

УДК 691.421

ДЕКОРАТИВНЫЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОСОРТНОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

¹Трошкин А.В., ¹Батурин А.Г., ¹Налетов Н.В., ¹Никифорова Э.М.,
¹Еромасов Р.Г., ²Гриценко Д.А.

¹ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: kmp198@inbox.ru;

²ООО «Сибирский элемент», Красноярск, e-mail: gdagda@mail.ru

Апробированы способы получения лицевых керамических изделий с применением как объемных, так и поверхностных способов формирования лицевой поверхности с разнообразной цветовой палитрой. Для получения лицевого кирпича с применением объемного способа формирования лицевой поверхности темно-красных и бордовых тонов исследованы отходы обогащения железных руд Абаканского месторождения после их двухстадийной сухой магнитной сепарации. Введение в керамическую шихту 20–30 мас. % «хвостов» обогащения железной руды позволяет расширить цветовую гамму керамического кирпича от интенсивно-красных до бордово-черных тонов. Достигнуто повышение прочности обожженных образцов на 60–80 % по сравнению с показателями заводских шихт. В качестве торкрет-масс выбраны составы, содержащие бой стекол различной цветовой гаммы при возможном сочетании стеклобоя с огнеупорной и керамзитовой крошкой. В качестве ангобных лицевых масс выбраны составы, содержащие бой стекла, огнеупорную беложгущую глину, кварцевый песок и оксиды Cr, Ti, Mn.

Ключевые слова: цветовая гамма, ангоб, торкрет, лицевой кирпич, водопоглощение, усадка, предел прочности при сжатии, спекание, оксид железа, объемное окрашивание

DECORATIVE BRICK BASED LOW-GRADE RAW CLAY

¹Troshkin A.V., ¹Baturin A.G., ¹Naletov N.V., ¹Nikiforova E.M.,
¹Eromasov R.G., ²Gritsenko D.A.

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: kmp198@inbox.ru;

²ООО «Siberian element», Krasnoyarsk, e-mail: gdagda@mail.ru

Tested methods of preparation facial ceramic products using both bulk and surface methods of forming the front surface with a diverse color palette. For facing bricks using volumetric method for forming the face of the dark red and burgundy tones investigated waste iron ore beneficiation Abakan field after a two-stage dry magnetic separation. Introduction to the ceramic batch of 20–30 wt. % «Tails» of iron ore beneficiation allows to expand the color range of ceramic bricks from intense red to burgundy-black tones. Achieved fired samples increase in strength by 60–80 % as compared to plant batches. As a mass shotcrete selected formulations containing bout glass of various colors, combined with a possible broken glass and refractory claydite crumbs. As angobnyh facial mass selected compositions containing glass battle refractory clay, quartz sand and oxides of Cr, Ti, Mn.

Keywords: colors, engobed, shotcrete, face brick, water absorption, shrinkage, compressive strength, sintering, iron oxide, staining volume

В настоящее время архитекторы и дизайнеры охотно используют керамику в оформлении фасадов зданий в органичном сочетании с живой природой. Современная керамическая отрасль решает вопросы по организации выпуска лицевых керамических строительных изделий архитектурно-отделочного назначения, выполняющих одновременно конструктивные и декоративные функции.

Керамические изделия могут быть получены с применением как объемных, так и поверхностных способов формирования лицевой поверхности с разнообразной цветовой палитрой. Применение поверхностных приемов формирования декоративного покрытия торкретированием минеральной крошкой, ангобированием, двухслойным формованием, глазурованием требует использования вспомогательного оборудования, но при этом очевидны преимущества,

связанные с существенной экономией материалов для формирования лицевого слоя. Получение лицевого кирпича методом объемного окрашивания достаточно легко вписывается в процессы действующих предприятий с незначительной их перестройкой, связанной с подготовкой дополнительных сырьевых компонентов, в том числе и промышленных отходов, и подачей в основную технологическую линию.

