

УДК 666.9

**КРИТЕРИИ ПРИГОДНОСТИ ЗОЛ ТЭС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ  
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ****П.А. ЗАДОРА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА)*

*Рассмотрены критерии, определяющие пригодность зол ТЭС для производства стеновых керамических материалов. Представлен краткий обзор влияния химического и минералогического состава, дисперсности, гранулометрического состава, содержания несгоревшего топлива зол ТЭС на физико-механические характеристики керамических материалов.*

Керамические стеновые материалы занимают лидирующие позиции на строительном рынке благодаря своим физико-механическим, теплофизическим свойствам, долговечности, экологичности и архитектурной выразительности. Промышленность керамических строительных материалов является одной из самых материалоемких и энергоемких отраслей нашей республики. В общем объеме потребляемого топлива в строительном комплексе расходы на производство кирпича керамического составляют 4,6 %. Затраты топлива на единицу продукции для керамического кирпича составляют – 204,4 кг у.т. на тыс. шт. (по данным 2006 г.) [1]. Поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором конкурентоспособности керамических стеновых материалов на строительном рынке стран СНГ. За последние пять лет в Витебской области за счет реализации государственной политики энергосбережения введены в эксплуатацию 37 энергоисточников на местных видах топлива суммарной установленной мощностью 76,6 Гкал/ч. Доля местных ТЭР в котельно-печном топливе увеличилась с 14,4 до 24 процентов [2], как и увеличилось количество золошлаковых отходов, дальнейшее накопление которых будет усугублять экологическую обстановку в регионах. В связи с этим, актуальным становится вопрос о критериях пригодности зол ТЭС в производстве стеновых керамических изделий.

В качестве первого критерия следует рассматривать химический и минералогический состав зол ТЭС. По химическому и минералогическому составам золы ТЭС близки к глинистому сырью, применяемому для изготовления кирпича. Функциональную пригодность зол в производстве керамических материалов в работе [3] предложено определять по соотношению оксидов  $Fe_2O_3/CaO+MgO$ ,  $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$ , R20/R0:

- при содержании  $Fe_2O_3/CaO+MgO$  более 1, а  $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$  менее 2 побочный продукт относится к интенсификаторам спекания;
- при содержании  $Fe_2O_3/CaO+MgO$  менее 1,  $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$  более 2, R20/R0 менее 2 побочный продукт – отошитель.

К золам, используемым в качестве добавок при производстве стеновых керамических изделий, предъявляются также следующие требования [4]: количество  $SO_3$  не должно превышать 2% от общей массы, а шлаковых включений размером более 3 мм – 5%. Недопустимы включения размером более 1 мм в виде плотных каменных зерен. Колебания содержания топлива в золе должны быть минимальны и не превышать  $\pm 4$  % от средних принятых величин.

Химический состав зол ТЭС позволяет их использовать не только в качестве добавочных материалов, но и в качестве основных сырьевых компонентов. Зольную керамику выпускают из массы, включающей 60–80% золы-уноса, 10–20% глины и другие добавки. Установлено [4], что на основе зол с высоким содержанием суммы оксидов алюминия и кремния (75–95%) можно получить керамические стеновые материалы, характеризующиеся достаточно высоким пределом прочности при сжатии (10–60 МПа); предел прочности при сжатии керамического материала на основе зол с низким содержанием суммы названных оксидов (30–50%) составляет лишь 2–6 МПа. Низкое содержание оксидов  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  в золе осложняет процесс обжига из-за незначительного интервала спекания и пониженной вязкости расплава и приводит к неравномерному обжигу изделий. Оплавление и вспучивание локальных участков в верхней части изделий, недожог в нижней части определяют непригодность зол и шлаков в качестве основного керамического сырья.

Существенное влияние на процессы структурообразования золокерамических материалов оказывают значительные колебания содержания  $CaO$ , обеспечиваемого карбонатными включениями и свободным оксидом кальция. Установлено [4], что золы, содержащие до 4,5%  $CaO$ , могут быть использованы в качестве исходного сырья без предварительного измельчения на технологической линии с вальцами тонкого помола, которые позволяют измельчать карбонатные включения. Золы с более высоким содержанием  $CaO$  необходимо предварительно измельчать до размеров карбонатных включений, не превышающих

1нм. Зола, содержащая CaO 30–50%, непригодна для получения золокерамических материалов. Процессы увлажнения и обработки смесей на основе зол с высоким содержанием оксида кальция сопровождаются экзотермической реакцией гидратации, тепло которой вызывает высушивание массы и вследствие этого ее рассыпание, что затрудняет процесс формования изделий.

Критерием эффективности золошлаковых добавок является также их дисперсность. Исследования [5] показали, что керамические образцы с содержанием 60 % золы в шихте дисперсностью 1800 см<sup>2</sup>/г имеют прочность при сжатии в пределах 19 МПа, а замена на более дисперсную золу (2700 см<sup>2</sup>/г) повысила значение прочности при сжатии до 26 МПа. При полусухом способе формования рост прочности при сжатии керамических образцов наблюдался при использовании зол с удельной поверхностью не более 2700–3000 см<sup>2</sup>/г. При содержании более дисперсных зольных порошков в шихте прочность несколько снижалась. Это объяснено особенностями прессования сырца при полусухом способе производства, а именно удалением воздуха из сырца. При прессовании порошков высокой дисперсности могут образовываться локальные напряжения внутри сырца, обусловленные невозможностью выхода излишков воздуха за счет создания плотной структуры, сложенной из частиц пресс-порошка малых размеров, на ранних стадиях прессования. Таким образом, был сделан вывод, о том, что использование зол с удельной поверхностью более 2700–3000 см<sup>2</sup>/г в производстве стеновых керамических изделий методом полусухого прессования может стать неэффективным.

