

процессах кристаллизации анортита. Наличие эндотермического эффекта при температуре 1081,4 °С связано с плавлением составляющих шихты.

Структура глазурного покрытия представлена игольчатыми и чешуйчатыми агрегатами, а также октаэдрическими кристаллами.

Проведенными исследованиями установлено, что для получения качественных металлизированных блестящих глазурей красновато-коричневого цвета, отвечающих требованиям нормативно-технической документации, и обладающих высокими декоративно-эстетическими характеристиками и физико-химическими свойствами, максимальное количество оксида меди (II) в составе шихтовой композиции должно составлять 10,0–15,0 % при содержании фритты в количестве 25,0–27,5 %.

В результате исследования разработан состав металлизированной глазури для керамогранита, позволяющий уменьшить энергетические затраты при варке фритты и использовать данное покрытие взамен импортируемого из Италии порошка металлизированной глазури.

### РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СОСТАВЫ АНГОВОВ ДЛЯ МОНТАЖНОЙ СТОРОНЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК

Жукова И.И., Левицкий И.А., д-р техн. наук, профессор

*Белорусский государственный технологический университет*

Исследования касаются составов ангобных покрытий, наносимых на рельефную тыльную сторону керамических плиток различного ассортимента (плиток для внутренней облицовки стен, плиток для полов, керамогранита, клинкерной плитки). Нанесенный на рельефную поверхность плитки ангоб защищает керамические ролики от загрязнения составляющими компонентами массы и глазурей, продлевая тем самым срок их эксплуатации.

Разрабатываемые ангобные суспензии предназначены для нанесения на керамогранит, обжигаемый при температуре 1200±5 °С.

Синтез составов ангобов проводился в системе сырьевых материалов: бой отработанных гипсовых форм, используемых при стендовом литье санитарных керамических изделий; глинозем технической марки NO-105 (Германия) и глина огнеупорная марки «Веско-Гранитик» (Украина). Шаг варьирования компонентов составлял 2 мас. %. Усредненный химический состав применяемых компонентов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненный химический состав сырьевых компонентов, используемых для приготовления ангобов

Наименование компонентов	Оксиды и их содержание, мас. %								
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	другие оксиды	п.п.п.
Бой гипсовых форм	37,37	0,80	0,25	0,17	0,07	–	–	SrO – 0,17 SO <sub>3</sub> – 44,82	16,35
Глина «Веско-Гранитик»	0,29	60,00	26,40	1,00	2,11	0,41	1,32	MgO – 0,29	7,93
Глинозем NO-105	0,02	0,20	99,54	0,04	–	0,11	0,08	CuO – 0,01	–

Для обеспечения требуемых реологических характеристик и улучшения адгезии к керамической массе применялись триполифосфат натрия и карбоксилметилцеллюлоза, вводимые в количестве по 0,5 мас. % сверх 100 % составляющих. Помол велся мокрым

способом при воложності около 50 % в микрошаровой мельнице типа «Spedy» (Италия) до остатка на сетке № 0063 в количестве 1,2–1,5 мас. %. Рабочая плотность суспензии составляла 1240–1300 кг/м<sup>3</sup>. Ангобная суспензия наносилась на конвейерной линии перед загрузкой плитки в печь обжига, толщиной слоя 0,1–0,2 мм. Обжиг керамической плитки с ангобным покрытием монтажной стороны проводили в промышленной конвейерной роликовой печи в течение 48±2 мин. при максимальной температуре обжига 1200±5 °С.

Дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК) с помощью прибора DSC 404 F3 Pegasus фирмы NETZSCH (Германия) в интервале температур 20–1200 °С установлены термические процессы, протекающие в ангобе.

Наиболее глубокий эндотермический эффект с минимумом при 155,1 °С обусловлен дегидратацией двухводного гипса CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O до полугидрата CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O. При 175,7 °С эндоэффект связан с образованием β-обезвоженного полугидрата [1]. При температуре 407 °С экзоэффект обусловлен перестройкой его кристаллической решетки с превращением в растворимый β-CaSO<sub>4</sub> [1]. Эндоэффект при 494,6 °С обусловлен удалением структурной (гидроксильной) воды из монтмориллонита с частичной его аморфизацией [2] и переходом β-CaSO<sub>4</sub> в нерастворимый ангидрит [1]. Разложение каолинита с выделением химически связанной воды и аморфизацией вещества связан неглубокий эндотермический эффект с максимумом при 647,6 °С [2]. Потеря оставшейся части структурной (конституционной) воды и структурная перестройка монтмориллонита отвечает эндоэффекту при 930,2 °С [2]. Образование эстрих-гипса CaSO<sub>4</sub>·nCaO по реакции 2CaSO<sub>4</sub>→2CaO+2SO<sub>2</sub>↑+O<sub>2</sub>↑ происходит при 1066,2 °С, чему соответствует эндотермический эффект [1]. При 1150,0 °С отмечается эндоэффект, обусловленный полиморфным превращением ангидрита (α-CaSO<sub>4</sub>) [1].