Материалы и методы исследования

Элементный состав исходных сырьевых материалов и отходов промышленности определяли рентгеноспектральным анализом на спектрометре Lab Center XRF-1800 Shimadzu (Japan). Фазовый состав материалов и спеченных масс определяли рентгенофазовым анализом на дифрактометре фирмы Shimadzu XRD-6000. Измельчение исходных сырьевых материалов осуществили на щековой дробилке ЦД-6. Фракционирование материалов проведено на ситовом анализаторе ВПТ-220. Для изготовления

лицевого кирпича выбраны и исследованы легкоплавкий красножгущийся суглинок Кубековского месторождения и тугоплавкая светложгущаяся глина Кантатского месторождения. Химический состав исходных сырьевых материалов представлен в табл. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения лицевого кирпича с применением объемного способа формирования лицевой поверхности темно-красных и бордовых тонов исследованы отходы обогащения железных руд Абаканского месторождения после их двухстадийной сухой магнитной сепарации. Минералогический состав отходов представлен магнетитовыми, гематито-магнетитовыми, хлорито-магнетитовыми, кварц-карбонатамагнетитовыми ассоциациями.

Анализ химического состава отходов свидетельствует о значительном содержании в них оксидов железа, что и определяет целесообразность их использования при получении керамических стеновых материалов насыщенных бордовых темных тонов. Как следует из табл. 1, соединения железа в «хвостах» обогащения железных руд находятся как в закисной (FeO), так и в оксидной форме (Fe_2O_3). Известно, что оксиды железа являются одними из наиболее эффективных минерализующих добавок на стадии спекания керамики [1–2]. Их роль сводится, помимо образования железистых

расплавов, к интенсификации процесса растворения кварца, росту кристаллов первичного муллита и, следовательно, формированию более совершенной структуры керамики с высокими эксплуатационными свойствами [1, 7–8].

С учетом известного факта, что соединения железа в оксидной форме в меньшей степени способствуют активизации процессов спекания керамических материалов [4–6], разработаны составы масс на основе комплексной добавки в виде «хвостов» железной руды и шлама газоочистки алюминиевого производства, содержащего углерод до 50–60%. Углеродистая составляющая шлама способствует переходу оксида железа в закисную форму, реагирующую с аморфным кремнеземом с образованием железистых стекол, способствующих интенсивной цементации системы. Наличие в отходах низковязких минерализаторов определяет их значительное влияние на процессы образования железистых расплавов, а также формирования оптимальных кристаллизационных структур керамических масс при термической обработке. Многоотнажные отходы алюминиевого производства – шламы газоочистки представлены тонкодисперсным материалом черного цвета с размером частиц от 0,071 до 1,0 мм и состоят из метаморфизованных угольных частиц графита, криолита, хиолита, корунда, флюорита, нефелина, диаспора и др.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов, мас. %

Наименование отхода	Содержание оксидов, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2	K_2O	Na_2O	прочее
Глина Кантатского месторождения	61,79	23,20	0,34	–	0,27	0,15	–	1,43	1,24	11,58
Суглинок Кубековского месторождения	56,40	13,80	5,78	–	7,18	2,30	–	1,90	1,25	12,39
«Хвосты» обогащения железных руд Абаканского месторождения	44,00	13,02	5,81	9,70	7,09	6,14	3,28	–	0,16	10,55

Таблица 2

Составы масс, цвет спеченного черепка и физико-механические свойства обожженных образцов на основе кубековского суглинка

Цвет черепка	Количество и вид отходов, мас. %	Прочность при сжатии, МПа при температурах обжига, °С			
		900	950	1000	1050
Темно-бордовый	«хвосты» железных руд 30	12,8	14,9	21,3	22,4
Бордово-черный	«хвосты» железных руд 25, шлам 5	19,4	26,8	42,3	53,4
Бордовый	«хвосты» железных руд 25, уголь 5	17,5	22,0	37,0	44,5

В табл. 2 приведены составы масс с отходами промышленности и механические свойства обожженных образцов.

В качестве основы для получения лицевых изделий поверхностным способом торкретирования лицевой поверхности выбран состав заводской шихты предприятия «Сибирский элемент» г. Красноярск (мас. %): суглинок кубековский-80, глина канатская-20. Без декорирования поверхность обожженного керамического кирпича характеризуется невыразительным, зачастую пятнистым видом. Спеченная структура основы для торкретирования представлена на рис. 2 (а) и характеризуется значительной открытой пористостью, что делает перспективным выбранное направление по нанесению защитного декоративного слоя на ложковую и тычковую

поверхности с целью снижения на них открытой пористости.

В качестве торкрет-масс выбраны составы, содержащие бой стекол различной цветовой гаммы при возможном сочетании стеклобоя с огнеупорной и керамзитовой крошкой [2, 3].

