

ние производственных шликеров на 3–4%, что позволит снизить расход топлива и энергии при производстве плиток грес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пищ И.В., Шишаков Е.П., Малицкая Л.Ю. Текучесть глинистых суспензий для облицовочных плиток // Стекло и керамика. – 2004. – № 12. – С. 15–17.
2. Югой Н.С., Климова Е.В. Реологические свойства майоликовых изделий с разжижающей добавкой на основе полиакрилата натрия // Стекло и керамика. – 2004. – № 1. – С. 19–21.

УДК 666.29

И.А. Левицкий, проф., д-р техн. наук;
Ю.Г. Павлюкевич, ст. преп., канд. техн. наук;
Ю.С. Радченко, ст. преп., канд. техн. наук; А.Б. Сташенин, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ЦВЕТНЫЕ ГЛАЗУРИ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

Синтез и исследование глазурных покрытий проводили на основе стекол системы $R_2O-RO-Al_2O_3-Fe_2O_3(FeO)-B_2O_3-SiO_2$. В качестве нетрадиционных источников железосодержащего сырья использовали природные глауконитсодержащие пески месторождения «Добруш» Гомельской области, а также обогащенный глауконит, полученный на их основах [1].

Глауконитсодержащие пески представляют собой осадочные породы обладающие насыщенным зеленым цветом и характеризующиеся минеральным составом, представленным кварцем, глауконитом и калиево-натриево-кальциевыми полевыми шпатами. Согласно химическому составу для них характерно содержание значительного количества оксидов кремния (84,15–87,39 %*), алюминия (3,06–3,92 %) и железа (II,III) (3,3–3,98 %), а также оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (2,91–4,46 %). После обогащенная глауконитсодержащие пески представлены главным образом глауконитом и отличаются по химическому составу более высоким содержанием оксидов железа (II,III) –21,78% и пониженным содержанием оксида кремния – до 49,8%.

В качестве сырьевых материалов наряду с природными глауконитсодержащими песками и обогащенным глауконитом использовались борная кислота, сода кальцинированная, мел, карбонаты магния и бария, оксид цинка и технический глинозем. Варка фритт осуществля-

* здесь и далее по тексту приведено массовое содержание

лась при температуре 1400–1450°C с выдержкой при максимальной температуре 1,5 ч. Стекловидные покрытия получены на основе стекол оптимальных составов путем тонкого помола по мокрому способу с добавлением 5–7% огнеупорной глины и последующим нанесением полученной суспензии на керамическую подложку. Термическая обработка полученных образцов проводилась в интервале температур 850–1050°C с выдержкой при максимальной температуре 30 мин.

Установлено, что формирование стекловидных покрытий, синтезированных на основе глауконитсодержащего сырья, определяется процессами кристаллизации и ликвации. Глушение стекловидных покрытий, содержащих до 4,5% Fe_2O_3 , обеспечивается при совместном введении оксидов CaO и MgO за счет ликвационного разделения. Определено, что для интенсификации процесса ликвации в состав стекла необходимо вводить не менее 1,6% MgO . При содержании в стекле 10% и более оксида железа обеспечивается кристаллизация железосодержащих фаз – гематита и магнетита.

Определено, что на основе стекол, содержащих до 6,8 % оксидов железа, при обжиге в температурном интервале 850–1050 °C формируются глазурные покрытия бледно-зеленых и зеленовато-серых тонов. При содержании Fe_2O_3 10 % и более покрытия окрашиваются в различные тона коричневого цвета.

Проведенные исследования позволили установить, что цветовые характеристики железосодержащих глазурей определяются координационным состоянием ионов железа и зависят от молярного соотношения $(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$. При избытке оксидов $(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})$ ионы железа, также как алюминия и бора, образуют тетраэдрические кислородные комплексы $[\text{Fe}^{3+}\text{O}_{4/2}]^- \text{R}^+$ и $[\text{Fe}^{3+}\text{O}_{4/2}]^{2-} \text{R}^{2+}$ и замещают кремний в структуре стекла. Для составов стекол с молярным соотношением $(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3) > 1,15$ характерна тетраэдрическая координация ионов Fe^{3+} и октаэдрическая – ионов Fe^{2+} . При молярном соотношении $(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3) < 1,15$ в составе стекол характерно присутствие в стекле ионов железа Fe^{3+} в октаэдрической координации. Как известно в двухвалентном шестикординированном состоянии ионы железа окрашивают стекло в синеvато-зеленый или синий цвет. В трехвалентном состоянии они придают желтовато-зеленый или желтый оттенок, более светлый при наличии групп $[\text{Fe}^{3+}\text{O}_{4/2}]$ и переходящий в коричневый при образовании групп $[\text{Fe}^{3+}\text{O}_{6/2}]$. Согласно цветовым характеристикам синтезированных глазурей в их составе преобладает трехвалентное железо в различной степени координации.