Прочность при сжатии сырца в свежесформованном состоянии с использованием в составе шихты измельченных зол ТЭС повышается по сравнению с золами до помола, что объясняется [5] физическими особенностям компоновки порошка, имеющего высокую дисперсность. Отмечается, что более плотная упаковка пресс-порошка позволяет уменьшить как количество пор, так и их размер. При разрушении крупных зольных агрегатов в процессе помола образуются открытые поры в неостеклованных частицах, тем самым повышая способность удерживать влагу, и, как следствие, несколько повышая пластические и формовочные свойства сырья [5].

Плотность золокерамических образцов с увеличением содержания зол ТЭС в шихте уменьшается по линейной зависимости. Данный эффект объясняется особенностями зольного порошка, пористые частицы которого не подвержены структурным изменениям в процессе обжига при 975–1000 °С, т.к. получены при более высоких температурах (1200–1600 °С) [5].

При определении оптимального содержания золы в шихте следует учитывать ее теплотворную способность и пластичность применяемого глинистого сырья. Известно [6], что при введении зол в массы из высокопластичных глин эффективность добавки увеличивается при больших количествах золы на 40–50%. При этом прочность изделий достаточно высока, а объемная масса значительно уменьшается. Оптимальное количество золы, вводимой в среднепластичные глины, составляет около 30%. Ввод золы-уноса в массы из малопластичной глины в количествах 10–20% обеспечивает улучшение формовочных и сушильных свойств масс, повышение прочности изделий, при этом достигается экономия топлива около 20% [6].

При использовании золы необходимо также учитывать ее зерновой (гранулометрический) состав. Мелкозернистые фракции золы увеличивают выход трещиноватого сырца. В этом случае для снижения брака при сушке дополнительно вводят отощитель крупностью 0,2–0,3 мм. Требуемое соотношение мелкозернистой золы к грубозернистому отощителю уменьшается с увеличением коэффициента чувствительности глин при сушке от 3:1 до 1:1. Мелкозернистая зола, ухудшая сушильные свойства сырца, вместе с тем повышает прочность готовых изделий, спекаясь с глинистой породой при обжиге. Как отощающая добавка золошлаковая смесь наиболее эффективна при максимальном размере зерен 1,5 мм и содержании фракции менее 0,3 мм не более 30% [6].

Область применения зол ТЭС при производстве стеновых керамических материалов определяется также температурой размягчения и содержанием топлива. Так, для изготовления полнотелого и пустотелого кирпича и керамических камней рекомендуется использовать легкоплавкие золы с температурой размягчения до 1200 °С. Зола и шлаки, содержащие до 10% топлива, применять как отощающие добавки, а 10% и более – как топливосодержащие [4]. При выгорании несгоревших частиц, содержащихся в золе, в изделиях образуются полужакрытые и закрытые поры. Стенки их смачиваются стеклофазой, образуемой за счет взаимодействия компонентов зологлиняной смеси, что обеспечивает прочность и морозостойкость золокерамическим стеновым материалам, уменьшает их объемную массу, теплопроводность, улучшает газопроницаемость черепка и условия обжига. Благодаря наличию в золе мелкокораздробленного топлива, сгорающего в теле сырца и способствующего равномерному обжигу, улучшается качество изделий и полностью исключается ввод угля в состав шихты, что позволяет значительно экономить топливо [4].

Таким образом, эффективность применения золы ТЭС в производстве керамических материалов определяется следующими критериями: химическим и минералогическим составом зол ТЭС, дисперсно-

стью и гранулометрическим составом, содержанием несгоревшего топлива, пластичностью применяемых глин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенова, Л.М. Основы энергосбережения : учеб.-метод. комплекс для студентов спец. 1-70 02 01, 1-70 02 02 и слушателей ИПК УО «ПГУ» спец. 1-70 02 71 / Л.М. Парфенова. – Новополоцк : ПГУ, 2009. – 200 с.
2. Инновации в энергосбережении – инвестиции в будущее : научно-популярное издание. – Витебск : Витебский областной центр маркетинга, 2016. – 76 с.
3. Абдрахимов, В.З. Строительные керамические материалы на основе отходов цветной металлургии, энергетики и нетрадиционного природного сырья : автореф. дис. ...докт. техн. наук : 05.23.05 / З.И. Абдрахимов. – СПб., 2002. – 306 с.
4. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности : учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 368 с.
5. Юрьев, И.Ю. Стеновые керамические изделия с использованием микродисперсных алюмосиликатных отходов ТЭС : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.23.05 / И.Ю. Юрьев. – Томск, 2013. – 23 с.
6. Саибулатов, С.Ж. Золокерамические стеновые материалы / С.Ж. Саибулатов, С.Т. Сулеименов, А.В. Ралко. – Алма-Ата, 1982. – 292 с.