Отдельные составы экспериментальных торкрет-масс приведены в табл. 3. В состав массы для торкретирования вводили крошку с зернами фр. $-5 + 2$ мм и получали крупнозернистую грубошероховатую фактуру, при зернах фр. $-2 + 1$ мм – среднезернистую шероховатость, а при зернах фр. $-1 + 0,5$ мм – сравнительно гладкую поверхность со сплошным покрытием.

Экспериментальная фактурная поверхность отдельных торкретированных образцов после обжига приведена на рис. 1.

Таблица 3

Составы фактурного слоя

Компоненты	Количество, мас. %
Огнеупорная крошка	80
Бой легкоплавкого стекла молочного цвета	20
Огнеупорная крошка	50
Бой легкоплавкого темно-зеленого стекла	50
Керамзитовая крошка	50
Бой легкоплавкого стекла молочного цвета	50
Керамзитовая крошка	80
Бой легкоплавкого темно-зеленого стекла	20



Рис. 1. Фактурные поверхности торкрет-масс

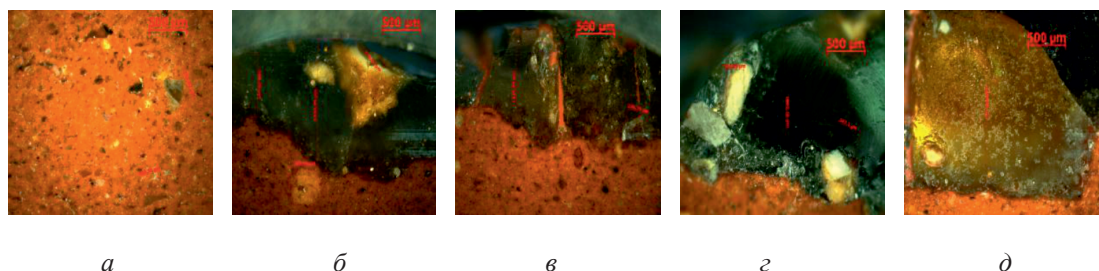


Рис. 2. Структура спеченной основы заводской массы ООО «Сибирский элемент» (а), декоративного слоя торкрет-массы фракции $-1,0 + 0,5$ мм (б), фракции $-5,0 + 2,0$ мм (в, д), фракции $-5,0 + 0,5$ мм (г)

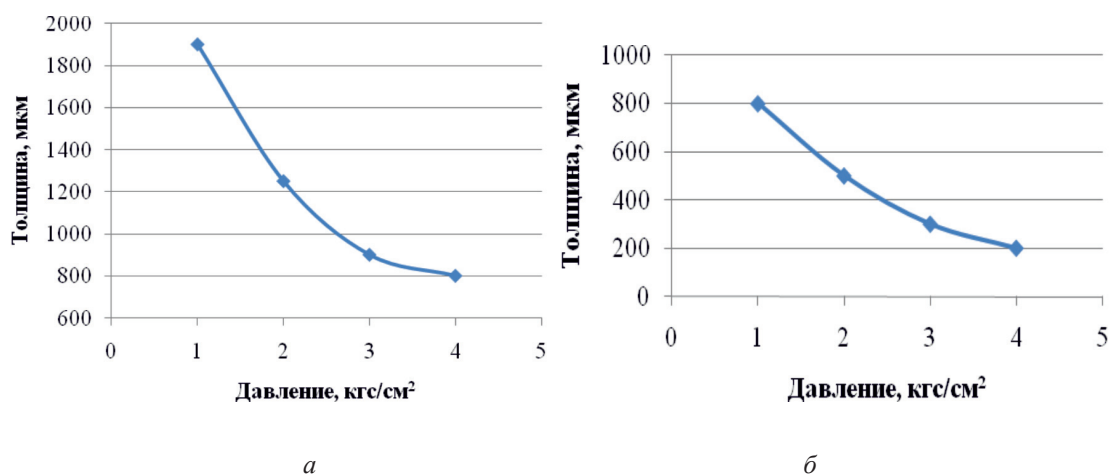


Рис. 3. Зависимость толщины покрытия от усилия вдавливания и размера фракции торкрет-порошка: а – фр. $-5,0 + 2,0$ мм, б – фр. $-2,0 + 1,0$ мм

Таблица 4
Водопоглощение и усадка в зависимости от концентрации стеклобоя

№ п/п	Содержание стеклобоя, %	Водопоглощение W, %	Усадка L, %		
			Воздушная	Огневая	Общая
1	0	3,7	11,3	4,44	15,34
2	5	1,9	10,9	4,9	16,2
3	10	1,4	10,7	5,1	16,1
4	15	0,7	10,7	5,3	15,8
5	20	0,5	9,9	5,4	15,8
6	25	0,4	9,7	5,9	15

Установлена экспериментальная зависимость толщины декоративного торкретированного слоя в зависимости от размера фракций торкрет-массы и удельного усилия вдавливания торкрет-порошка (рис. 2, б–д; рис. 3, а–б).

