

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Деревянко В.Н., д.т.н., профессор,
Кушнерова Л.А., к.т.н., доцент,
*Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная
академия строительства и архитектуры»*

Гришко А.Н., к.т.н.,
Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Abstract. Matrix structure of the produced ceramic fragment is dominated by as follows: flat particles of 1 – 2 μm and rounded particles of 0.4 – 1 μm. Optimum ceramic batch mixtures are developed based on the man-made mineral systems containing 67 % of washery wastes, 28 % of loessial loam and red-brown loams and 5 % of red mud, which supports the production of 125-150 grade ceramic brick with the average density of 1400–1600 kg/m³ at the temperature of 850°C. Optimum mode of the ceramic wall material low firing at temperature of 850°C is developed.

Актуальность проблемы. Актуальной темой исследования в настоящее время становится вовлечение в производство все большего количества местного и низкосортного сырья. Керамическая промышленность одна из немногих, которая может перерабатывать многотоннажные техногенные отходы – вскрышные породы угольных, рудных и других месторождений, золы ТЭЦ, отходы углеобогащения и металлургии. При этом продукцией отрасли являются экологически чистые изделия [1 – 4].

Схожесть химического состава террикоников, отходов углеобогащения с глинистым сырьем (дисперсность, наличие остатков топлива) позволяют их применять при производстве керамического кирпича [5].

Основной **проблемой** при использовании техногенного сырья является влияния компонентов сырьевой смеси на режим тепловой обработки, структуру и физико-механические свойства кирпича [6 – 11].

Анализ последних исследований. Во многих работах с целью снижения ресурсо- и энергозатрат в производстве керамического кирпича применялись щелочно-железосодержащие отходы, снижающие температуру обжига. Такие отходы имеются в Украине в виде красных шламов Николаевского глиноземного завода (НГЗ) и Запорожского алюминиевого комбината (ЗАЛК). Также при производстве керамического кирпича применялись отходы углеобогащения.

В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова и др. разработали и исследовали составы шихт для изготовления кирпича из лессовидного суглинка в количестве 70 – 84 %, угольной мелочи 1 – 5 % и отходов флотационного обогащения сульфидных руд 15 – 25 % [12 – 13].

Применение угольных отходов производства совместно с красным шламом позволяет снизить температуру обжига и соответственно себестоимость продукции.

Цель исследования. Разработка составов керамического кирпича с использованием террикоников и красного шлама НГЗ, которые способствуют снижению температуры обжига и формированию прочной структуры изделий после обжига.

Задачи исследования. 1. Определить влияние соотношения компонентов сырьевой смеси, модифицированной техногенными минеральными системами на структуру и физико-механические свойства керамического кирпича. 2. Разработать оптимальные составы керамических шихт на основе террикоников, суглинка и красного шлама НГЗ, обеспечивающие необходимые физико-механические характеристики керамического

кирпича. 3. Разработать оптимальный режим обжига керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами.

Результаты исследований. Проводились исследования по использованию смеси суглинков совместно с террикоником шахты Степная и красным шламом Николаевского глиноземного завода в составе сырьевой смеси.

Смесь лессовидного и красно-бурого суглинков подвергались комплексной активации в течение 0,5 часа в составе щелочной среды красного шлама НГЗ с последующим введением отходов углеобогащения (терриконика).

Были исследованы двух- и трехкомпонентные сырьевые смеси с использованием суглинистого сырья (смесь лессовидного и красно-бурого суглинков в соотношении 1:1) в количестве 62, 67 и 72 % (часть которого активировалась с 7 % красного шлама НГЗ) совместно с террикоником в количестве – 28, 33, 38 % и красным шламом НГЗ – в количестве 5, 7, 10, 15 %. Эффективность использования техногенных отходов промышленности оценивалась по показателям прочности, плотности и водопоглощения сырьевой смеси.

