

модификацию и разрушением минерала каолинита, его гидратацией с образованием метакаолинита. Второй эндотермический эффект связан с декарбонизацией глазурей и обусловлен разложением карбоната магния и кальция. Третий эффект характеризует плавление глазури. Кроме эндотермических эффектов на кривой DSC имеется экзотермический эффект при температурах 963–967°C, который предположительно связан с высвобождением свободной энергии метакаолинита и протеканием процесса муллитизации. Анализируя кривые DSC можно сделать вывод, что формирование покрытий начинается при температурах 1090–1149 °С.

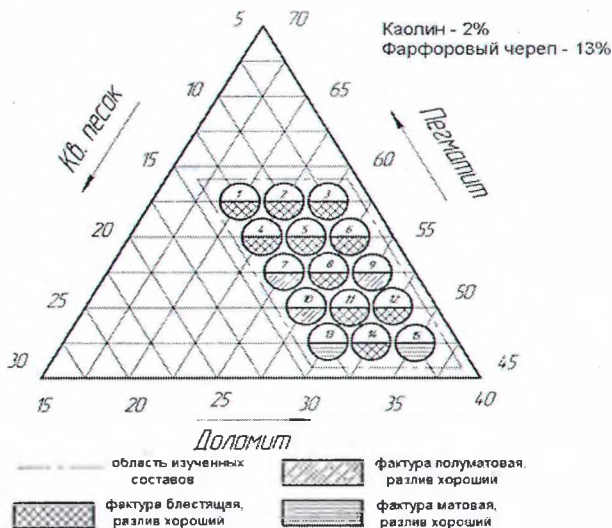


Рисунок – Составы (мас.%) и характеристика фактуры исследованных глазурных покрытий

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования разработанных глазурей для декорирования высоковольтных изоляторов. Глазури удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним действующими стандартами.

## ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ЦВЕТНЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

Олехнович А.И. ст. гр. ХТиТ-9

Научный руководитель профессор, доктор технических наук Левицкий И.А.

УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск)

Целью исследований является разработка составов и технологии получения полуфриттованных цветных глазурей с использованием в качестве окрашивающих компонентов осадков сточных вод гальванического производства, содержащих в своем составе значительное количество оксидов железа, что создает предпосылки для получения цветных глазурей преимущественно коричневого цвета.

Задача исследования состоит в проведении структурно-управляемого синтеза покрытий, обеспечивающего в процессе обжига формирование максимального

количества кристаллических фаз, высокую износостойчивость и требуемую матовую фактуру.

Осадок сточных вод гальванического производства ПО «Минский тракторный завод» получен процессом очистки сточных вод и предусматривает их флокуляцию под действием полиакриамида и фильтрацию. Образующиеся в результате очистки осадок сточных вод гальванического производства, обезвоженные на вакуум-фильтрах до влажности 65–80 %, представляет собой пастообразную тонкодисперсную массу от желто-коричневых до темно-коричневых цветов в зависимости от химического состава. Ежегодно образуется 150 т осадков, которые необходимо утилизировать. На сегодняшний момент утилизация осадков является актуальной экологической проблемой.

В работе использовался осадок сточных вод гальванического производства следующего усредненного химического состава, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 0,47;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,21;  $\text{CaO}$  – 3,73;  $\text{MgO}$  – 2,22;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2,6;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,02;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 58,52;  $\text{ZnO}$  – 9,44;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 5,22;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 3,43.

Синтез глазурей осуществлялся на основе системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . При разработке составов глазурной шихты использовались следующие сырьевые компоненты: осадок сточных вод гальванического производства, фритта, доломит марки А группы 1 класса 4, кварцевый песок, глинозем, огнеупорная глина «Гранитик-Веско», цинковые белила, колеманит, каолин марки КС-1. В качестве фритты использовались применяемые на ОАО «Керамин» цинкосодержащая алюмосиликатная фритта 141/а и алюмокальциевосиликатная фритта 131/3, взятые в соотношении 1:1.

При помолу глазурной суспензии с целью улучшения реологических характеристик вводился триполифосфат натрия и кальцинированная сода в количестве по 0,2 мас. %, вводимых сверх 100%.

Опытная глазурь готовилась совместным мокрым помолом компонентов в шаровой мельнице до остатка на сите №0056 – 0,1–0,3%. Полученная глазурь имела влажность 45–50%. Плотность глазури составляла 1490 кг/м<sup>3</sup>. Глазурь наносилась на предварительно высушенные образцы до остаточной влажности 0,5% с помощью фильеры, высушивались до относительной влажности не более 1%. Покрытия обжигались при температуре 1160±10°C в промышленной газопламенной печи конвейерной линии FMS-2500 в течение 50±5 мин в условиях ОАО «Керамин».

