения региона; наличия глинистого сырья, пригодного для того или иного метода получения пористой структуры материала; технической оснащенности предприятия; стоимости энергоносителей и других факторов.

Особенно популярны предложения по получению пористой керамики с использованием выгорающих добавок. Данная технология не требует разработки принципиально нового оборудования и реализуема в условиях действующих заводов по выпуску обыкновенного кирпича. При этом частично решаются проблемы, связанные с экономией топлива, снижением плотности изделий, заменой высококачественных глин топливосодержащими отходами, утилизацией этих отходов и т.д. Однако при получении изделий со средней плотностью ниже 1000 кг/м^3 в технологии возникает множество проблем, сводящих «на нет» ее достоинства.

Другим, хотя и менее распространенным техническим решением было предложение, основанное на вспучивании гранул глинистого сырья в различных формах. Этот вариант технологии также не получил реального воплощения. По причине высоких требований к сырью и сложности осуществления процесса вспучивания при условии придания материалу определенной геометрической формы.

Во многих странах ведутся разработки технологии пористой керамики (пенокерамики) по способу вспенивания шликерной массы. Вспененная

UDK 691.4

*G.I. Gorbunov, V.A. Yezerski,
D.V. Krolevetski*

COAGULATIVE PROCESSES IN CELLULAR CERAMIC TECHNOLOGY

Production technologies of porous ceramic using combustible additives, argillous raw material swelling, foaming clay slurry are considered. The foam-ceramic material is obtained at relatively high rates of strength, is had the low sorption humidity, high thermal characteristic, is well-sawed, is nailed and is subject any variety of the mechanical tooling.

Key words: light brick, cellular ceramic, foaming, coagulation structure.

глиняная шликерная масса разливается в формы, пористая структура стабилизируется при низких температурах (50...200 °С), после этого материал обжигается в распалубленном состоянии.

Для поризации массы используют способы пенообразования и реже аэрирования. По одному из способов пенообразования в смеситель дозируют воду и пенообразователь, приготавливают пену, в которую вводят измельченную смесь компонентов. Во вспененный шликер вводят стабилизирующую добавку (чаще всего гипс) и заливают в форму. Изделие высушивают в два этапа (сначала в формах, затем, после набора определенной структурной прочности, в распалубленном состоянии) и обжигают. По способу аэрирования измельченную глину распускают в воде с применением электролитов. К шликеру добавляют пенообразователь и смесь механически взбивают до нужной степени пористости. В смесь добавляют стабилизирующую добавку (гипс) и заливают в формы.

Следует отметить, что практически во всех предложениях стабилизация вспененной шликерной массы в формах осуществляется гипсом (5...20 % массы сухих веществ), что с экологической точки зрения в настоящее время не приемлемо, так как в этом случае воздушная среда интенсивно загрязняется сернистыми газами. При отсутствии же гипса в шликерной массе получение устойчивой и прочной сырцовой структуры материала становится сложным и длительным. Поэтому опробованные технические решения по получению пенокерамического материала должного качества нельзя признать отвечающими современным экологическим и технологическим требованиям.

Во ВНИИстроме им. П.П. Будникова работы по технологии пенокерамики проводились 20 лет назад и уже в то время исследователи также столкнулись с вышеуказанными проблемами.

В рамках данной работы нами было решено более детально изучить особенности образования коагуляционной структуры на основе глиняного сырья и возможность использования коагуляционных процессов при формировании устойчивой сырцовой структуры пенокерамического материала (по меньшей мере без применения гипса в качестве стабилизирующей добавки). Это позволило бы отказаться от применения гипса, сократить время нахождения отливки в форме, повысить качество пористой структуры изделия и т.д.