В исследованиях для определения влияния изменения состава сырьевых смесей на основные физико-механические свойства керамического кирпича был применен симплекс-решетчатый метод планирования эксперимента. За исходные параметры было принято содержание компонентов сырьевой смеси. За X_1 – принято содержание в сырьевой смеси глинистого компонента, за X_2 – содержание в сырьевой смеси терриконика, за X_3 – содержание в сырьевой смеси красного шлама Николаевского глиноземного завода (НГЗ).

На основании матрицы планирования были проведены экспериментальные исследования реперных составов, рассчитаны коэффициенты влияния, разработаны регрессионные модели, адекватно описывающие зависимость предела прочности на сжатие и средней плотности керамического кирпича при изменении его состава.

С помощью моделей проведено исследование влияние техногенных минеральных систем, а также соотношения компонентов сырьевой смеси на основные физико-механические свойства керамического кирпича.

Ниже приведены математические модели, адекватно описывающие зависимость прочности при сжатии и средней плотности керамического кирпича при изменении его состава.

$$R_{сж}^{850^{\circ}C} = 12,3 X_1 + 10,78 X_2 + 13,10 X_3 + 1,64 X_1 X_2 + 7,52 X_1 X_3 + 9,16 X_2 X_3 - 1,77 X_1 X_2 X_3.$$
$$\rho = 1,33 X_1 + 1,38 X_2 + 1,65 X_3 - 0,02 X_1 X_2 - 0,12 X_1 X_3 - 0,22 X_2 X_3 + 0,45 X_1 X_2 X_3.$$

По полученным моделям построены диаграмма «состав – прочность при сжатии» (рис. 1), а также диаграмма «состав – средняя плотность» (рис. 2).

По построенным диаграммам состояния состав – предел прочности при сжатии и состав – средняя плотность (рис. 1, 2), установлено что оптимальным, не приводящим к снижению прочностных показателей и повышению средней плотности, является содержание суглинка 62 – 68 %, терриконика – 25 – 33 % и красного шлама НАК – 5-7 %. По средней плотности полученный керамический кирпич относится к условно эффективному. Увеличение содержания терриконика более 33 % при снижении содержания суглинка менее 67 % приводит к снижению прочностных показателей и средней плотности керамического кирпича.

Исследования показали, что оптимальная степень измельчения возникает при помолу 25 % суглинка совместно с 5 % красного шлама НГЗ в течение 0,5 часа до полного прохождения через сито 0,02 52 % вяжущего. При этом после обжига получается равномерно обожженный черепок без дефектов. Оптимальное давление прессования 2,0–2,5 МПа. Интервал спекания, установленный экспериментально по величине водопоглощения, составляет 850 – 950°C, оптимальная температура спекания 870°C, время спекания в лабораторной муфельной печи 7–8 час. Полученные образцы имеют прочность при сжатии

14,1 МПа, плотность 1440 кг/м³, водопоглощение 12 %, при испытании на морозостойкость образцы выдержали без потери массы 50 циклов.



Рис. 1. Диаграмма состояния состав – предел прочности при сжатии для керамического кирпича на основе смеси лессовидного и красно-бурого суглинков, терриконика и красного шлама, $t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$

