

ПОЛУЧЕНИЕ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

Левицкий И.А., Хоружик О.Н., Костик Е.А., ¹Арипова М.Х., ¹Бабаханова З.А.
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
Республика Беларусь, ¹Ташкентский химико-технологический институт,
Узбекистан

Проведены комплексные исследования полиминерального сырья Республики Беларусь, позволившие установить возможность получения клинкерного кирпича пластическим методом формования на основе многокомпонентной сырьевой смеси, включающей следующие составляющие, мас. %: тугоплавкую глину месторождения «Городное» в количестве – 10–20; суглинок месторождения «Фаниполь» – 35–50; гранитоидные отсеvy фракций менее 0,1 мм – 20–40; глину легкоплавкую месторождения «Большая Карповка» марки БК-0 (Россия) – 10–15. Установлена оптимальная область составов, включающая выше перечисленные сырьевые материалы в интервалах (мас. %): 5 – 10; 40–50; 35 – 40 и 10 соответственно. Определены технически обоснованные параметры термообработки: максимальная температура обжига изделий составляет $(1110 \pm 5)^\circ\text{C}$ с выдержкой при данной температуре – 3 ч.

Образцы клинкерного кирпича оптимальной области составов характеризуются следующими физико-химическими и технологическими свойствами: общая усадка составляет 6,7–8,0 %; водопоглощение – от 3,4 до 7,2 %; плотность – $(2,15\text{--}2,48) \cdot 10^3$ кг/м³. Механическая прочность при сжатии и изгибе – соответственно 9,0–17,1 и 72,01–136,3 МПа. Морозостойкость образцов при объемном замораживании составляет 175 циклов, истираемость – 0,20–0,40 г/см². Удельная эффективная активность естественных радионуклидов – 170–185 Бк/кг.

Основными кристаллическими фазами образцов клинкерного кирпича является муллит, α -кварц, анортит и гематит.

Установлено, что формирование муллита происходит при температуре обжига 1050 °C и выше. Повышение температуры обжига приводит как к росту его количественного содержания, так и изменению габитуса кристаллов, что установлено электронно-микроскопическим исследованием структуры образцов. При повышении температуры обжига формируются как игольчатые кристаллы, появляющиеся на ранних стадиях термообработки, так и короткостолбчатые. Размер их достигает 0,5–2 мкм. Наиболее четкий габитус имеют кристаллы, образующиеся при температуре $1150 \pm 5^\circ\text{C}$, что позволяет судить о формировании вторичного муллита. Максимальное его количество характерно для образцов, содержащих гранитоидные отсеvy в количестве 30–40 мас. %, что может свидетельствовать о формировании муллита из полевошпатовых минералов, входящих в состав гранитоидных отсевов, которые образуют расплав в процессе обжига.

Анализ зависимости физико-химических свойств изделий от химического состава исследуемых масс позволил определить, что область оптимальных составов

отвечает следующему пределу содержания оксидов, мас. %: SiO_2 – 63,1–67,8; Al_2O_3 – 15,2–17,8; сумма оксидов щелочных ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) и щелочноземельных ($\text{CaO} + \text{MgO}$) металлов – 5,5–6,5; сумма $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 5,2–7,1.

Минеральный состав оптимальной области составов керамических масс для получения клинкерной керамики позволил установить следующее содержание минералов, мас. %: 7–10 каолинита; 14–18 монтмориллонита; 6–8 иллита; 7–9 полевых шпатов; 35–39 кварца; 2–3 мусковита и биотита; 7–10 глауконита; 4 – 6 хлорита; 1–3 кальцита; 2–4 железистых минералов; 2–3 прочих минералов.

Установлено, что для оптимальной области составов соотношение оксидов ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$)/($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) должно составлять 6,0–6,4.

Проведенные исследования позволяют заключить, что формирующаяся в процессе обжига жидкая фаза, обладающая значительной вязкостью, которая возрастает с повышением температуры, действует следующим образом. С точки зрения физической она за счет энергии поверхностного натяжения способствует сближению твердых частиц массы. Кроме того, обеспечивается химическое взаимодействие за счет растворения минералов с последующим выделением из расплава термодинамически устойчивых кристаллов. Значительное количество расплава приводит также к взаимодействию продуктов термического разложения суглинков, глин и других составляющих компонентов сырьевой смеси.

При этом формируются кристаллы преимущественно призматического или игольчатого, реже пластинчатого габитуса, которые при последующем охлаждении цементируются стеклофазой и выполняют армирующую роль, повышающую механическую прочность структуры материала.

Установлено также, что реакции дегидратации минералов глин, слюд, гидрослюд и карбонатных составляющих керамических масс, окисление присутствующих органических включений, должны быть завершены до образования значительного количества жидкой фазы. Это необходимо для того, чтобы выгорание органических составляющих масс, восстановление ионов железа Fe^{3+} до Fe^{2+} , удаление гидратной влаги и продуктов разложения карбонатов происходило до формирования жидкой фазы и предупреждало заплывание формирующихся пор. Полное завершение процессов газовой выделенности до формирования расплава позволяет также избежать образования черной сердцевины в изделиях. Проведенная апробация составов масс в производственных условиях ОАО «Керамин» подтвердила возможность получения клинкерного кирпича по разработанным в исследованиях рецептуре и технологическим режимам.