Формирование коричневого глазурного покрытия обусловлено перенасыщением расплава оксидами железа и частичным их переходом в кристаллическую фазу. При содержании в составе стекла более

10% Fe_2O_3 катионы Fe^{3+} , находящиеся в октаэдрической координации, переходят при варке стекла в расплав (1450°C). При наплавлении глазурного покрытия при температуре $740\text{--}800^\circ\text{C}$ происходит кристаллизация железистых фаз – гематита и магнетита.

Структурные изменения, происходящие в стеклах с ростом содержания оксидов железа, исследовались методом ИК–спектроскопии. На ИК–спектрах железосодержащих стекол имеются четко выраженные полосы в области $1400\text{--}1405$, $1058\text{--}1074$, $780\text{--}800$, $695\text{--}702$, $460\text{--}468\text{ см}^{-1}$. Особенностью ИК–спектров является смещение максимумов основной полосы поглощения в области $900\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ и уменьшение ее интенсивности при повышении содержания оксидов железа. Это может быть вызвано снижением полимеризации группировок из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ и повышением степени их дифференциации по типу структурных комплексов. Появление максимумов небольшой интенсивности при $574\text{--}580\text{ см}^{-1}$ может свидетельствовать о колебаниях атомов в связях $\text{Me}\text{--}\text{O}$ [2].

Проведенные исследования позволили определить области составов стекол, позволяющие синтезировать цветные прозрачные или глухие стекловидные глазурные покрытия. Так, в области составов, включающих, %: SiO_2 47,8–60; Al_2O_3 4–5,7; B_2O_3 10–20; R_2O 6,2–14; RO 8,3–14,3; Fe_2O_3 2,7–7, синтезированных на основе глауконитсодержащих пород, возможно получение как прозрачных, так и заглушенных покрытий, характеризующихся цветовой гаммой от желтовато-зеленых до зеленовато-серых тонов. Микротвердость покрытий находится в пределах значений $4300\text{--}6600\text{ МПа}$, термостойкость – $110\text{--}230^\circ\text{C}$, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) – $(50,82\text{--}68,82 \cdot 10^{-7})\text{ К}^{-1}$, блеск – 54–81 %, температура наплавления – $800\text{--}1050^\circ\text{C}$.

В области составов стекол, содержащих, %: SiO_2 47,3–53,3; Al_2O_3 5,27–6,89; B_2O_3 10–20; R_2O 8,7–10; RO 3,25–8,7; Fe_2O_3 11,79–14,8; при использовании обогащенных глауконитов возможно получение глазурных покрытий, обладающих хорошей кроющей способностью и цветовой гаммой, представленной коричневыми тонами. Достижимый уровень свойств характеризуется микротвердостью $4300\text{--}6000\text{ МПа}$, термостойкостью – $230\text{--}260^\circ\text{C}$, ТКЛР – $(61,5\text{--}65 \cdot 10^{-7})\text{ К}^{-1}$, блеском – 67–79 %, температурой наплавления – $950\text{--}1050^\circ\text{C}$.

Синтезированные глазури предназначены для декорирования майоликовых изделий декоративного назначения, изразцов и архитектурной керамики. Преимущества разработанных составов состоит в снижении себестоимости фритт за счет использования местного железосодержащего сырья, снижении температуры варки фритт. Опти-

мальные составы глазурей содержат до 60–68% глауконитсодержащих песков и/или до 48–52% обогащенного глауконита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлокевич Ю.Г., Левицкий И.А., Гайлевич С.А. Глауконитовое сырье Беларуси и перспективы его использования // Стекло и керамика. – 2005. – № 6. – С.7–9.

2. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. – М.: МГУ, 1967. – 190 с.

УДК 621.926.3

В.С. Францкевич, ассист. (БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СРЕДНЕХОДНЫХ МЕЛЬНИЦ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

Создание энергосберегающих технологий и оборудования при одновременном снижении их металлоемкости является одной из ключевых задач научно-технического прогресса. Естественно, что при ее решении внимание в первую очередь должно уделяться оборудованию, реализующему технологические процессы, наиболее энергоемкие по своей природе и вносящие существенный вклад в промышленное энергопотребление в целом.

В промышленности стройматериалов и смежных отраслях (обогащение руд, химическая промышленность, теплоэнергетика) к таким процессам относится тонкое измельчение сыпучих материалов. Если в небольших производствах, где доля энергозатрат в общей себестоимости продукта невелика, возможно применение различных типов измельчителей, то в крупнотоннажных производствах важно ориентироваться на один или несколько типов. Процесс измельчения требует больших энергетических затрат и сопряжен с безвозвратной потерей металла из-за износа рабочих элементов. В ряде работ отмечается, что на измельчение затрачивается около 10 % производимой в мире электроэнергии и несколько миллионов тонн высококачественной стали. Около 40% энергии, используемой в горнорудной промышленности, расходуется на измельчение, в промышленности строительных материалов – около 30%, в химической – до 20%. Мощность привода мельниц в горнорудной промышленности и в цементном производстве достигает 12000 кВт. Большие энергетические затраты объясняются не только большими объемами перерабатываемых материалов, но и тем, что используемые для измельчения машины, особенно для помола, отличаются чрезвычайно низкой эффективностью, и КПД их составляет в лучшем случае несколько процентов.