В качестве ангобных лицевых масс выбраны составы, содержащие бой стекла, огнеупорную беложгущуюся глину Канатского месторождения, кварцевый песок и оксиды Cr, Ti, Mn [3].

Исследованы процессы спекания ангобных масс с использованием различного содержания стеклообразующего компонента. Показатели водопоглощения и усадки в зависимости от концентрации стеклобоя приведены в табл. 4 и на рис. 4 (а–в). Содержание песка в составах ангобных масс поддерживалось на фиксированном уровне и составляло 10 масс. %.

Выявлена закономерность снижения водопоглощения с увеличением концентрации стеклобоя в керамической массе, что свиде-

тельствует о реализации в них жидкофазного механизма спекания, сопровождающегося образованием расплава при достаточно низких температурах. Данная закономерность подтверждается увеличением огневой усадки с вводом стеклобоя. Признано целесообразным введение в ангобные массы 10 масс. % стеклобоя, обеспечивающих образование жидкой фазы при низких температурах и достаточных объемах. Выявлена возможность регулирования цветовой гаммы ангобного покрытия, изготовленного из низкосортного глинистого сырья с целью улучшения декоративных свойств керамического кирпича за счет ввода отдельных оксидных компонентов.

Экспериментальная фактурная поверхность отдельных ангобированных образцов после обжига приведена на рис. 5.

Использование разнообразных красящих оксидов в составе ангобного покрытия позволяет регулировать цветовую гамму лицевого слоя керамического изделия.

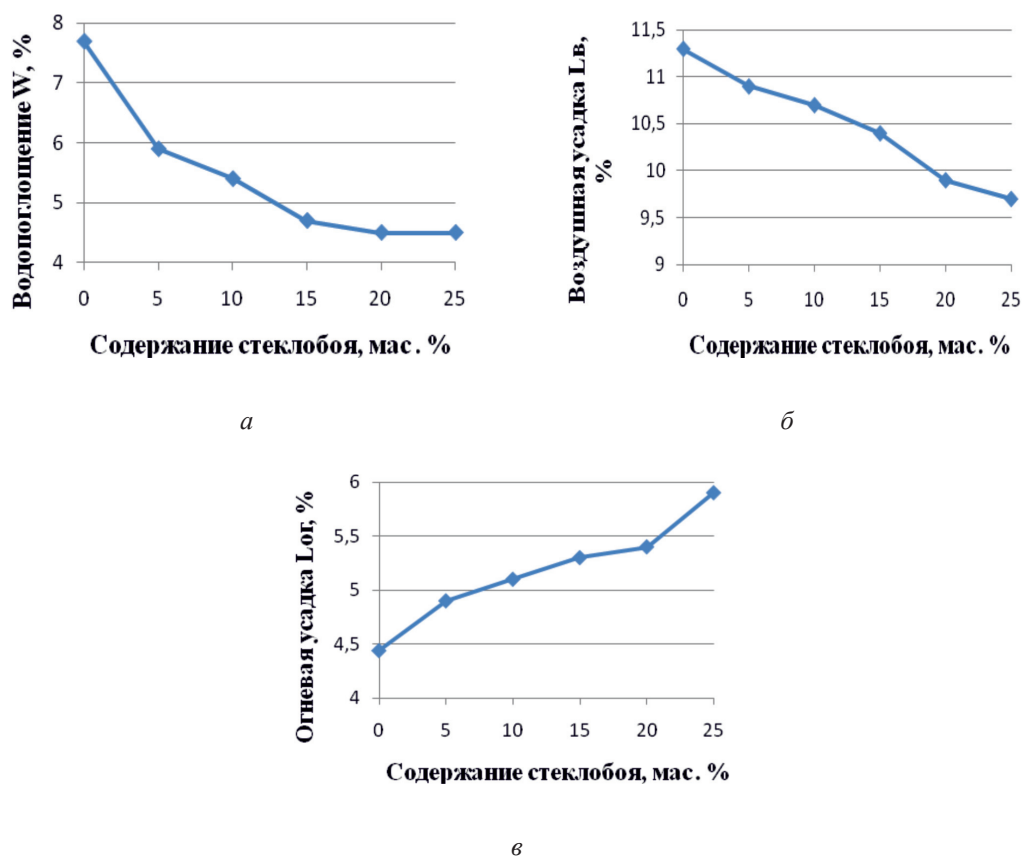


Рис. 4. Зависимость водопоглощения (а), воздушной усадки (б), огневой усадки (в) от концентрации стеклобоя