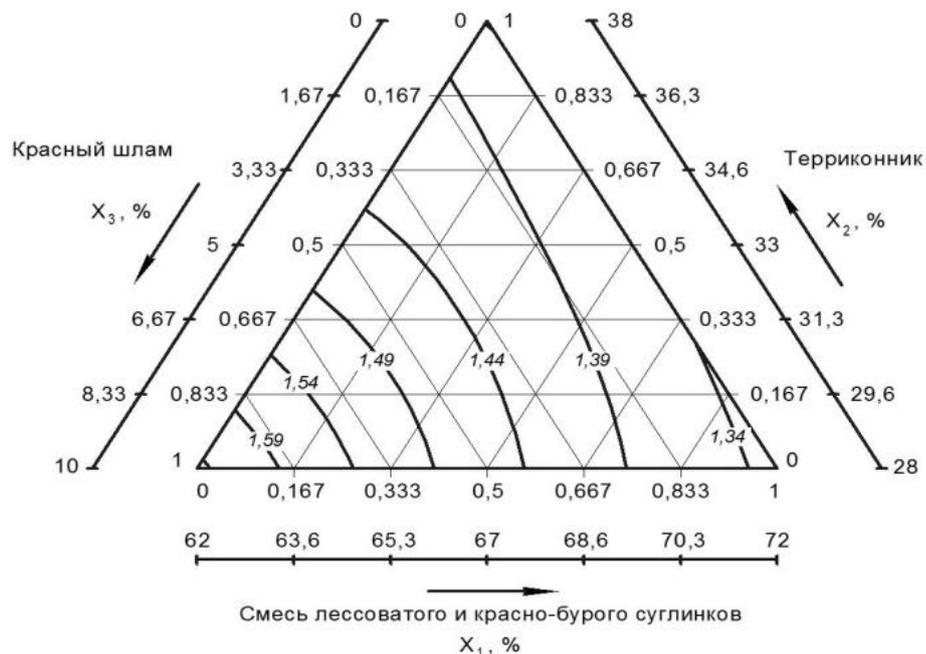


Рис. 2. Диаграмма состояния состав – средняя плотность для керамического кирпича на основе смеси лессовидного и красно-бурого суглинков, терриконика и красного шлама, $t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$

Микроструктура образцов, трехкомпонентной сырьевой смеси, из комплексно активированного сырья состоящего из 67 % смеси лессовидного и красно-бурого суглинков, 28 % терриконика, красного шлама НГЗ – 5 %, полученных в процессе обжига при температуре 850 °С приведены на рисунке 3.

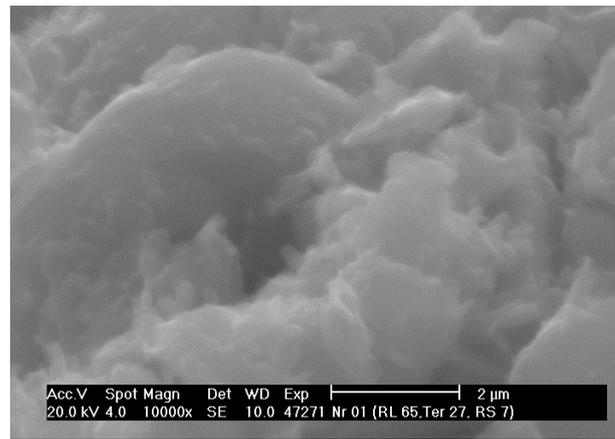
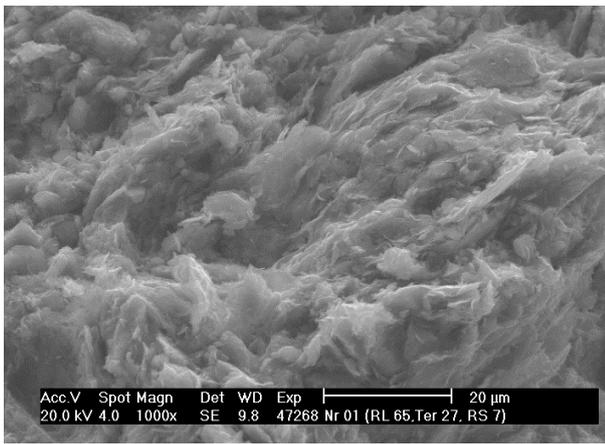


Рис. 3. Микрофотография образца трехкомпонентной сырьевой смеси, состоящая из 67 % смеси лессовидного и красно-бурого суглинков, 28 % терриконника, красного шлама НГЗ – 5 %, обожжённого при температуре 850 °С

Выявлено, что матричная структура полученного черепка в основном представлена: плоскими частицами размером 1–2 мкм, округлыми частицами размером 0,4–1 мкм. Также структура керамического кирпича пронизана порами различной конфигурации от 0,01 до 0,1 мкм и от 0,1 до 1 мкм. Общая пористость керамического кирпича составляет 24 %.

Выводы. В результате проведения исследований, выявлено, что матричная структура полученного черепка в основном представлена: плоскими частицами размером 1–2 мкм, контактирующими по типам базис – скол, скол – скол, базис – базис; округлыми частицами размером 0,4–1 мкм, связанными соединениями альбита, эгирина, ферросилитом; частично сферическими коллоидными частицами кремния или гематита.