Синтезированные покрытия обладали преимущественно зеленовато-коричневой цветовой гаммой различных оттенков матовой и блестящей фактуры. Определение цветовых характеристик осуществлялось по 1000-цветному атласу ВНИИ им. Д.И. Менделеева. Цветовые характеристики исследовались с помощью спектрофотометра фирмы «PROSCAN» модели МС-122 (Германия–Беларусь). Из полученных данных следует, что доминирующая длина волны исследуемых глазурей составляет 580 нм, что соответствует желтому цвету видимой части спектра. Чистота тона составляет 21 %.

Блеск глазурных покрытий определялся на фотоэлектрическом блескомере ФБ-2. Эталоном являлась пластина из черного увиолевого стекла. Блеск синтезированных покрытий находится в диапазоне 36–66%.

Микротвердость глазурных покрытий измерялась на приборе Wolpert Wilson Instruments (Германия) с автоматической обработкой данных. Значения микротвердости в зависимости от состава глазурей составляет 6703–8468 Мпа, твердость по шкале Мооса 7. Термическая стойкость глазури – 125 °С.

Глазурные покрытия являются химически стойкими к раствору № 3 по ГОСТ 27180.

ТКЛР синтезированных глазурей измерялся на электронном dilatометре DEL 02 PC фирмы «Netzsch» (Германия) в интервале температур 20–400 °С. ТКЛР глазурного покрытия составляет  $(67,31-72,63) \cdot 10^7 \text{ K}^{-1}$ .

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на установке «Brucker» (Германия) с ионизационной регистрацией рассеянных лучей (излучение  $\text{CuK}_\alpha$ ); детектор – счетчик Гейгера. По данным рентгенофазового анализа установлено наличие следующих кристаллических фаз: гематита, магнетита, маггемита и анортита, воластонита и высокотемпературного кварца. Благодаря большому содержанию оксида кальция в глазурной шихте создаются условия для образования кристаллов анортита, повышающего износостойкость покрытий. Получены качественные покрытия в широком интервале содержания гальванических шламов – от 15 до 21%. Количество окрашивающих фаз (гематита, магнетита и маггемита) закономерно увеличивается с повышением содержания в глазурном покрытии осадка сточных вод.

Микронзондовый анализ проводился с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDXJED-2201 JEOL (Япония). Объекты исследовались без пробоподготовки. Изображения были получены с реальной поверхности скола образца при увеличении в 100–1000 раз. Анализ снимков показал, что с увеличением содержания в глазурной шихте осадка сточных вод гальванического производства способствуют кристаллообразованию, тем самым увеличивая износостойкость глазурных покрытий.

В результате проведенной исследовательской работы выбран оптимальный состав глазури, включающий, %: осадок сточных вод гальванического производства – 23; доломит – 14; фритта – 23; суммарное содержание кварцевого песка, глинозема, колеманита, каолина, глины «Гранитик-Веско» и цинковых белил составило 40. Блеск покрытия оптимального состава составляет 36 %, ТКЛР –  $71,59 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , микротвердость – 7580 МПа; твердость по шкале Мооса – 7; термическая стойкость – 125°C. Фазовый состав характеризуется наличием высокотемпературного кварца, гематита, гематит, анортита, маггемита и магнетита.

Микроструктура глазурных покрытий обеих систем представлена многочисленными, плотно прилегающими друг к другу кристаллическими образованиями с преимущественно призматическим, изометричным и неизометричным габитусом. Размеры образований составляют от 3 до 10 мкм, более редки скопления кристаллов протяженностью 20–25 мкм. Участки, характерные стеклофазе, практически отсутствуют.

В результате проведенного исследования доказана возможность использования осадок сточных вод гальванического производства для синтеза цветных глазурей, используемых при декорировании плиток для полов, что позволяет исключить из составов импортируемые керамические пигменты. Использование осадков сточных вод гальванического производства для получения цветных глазурных покрытий позволяет исключить из состава дорогостоящие жаростойкие пигменты, что обеспечит снижение себестоимости продукции.

## ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{Al} - \text{SiO}_2 - \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Подболотов К.Б. к.т.н., с.н.с.; Сушко Д.О. ст. гр. № 9

*УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск)*

Для получения тугоплавких и огнеупорных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в качестве основных исходных компонентов в данной работе использовались: алюминиевая пудра, кремнегель, кремний, кварцевый песок, доломит.