Физико-химические свойства синтезированных ангобных покрытий для монтажной стороны керамических плиток, обожженных по указанному выше температурно-временному режиму, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства ангобных покрытий

Наименование свойств	Значение показателей
Характеристика ангобных покрытия	Равномерное матовое с гладкой поверхностью, плотной текстурой
Цвет обожженного покрытия	Белый
Водопоглощение ангобов, мас. %	5,1–6,5
Усадка общая, %	5,6–6,2
ТКЛР в интервале температур 20–600 °С, α·10 <sup>6</sup> К <sup>-1</sup>	7,56–7,84
Износостойкость, степень	3–4
Износостойкость (по кварцевому песку), г/см <sup>2</sup>	0,12–0,16
Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	2,30–2,39
Истинная пористость, %	12,3–15,1

Исследованием указанных физико-химических свойств проводились в соответствии с ГОСТ 27180 «Плитки керамические. Методы испытаний» и общепринятыми методиками керамического производства.

Представленные в таблице 2 данные по физико-химическим свойствам ангобов для монтажной стороны керамических плиток показывают соответствие их показателей требованиям ГОСТ 6787 «Плитки керамические для полов. Технические условия». Ангобные суспензии характеризуются хорошей адгезией к поверхности керамической плитки, сродством с ее материалом, обеспечивая качественное покрытие на монтажной стороне плитки, отсутствие осыпания и пыления, достаточную эстетичность.

Рентгенофазовим аналізом, проведеним на установці D8 ADVANCE Brucker (Германія), встановлено переважаюче наявність кристалічної фази ангидриду  $\alpha$ -CaSO<sub>4</sub> (3,49; 2,849; 2,328; 2,208 Å) і невеликого вмісту анортиту CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub> (3,20; 3,18; 3,12 Å).

Проведені дослідження дозволили запропонувати ресурсозберігаючий склад ангоба для монтажної сторони плиток для полов, забезпечуючих високу якість покриття, в складі якого переважає нині не утилізуваний відход – оброблені при литті санітарних керамічних виробів гіпсові форми.

#### Література

1. Гіпсові матеріали і вироби (виробництво і застосування). Справочник / Під заг. ред. А.В. Ферронської. – М.: Из-во асоціації будів. вузів, 2004. – С. 35–40
2. Термічний аналіз мінералів і гірних порід / В.П. Іванова, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.М. Розінова. – Л.: Недра, 1974. – 399с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

Левицкий И.А., д-р техн. наук, профессор, Хоружик О. Н., Костик Е. А., Тригубович А.И.  
*Белорусский государственный технологический университет*

В XXI веке актуальность клинкерного кирпича возросла благодаря существенному преимуществу этого продукта перед другими подобными материалами (в том числе и природными) – высокой долговечностью и экологичностью, при сопоставимости других характеристик, высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды. В Республике Беларусь клинкерный кирпич не производится, потребность удовлетворяется за счет импорта в основном из Украины, Германии, Польши.

Согласно СТБ 1787-2007 клинкерный кирпич подразделяют на два класса: А – для кладки фундаментов, стен, для кладки и облицовки стен в гидротехнических сооружениях, для тротуаров и отмосток и Б – для кладки и облицовки стен зданий и сооружений.

Целью исследований является синтез составов керамических масс для получения клинкерного кирпича методом пластического формования на основе полиминерального глинистого сырья Республики Беларусь и отсевов дробления гранитоидных пород.

В качестве глинистых компонентов при проведении исследований применялись тугоплавкая глина месторождения «Городное» Брестской области, глина тугоплавкая месторождения «Крупейский сад» Гомельской области и суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области. Использование в составе масс композиций глин с различной дисперсностью и минералогическим составом способствует повышению физико-химических свойств изделий и стабилизации химического состава. Введение в состав массы гранитоидных отсевов позволит интенсифицировать спекание, получить более плотный черепок и повысить механическую прочность образцов.

В составах масс, как уже отмечалось выше, использовались гранитоидные отсевы фракции менее 1,0 мм – отходы камнедробления гранитов Микашевичского месторождения Брестской области, образующиеся на РУПП «Гранит».

Система сырьевой смеси включала, %<sup>1</sup>: глина «Городное» – 40–55; суглинки месторождения «Фаниполь» – 10–30; гранитоидные отсевы (фракции менее 1,0 мм) – 20–35 с шагом варьирования компонентов 2 %. При этом содержание глины месторождения «Крупейский сад» было принято постоянным и составляло 10 %.

Усредненный химический состав сырьевых материалов приведен в таблице.