Разработаны оптимальные составы керамических шихт на основе отходов, обеспечивающие необходимые физико-механические характеристики керамических материалов, содержащие отходы углеобогащения, лессовидный и красно-бурый суглинки, красный шлама.

Разработан оптимальный режим обжига керамических стеновых материалов при температуре 850 °С. Выявлено, что комплексная активация лессовидного суглинка в щелочной среде красного шлама на завершающей стадии обжига снижает температуру спекания кирпича с 970 до 870°С по сравнению с не активированным сырьем и сокращает длительность обжига на 20%.

Литература

1. Коляда С.В. Перспективы развития жилищного строительства и производства основных конструктивных строительных материалов на период до 2010 года / С.В. Коляда // Строительные материалы. 2007. – № 2. – С. 5 – 8.
2. Бегоулев С.А. Перспективы развития рынка керамического кирпича Санкт-Петербурга и Ленинградской области / С.А. Бегоулев // Строительные материалы. – 2006. – № 2. – С. 5–7.
3. Трофимов В.Я. Использование отхода производства ферро / В.Я. Трофимов // Бетон и железобетон. – 1987. – № 4. – С. 39–41.
4. Гальперина М.К. Использование вторичных ресурсов в производстве керамических изделий / М.К. Гальперина, Н.П. Тарантул // Пром-сть строит, материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность. Аналит. обзор. ВНИИЭСМ. М., 1991. – С. 91.
5. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики / В.Ф. Павлов – М.: Стройиздат, 1977. – 240 с.

6. Дерев'янюк В.М. Зависимость температуры обжига суглинка от содержания органических и щелочезелесодержащих систем / В.М. Дерев'янюк, Г.М. Гришко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2015. – Вип. 58. – С. 92-98.
7. Приходько А.П. Науково-обґрунтоване використання сировини техногенного походження в технології виробництва будівельних матеріалів / А.П. Приходько, Н.С. Сторчай, Д.О. Маляр, Д.В. Кононов, Г.М. Гришко // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 59. – С. 208–213.
8. Бурмистров В. Н. Повышение эффективности производства керамического кирпича. / В.Н. Бурмистров, Г.В. Ведерников // Достижения строительного материаловедения: Сб. науч. ст., посвященный 100-летию со дня рождения П.И. Боженова. – СПб.: Изд-во ОМ-Пресс, 2004. – С. 140.
9. Приходько А.П. Исследование низкокачественного сырья и техногенных отходов промышленности с целью их применения при производстве керамического кирпича / А.П. Приходько, Н.В. Шпирько, Н.С. Сторчай, А.Н. Гришко, Ю.Н. Вечер, Д.В. Кононов, Б.В. Богданов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2012. – № 7-8. – С. 16–24.
10. Приходько А.П. Получение керамических материалов на основе техногенного сырья / А.П. Приходько, Н.С. Сторчай, Г.М. Гришко, Ю.Н. Вечер // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы международной научно-технической конференции. – Минск, 2012. – Ч. 1. – С. 64–68.
11. Химическая технология керамики и огнеупоров / [Будников П. П., Балкевич В. Л., Бережной А. С. и др.]; под ред. П. П. Будникова, Д. Н. Полубояринова. – М.: Изд лит-ры по строительству, 1972. – 551 с.
12. Абрахимов В.З. Влияние золошлакового материала на физико-механические свойства и фазовый состав кирпича на основе бейделлитовой глины / В.З. Абрахимов, В.В. Шевандо, А.В. Абрахимов, В.И. Кожевников, Е.В. Вдовина, Е.С. Абрахимова, С.Ж. Сайбулатов // Изв. Вузов. Строительство. – 2008. – №7. – С. 20-25.
13. Абрахимов В.З. Влияние железосодержащего шлака на структуру пористости керамического кирпича / В.З. Абрахимов, Е.С. Абрахимова, В.П. Долгий // Изв. Вузов. Строительство. – 2006. – № 1. – С. 36–39.