

И. А. Левицкий, проф., д-р.техн.наук;
О. Н. Хоружик, асп.; А. И. Тригубович, науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

Проведен выбор исходного минерального сырья и исследованы процессы спекания в поликомпонентной системе сырьевых материалов с целью получения клинкерного кирпича. Система включала следующие компоненты, мас. %: глина месторождения «Городное» Брестской области – 5–20; суглинок месторождения «Фаниполь» Минской области – 40–55; гранитоидные отсеvy фракции менее 1,0 мм Микашевичского месторождения Брестской области, образующиеся в РУП «Гранит» – 20–40, и легкоплавкая глина месторождения «Большая Карповка» (Курская область, Россия) в количестве 10 %. Установлена возможность получения клинкерного кирпича, обеспечивающего соответствие требованиям СТБ 1787-2007 классов А и Б.

Расчетами химического оптимальной области составов синтезированных материалов установлено следующее содержание оксидов, мас. %: SiO_2 – 63,1–67,8; Al_2O_3 – 15,2–17,8. При этом сумма оксидов щелочных и щелочноземельных металлов ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$) должна составлять 5,5–6,5, а сумма $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 5,2–7,1.

Нами установлено, что соотношение $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{CaO} + \text{MgO}) + (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ для оптимальной области составов должно составлять 6,0–6,4, что обеспечивает количество формирующейся жидкой фазы и требуемую структуру, и фазовый состав клинкерного кирпича во взаимосвязи с физико-химическими и эксплуатационными свойствами образцов.

Это достигается на полученных образцах изделий в интервале температур 1000–1170 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 2 ч.

Изготовление образцов клинкерного кирпича производилось методом высушивания сырьевых материалов до влажности, не превышающей 1 %, и измельчения до размеров зерен не более 1 мм, с последующим тщательным перемешиванием составляющих, их увлажнением до влагосодержания 17–19 %. Масса вылеживалась в течение не менее 7 суток и осуществлялось пластическое формование образцов. Сушка их велась при температуре 105 ± 5 °С до влагосодержания не более 1,5 %.

Как показали результаты исследований, образцы, обожженные в интервале температур 1000–1050 °С не обеспечиваются требуемые физико-химические свойства образцов клинкерного кирпича, регламентируемые нормативно-технической документацией, и достигаются в температурном интервале обжига 1100–1170 °С.

Показатели физико-химических свойств оптимальных образцов клинкерных изделий приведены в таблице.

Показатели физико-химических свойств образцов клинкерных изделий оптимальной области составов

Наименование показателей	Значения физико-химических свойств образцов
Температурный интервал обжига, °С	1100–1170
Выдержка при максимальной температуре обжига, мин	120
Усадка общая, %	5,1–7,5
Механическая прочность, МПа при сжатии при изгибе	76–126 9,4–15,0
Морозостойкость, циклы	150–175
Водопоглощение, %	3,6–7,2
Плотность, кг/м ³	(2,18–2,6) · 10 ³
Открытая пористость, %	6,8–16,5
Истираемость, г/см ²	0,2–0,5
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	170–203
Содержание гранитоидных отсеков в оптимальной области составов, %	35–40

При температуре обжига образцов 1050±5 °С фиксируются кристаллические фазы анортита, гематита и α-кварца. Кристаллические образования муллита не установлены.

С повышением температуры обжига до 1100 °С отмечается образование муллита, количество которого резко повышается с увеличением температуры обжига. Количество α-кварца при этом снижается, что может свидетельствовать о его растворении в расплаве. Дифракционные максимумы, отвечающие анортиту и гематиту, несколько возрастают по интенсивности.

Рентгенофазовый анализ исследуемых образцов производился на установке D8 ADVANCE Brucker (Германия).

При температуре обжига 1150±5 °С происходит уменьшение интенсивности дифракционного максимума, характерного для фазы

муллита. Видимо, в этом температурном интервале наблюдается растворение первичного и кристаллизация вторичного муллита, обладающего более совершенной кристаллической структурой.

Дальнейшее повышение температуры обжига до 1170 °С приводит к росту количества муллита и дальнейшему совершенствованию его кристаллической решетки. Очевидно, ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} внедряются в решетку муллита, образуя анионные вакансии, увеличивая число дефектов кристаллической решетки и этим самым ускоряя кристаллизацию муллита и обеспечивая совершенствование его структуры.

Между количеством анортита и образующимся муллитом возникает обратная взаимосвязь. С повышением количества муллита содержание анортита резко снижается. В этом случае муллит кристаллизуется, очевидно, за счет анортита, переходящего в расплав. Состав жидкой фазы при этом также меняется как за счет поступления новых порций оксидов кальция, так и за счет растворения кварца, что также способствует кристаллизации муллита и совершенствованию его структуры. Выделение вторичного муллита особенно характерно для образцов с высоким содержанием гранитоидных отсеков 35–40 мас. %.

Исследование структуры образцов осуществлялась при помощи электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM-5620 LV (Япония). Структура образцов оптимальной области составов характеризуется наличием кристаллических образований преимущественно кристаллического и призматического габитуса с размерами крупных образований по длине в пределах 200–250 мкм. Их ширина составляет 8–120 мкм. Мелкие кристаллы имеют преимущественно неизометричный характер с размерами от 0,1 до 3,0 мкм. Присутствуют кристаллы, близкие к игольчатой форме, редко рассеянные по поверхности скола. Их диаметр составляет 0,1–0,3 мкм.

В структуре кристаллической основы присутствуют преимущественно закрытые поры. Они имеют округлую форму, реже – вытянутую. Размеры пор составляют от 10 до 30 мкм.

Значения показателей удельной эффективности радионуклидов согласно ГОСТ 30108–94 изменяются в интервале 170–203 Бк/кг при допустимой норме 370 Бк/кг.

Локальными исследованиями структуры образцов установлено наличие единичных зерен кристаллических образований анортита, гематита, ферритов кальция и магния в виде крупных зерен.