Учитывая, что обычные кирпичные глины чаще всего имеют полиминеральный состав, а из глинистых минералов преобладающим является, как правило, монтмориллонит, то можно ожидать, что именно особенности распада его агрегатов, особенности коагуляции и сольватирования его частиц, будут в наибольшей степени определять свойства сырцовой структуры пенокерамического материала. Поэтому было решено вначале получить основные исходные данные по этим процессам на относительно чистых мономинеральных глинах, а затем перейти к полиминеральным — с фиксированным количеством монтмориллонита.

Как эталонный чисто монтмориллонитовый образец для экспериментов была взята асканглина. Установлено, что изменяя рН среды и вводя коагулирующие добавки, можно в широких пределах управлять процессом коагуляции монтмориллонита, причем созданные коагуляционные структуры могут сохранять свою устойчивость в течение нескольких месяцев. Прочность такой структуры пропорциональна степени коагуляции исходной суспензии. Максимальная скорость коагуляции при введении добавок КСІ или КОН не позволяет получить прочную пространственную структуру, так как при этом наблюдается лишь предельный случай быстрой седиментации крупных частиц, не имеющих сольватного слоя.

С практической точки зрения необходимо иметь именно коагуляционную, с той или иной степенью сольватирования, пространственную структуру. При этом она должна иметь максимально возможную стойкость к седиментации. В данном случае для изучаемого монтмориллонита (асканглины) максимальная устойчивость коагуляционной структуры достигнута добавкой гидроксида кальция с коэффициентом набухания 3,3...3,5.

Аналогичные опыты были проведены с другими эталонными глинами, содержащими глинистые минералы преимущественно в виде гидрослюды и каолинита. Эти глинистые минералы при определенных условиях также позволяют создать коагуляционную пространственную структуру разной степени сольватирования, т.е. с различной прочностью и устойчивостью сырцового материала. При этом оказалось, что управление этим процессом в глинах, содержащих в своем составе каолинит и/или гидрослюду, в технологическом плане более простое и стабильное, по сравнению с глиной, содержащей монтмориллонит.

После исследования процесса коагуляции глинистых материалов отдельных глинистых минералов (монтмориллонита, гидрослюды и каолинита) были начаты подобные эксперименты с полиминеральными глинами. Процесс формирования коагуляционных (сольватированных до оптимальной степени) сырцовых структур проходит в полиминеральных глинах значительно сложнее, но в принципе наблюдаются те же закономерности, что и с мономинеральным сырьем.

Для проведения экспериментов по получению пенокерамических изделий выбрано глинистое сырье Грудиновского месторождения (Республика Беларусь). Выбор именно этого сырья был продиктован тем, что, с одной стороны, оно легко диспергируется с образованием устойчивой суспензии, а с другой, используется на Обольском кирпичном заводе, работающем по шликерной технологии, и будет являться обязательным технологическим переделом в производстве пенокерамических материалов.

Глинистая порода Грудиновского месторождения характеризуется как мелкоалевритовая, тонкодисперсная глина, полиминеральная с каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистым составом. Основными компонентами породы являются глинистое вещество (65 %), песчано-алевритовый материал (12 %), примеси (23 %). Глинистое вещество цементирует песчано-алевритовый материал; тип цемента — базальные обрастания. Примеси представлены карбонатами (12 %), опалом (6 %), солями (4 %) и органическим веществом (доли процента). Имеются также примеси хлорита, дисперсных частиц кварца, измененных полевых шпатов и слюды. Удельная поверхность глины — 54 м²/г.

Формирование пенокерамической структуры материала включает несколько этапов, на каждом из которых необходимо создать соответствующие условия, которые задаются составом смеси и технологическими параметрами.

