

Дятлова Е.М., к.т.н., доцент, Плышевский С.В., к.т.н., доцент,  
Сергиевич О.А., к.т.н.,  
УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
Шевченко А.А., к.т.н., доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

## **ТЕРМОСТОЙКИЕ КЛАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ И КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Как известно, для строительства теплотехнических низкотемпературных установок и бытовых печей отопления в большинстве случаев используются строительный керамический кирпич и кладочные растворы на основе местных глин с различными добавками. Эти материалы не обеспечивают комплекс свойств, требуемый для печной кладки: термостойкость, теплопроводность, механическую прочность. В результате по данным практики по устройству и эксплуатации печей, срок службы их чаще не превышает 3 лет и требует ремонта. Кроме кирпича на качество кладки и эксплуатационные показатели низкотемпературных печей коммунального и другого назначения большое влияние оказывает кладочный раствор, который обычно получают из сухой смеси компонентов (мертеля), затворяемой водой.

Мертели, предназначенные непосредственно для кладки печей, в Республике Беларусь не выпускаются, требования к ним не регламентируются. Высокие термомеханические свойства и длительный срок службы всей кладки не могут быть достигнуты без применения термостойкого керамического кирпича и специального мертеля для него.

Целью настоящего исследования является разработка составов и технологических параметров получения термостойкого кирпича и мертеля с гармонизированными свойствами на основе отечественного сырья и изучение поведения модельной кладки «кирпич-мертель» в процессе длительного термоциклирования. Керамические массы для кирпича были синтезированы на основе сочетания тугоплавкой глины «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Лукомль», «Осетки», «Гайдуковка» и каолином месторождения «Ситница» (РБ). В качестве отощающих компонентов, снижающих усадку полуфабрикатов, использовались только алюмосиликатный шамот (бой изделий) и дегидратированная огнеупорная глина. Для термостойкого кирпича нельзя применять широко известные отощители: кварцевый песок и гранитные отсеvy, что обусловлено полиморфными превращениями кварца с изменением объема, а также образованием стекловидной фазы с термическим расширением, отличающимся от керамической матрицы.

Было синтезировано 4 серии масс, в которых глинистая композиция с преобладанием тугоплавкой глины составляла 70–80 мас.%, остальное – отошающий компонент, имеющий двухфазный состав: крупная фракция (1–2 мм) и мелкая (менее 0,5 мм) в соотношении 1:1. Опытные образцы керамических материалов изготавливались по традиционной пластической технологии, обжиг проводился в электрической печи при температуре 1100–1150 °С в зависимости от состава.

Изучены физико-химические свойства синтезированных материалов и установлены их зависимости от соотношения исходных компонентов. Водопоглощение образцов находится в пределах 8,1–12,6 %, механическая прочность при сжатии 20,9–57,3 МПа, ТКЛР при 400 °С  $(4,6–5,9) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Установлено, что опытные образцы, в составе которых содержалась в качестве отошителя дегидратированная глина, имелись большие значения водопоглощения и открытой пористости и меньшие значения механической прочности, чем при использовании алюмосиликатного шамота. В связи с этим можно сделать вывод, что в качестве отошителя целесообразно применять алюмосиликатный шамот. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что основной кристаллической фазой в образцах всех серий является кварц, сопутствующими – муллит, анортит, гематит, кристобалит. Для данных керамических материалов разрабатывались составы кладочного раствора (мертеля) с повышенными термомеханическими свойствами с целью гармонизации свойств композиции «керамический кирпич-мертель-керамический кирпич».

При разработке составов термостойкого мертеля в качестве глинистых компонентов использовались те же сырьевые материалы, что и для изготовления печного кирпича при таком же массовом соотношении, что позволяет прогнозировать для кладочного раствора близкие к керамическому кирпичу термомеханические характеристики. В качестве отошающих материалов использовался шамот из боя разработанного термостойкого керамического кирпича, кроме того вводилось низкоактивное вяжущее – конвертерный шлак БМЗ и водоудерживающая добавка – продукт переработки кубового остатка производства искусственного волокна. Установлено, что кладочный раствор является холоднотвердеющим, набирает за 28 суток такую же прочность при сжатии, как известные мертели для низкотемпературных промышленных печей (1,8–5,7 МПа), а после термообработки при 800 °С имеет прочность 9 МПа и высокую термостойкость (20–25 теплосмен), а также хорошую адгезию к поверхности керамического материала. Исследование фазового состава мертеля, подвергнутого термообработке в градиентной печи при 100–800 °С, показало, что качественный фазовый состав мертеля независимо от температуры обработки идентичен и представлен в основном кварцем ( $\alpha\text{-SiO}_2$ ), небольшими коли-

чествами гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и анортита ( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ), о чем свидетельствуют интенсивные дифракционные максимумы кварца и слабые рефлексы остальных фаз.

Исследовано поведение разработанных керамических материалов в процессе длительного термоциклирования, проводимое по режиму – нагрев образцов до  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , выдержка 30 мин. и резкое охлаждение в воде. Установлено, что для опытных образцов сначала наблюдается некоторое снижение водопоглощения и открытой пористости за счет продолжающихся процессов спекания при нагреве, т.к. глины месторождений «Лукомль» и «Осетки» содержат меньше кварцевых включений и более склонны к спеканию. После 15 циклов наблюдается небольшой рост показателей указанных свойств, поскольку в образцах появляются термические трещины. Все образцы выдержали 50 циклов без видимых повреждений с небольшими структурными изменениями, о чем свидетельствуют практически постоянные показатели плотности и водопоглощения образцов. Возможно, это связано с тем, что сразу происходит дальнейшее уплотнение материала за счет завершающихся процессов спекания, и залечиваются образующиеся микротрещины. Свыше указанного количества теплосмен процесс образования термических микротрещин начинает превалировать, что способствует повышению значений водопоглощения и пористости.

Исследованы кладочные композиции «керамический материал–мертель», их поведение при нагревании. Установлена взаимосвязь между составом и связующими свойствами мертелей, установлена закономерность влияния градиента температур на фазовый состав мертеля, свойства композиции «керамический материал–мертель». Разработанные кладочные материалы, обладающие комплексом термомеханических свойств, могут быть рекомендованы для организации производства термостойкого кирпича и мертеля с повышенными эксплуатационными характеристиками для кладки и ремонта низкотемпературных тепловых установок различного назначения.

**Зажогин А.П., доктор физико-математических наук, профессор;**

*Белорусский государственный университет, г. Минск*

**Акулич В.А., студент; Патапович М.П., кандидат ф.-м. наук**

*УО «Белорусская государственная академия связи», г. Минск*

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАЛЬЦИЯ И АЛЮМИНИЯ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ТОЧКУ  
ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ С НЕДЕФОРМИРУЕМЫМИ  
ОКСИДНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ**

Контроль чистоты вещества и определение его состава являются одним из важнейших факторов производства в различных отраслях про-