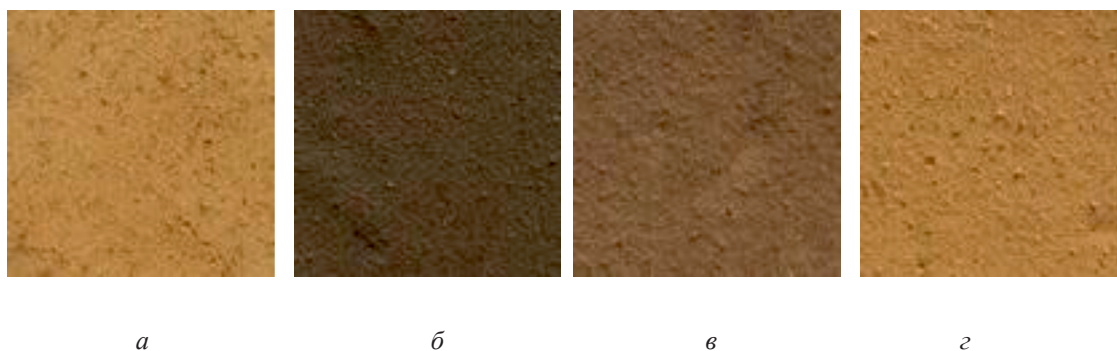


Рис. 5. Основа ангоба (а) и фактурные поверхности ангобированных образцов с добавлением оксида Cr (б), оксида Mn (в), оксида Ti (г)

Заключение

Керамические изделия с разнообразной цветовой палитрой фактурного слоя получены с применением как объемных, так и поверхностных способов формирования лицевой поверхности. Введение в керамическую шихту 20–30 мас. % «хво-

стов» обогащения железной руды позволяет расширить цветовую гамму керамического кирпича от интенсивно-красных до бордово-черных тонов, при этом достигнуто повышение прочности обожженных образцов на 60–80 % по сравнению с показателями заводских шихт. Перспективно нанесение ангоба и торкрета на свеже-

сформованные изделия с целью получения на стадии обжига декоративных покрытий широкой цветовой гаммы и фактурной поверхности.

Список литературы

1. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Роль оксида железа в формировании фазового состава при обжиге плиток для полов на основе отходов топливно-энергетической промышленности // *Материаловедение*. – 2014. – № 7. – С. 42–46.
2. Добрынина Г.Г. *Художественная керамика*, Учебно-практическое пособие. – М.: Изд-во ВГУЭС, 2013. – 80 с.
3. Белявский В.В. *Ангоб. Флюсный ангоб: учебное пособие* / В.В. Белявский. – Витебск: Академия, 2007. – 65 с.
4. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Формирование ячеистозаполненной структуры керамических композиционных материалов (на примере железорудных отходов) // *Вестник Тувинского государственного университета*. Се-

рия: Технические и физико-математические науки. – 2013. – № 3. – С. 47–58.

5. Пат. 2500647 Российской Федерации, МПК С 04 В 33/132 Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения / Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И., Иванов А.И., Бердов Г.И., Столбоушкина О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет». – № 2012116133/03; заявл. 20.04.2012; опубл. 10.12.2013. Бюл. № 34.

6. Фомина О.А., Столбоушкин А.Ю. Формирование рациональной поровой структуры стеновой керамики из шламистых железорудных отходов // *Строительные материалы*. – 2015. – № 12. – С. 1–5.

7. Monteiro S., Vieira C. On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update Review Article // *Construction and Building Materials*. – 2014. – Vol. 68. – P. 599–610.

8. Silva F.L., Araújo F.G.S., Teixeira M.P., Gomes R.C., Krüger F.L. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic Review Article // *Ceramics International*. – 2014. – Vol. 40, Iss. 10, Part B. – P. 16085–16089.