На первом этапе необходимо создать условия для протекания процесса диспергации исходных глинистых агрегатов, позволяющие получить устойчивую суспензию глины, обладающую достаточно высокой текучестью. Для этого нами использовались добавки соды, жидкого стекла, пирофосфорнокислого натрия и углещелочного реагента (УЩР). Установлено, что для данной глины по времени создания устойчивой суспензии эти добавки можно расположить в следующий ряд (в сторону увеличения): УЩР > пирофосфорнокислый натрий > жидкое стекло + сода. Однако влияние этих добавок неоднозначно. Так, УЩР быстро позволяет получить устойчивую суспензию, но ее текучесть ниже, чем при использовании других добавок. Наилучшие показатели были достигнуты при использовании пирофосфорнокислого натрия.

На втором этапе полученной суспензии необходимо придать пористую структуру. Степень поризации определяется видом и количеством введенного пенообразователя, подвижностью (растекаемостью) смеси и параметрами вспенивания. Вспенивание производится в скоростном смесителе.

На следующем этапе необходимо резко увеличить скорость коагуляции с последующим образованием устойчивой пространственной структуры. Происходит это уже после заливки поризованной шликерной массы в формы, а достигается введением в массу коагулянта. Предварительные эксперименты показали, что наибольшей эффективностью для этих целей обладали добавки кальцийсодержащих компонентов. Использование этих добавок позволило получить приемлемую скорость коагуляции и позволило повысить прочность сырца после сушки. При этом, существенное повышение структурной прочности происходило в течение 20...60 мин, что позволяло осуществить распалубку изделий (снятие боковых стенок) в течение 1,5...2 ч. В свою очередь, это позволяло в дальнейшем значительно интенсифицировать процесс сушки.

В сравнении с традиционными керамическими материалами для пенокерамики начальный этап сушки является более сложным из-за низкой воздухопроницаемости изделий. По мере удаления влаги и увеличения воздухопроницаемости процесс сушки резко интенсифицируется.

При обжиге пенокерамических изделий не возникает проблем, и его можно проводить более интенсивно по сравнению с традиционными керамическими материалами.

В результате экспериментов установлено, что среднюю плотность пенокерамических изделий путем изменения технологических параметров и состава смеси можно регулировать в широком диапазоне — от 400 до 800 кг/м³, предел прочности при сжатии при этом изменяется от 0,8 до 11 МПа.

Полученный пенокерамический материал при достаточно высоких прочностных показателях обладает низкой сорбционной влажностью, высокими теплозащитными свойствами, хорошо пилится, гвоздится и подвергается любому виду механической обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М. : Стройиздат, 1980.
2. Галабудская Е.А. Система «глина — вода». Львов : Политехн. ин-т, 1962.
3. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Киев : Наукова думка, 1968.

REFERENCES

1. Gorlov Yu.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. *Yekhnologiya teploizolyatsionnykh materialov* [Lagging materials technology]. Moscow, 1980.
2. Galabudskaya E.A. *Sistema "glina — voda"* [System "argil — water"]. Lviv, 1962.
3. Kruglitski N.N. *Fiziko-khimicheskiye osnovy regulirovaniya svoistv disperse glinistykh miniralov* [Physical and chemical regulatory framework of clay minerals dispersivities]. Kiev, 1968.

Поступила в редакцию в мае 2011 г.

Об авторах:

Горбунов Герман Иванович, доцент, канд. техн. наук, профессор кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов, МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kanz@mgsu.ru;
Езерский В.А., ст. науч. сотрудник, канд. техн. наук, МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kanz@mgsu.ru;
Кролевецкий Д.В., канд. техн. наук, зав. отделом ВНИИСтром им. П.П. Будникова

About authors:

Gorbunov German Ivanovich, Professor of finish and insulating materials technology department, Associate Professor, Candidate of Technical Science, MSUCE, 26 Yaroslavskoye Freeway, 129337, Moscow, Russia;
Yezeriski V.A., Senior Research Fellow, Candidate of Technical Science, MSUCE, 26 Yaroslavskoye Freeway, 129337, Moscow, Russia, kanz@mgsu.ru;
Krolevetski D.V., Engineer, P.P. Budnikov All-Russian Scientific Research Institute of Construction Materials and Structures