

алюминия. В результате получили бипористое изделие в виде трубы со следующими характеристиками. Пористость макроструктуры – 50%, средний размер пор макроструктуры – 110 мкм, толщина слоя гидроксида на поверхности проволоки – оценочно 1,5 мкм, средний размер пор микроструктуры – оценочно 5 нм. Увеличение толщины микропористого слоя на поверхности проволоки может быть достигнуто циклированием отжига (550 °С) заготовки и паровой обработки.

Таким образом, представляется технологически осуществимым получение нового класса бипористых изделий, с регулярной макроструктурой и заданными характеристиками микроструктуры на поверхности структурообразующих элементов. При этом существует возможность технологического управления основными параметрами получаемых изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик, Е.Е., Реут, О.П., Якубовский, А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки. Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 218 с.
2. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
3. Реут, О.П., Богинский, Л.С., Петюшик, Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. – Мн.: Дзбор, 1998. – 258 с.
4. Пористые композиты на основе оксид-алюминиевых керметов. Синтез и свойства / С.Ф.Тихов, В.Е.Романенков, В.А.Садьков, В.Н.Пармон, А.И.Ратько // Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2004. – 205 с.
5. А.с. СССР № 1491613 МКИ<sup>4</sup> В 22 F 3/10, 7/02, бюл. № 25, 1989.
6. Петюшик, Т.Е. Пористые материалы на основе композитов  $Al_2O_3/Al$  // Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: Материалы II-й республ. научно-практ. конф. – Минск, 2006 – С. 395-399.

УДК 666.295.4

Поддубный И.А.

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАЗУРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МАЙОЛИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель доктор техн. наук, профессор Левицкий И.А.*

*В работе приведены результаты синтеза и исследования цветных нефритованных глазурей на основе колеманита, нефелин-сиенита, отходов магнитного обогащения железистых кварцитов и глины огнеупорной, предназначенных для декорирования майоликовых художественных изделий. Выявлены зависимости основных физико-химических свойств и структуры по-*

крытий от содержания исходных сырьевых компонентов. Осуществлен выбор оптимального состава, обеспечивающего высокие показатели технических характеристик покрытий.

В данной работе осуществлен синтез и исследование цветных нефритованных глазурей для майоликовых изделий декоративного назначения. Создание такого рода покрытий решает одновременно несколько задач: температура наплавления глазури снижается до  $1000^{\circ}\text{C}$  и менее, отсутствует энергоемкий процесс предварительного фриттования стекол и необходимость использования дорогостоящих красящих пигментов.

Исследования проводились в системе  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , где  $\text{R}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{RO} - \text{CaO}+\text{MgO}$ . Данная система характеризуется рядом достоинств: введение оксидов железа в степенях окисления  $\text{Fe}^{+3}$  и  $\text{Fe}^{+2}$  позволяет окрасить покрытия в красно-коричневые цвета различных оттенков, уменьшить вероятность опалесценции, усилить глушение глазурей с ликвационной структурой. Кроме того, в качестве исходного компонента могут применяться различные промышленные отходы, что способствует более полному использованию и комплексной переработке сырья.

Введение перечисленных оксидов обеспечивалось использованием в качестве исходного сырья отходов мокрого магнитного обогащения железистых кварцитов Околовского месторождения (Минская обл., Столбцовский р-н.), нефелин-сиенита Кольского месторождения (Россия), колеманита (Турция) и глины огнеупорной Веселовского месторождения марки Гранитик-Веско (Украина). Кристаллическая структура отходов мокрой магнитной сепарации железистых руд представлена кварцем, роговой обманкой, минералами группы хлоритов, гематитом и магнетитом, а также незначительным количеством анортита, кальцита и биотита. Кристаллическая структура колеманита представлена фазой собственно колеманита  $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3]\cdot\text{H}_2\text{O}$  и примесными минералами в виде гипса, буры, кернита, уллексита. Применение колеманита, как природного водонерастворимого борсодержащего соединения, обеспечивает легкоплавкость покрытия. Частично эту же роль выполняет и нефелин-сиенит, содержащий порядка 20% (здесь и далее по тексту указано массовое содержание) оксидов щелочных металлов. Глина применяется в качестве мельничной добавки. Ее постоянное содержание 10% позволяет придать необходимые реологические свойства глазури. Рабочая область составов включала следующие соотношения материалов: отходы магнитного обогащения – 20–55%, нефелин-сиенит – 10–45%, колеманит – 25–55%.

Покрытия разрабатывались для майоликовых изделий из керамических масс на основе полиминеральных легкоплавких глин. После обжига на утиль образцы керамики имели водопоглощение 16–18% и ТКЛР в интервале температур 20– $300^{\circ}\text{C}$  в пределах  $(65\dots72)\cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$ .

Глазурь получали совместным мокрым помолом составляющих компонентов в шаровой мельнице до остатка на контрольном сите № 0056 1–1,5%. Глазурь наносилась на поверхность изделий в виде суспензии с влажностью 45–50% методом полива. Сушка образцов велась до остаточной влажности не более 1% при

температуре  $100\pm 5^\circ\text{C}$ . Обжиг производился в электрической печи при  $1000\pm 20^\circ\text{C}$  с выдержкой при максимальной температуре 1,5 часа.

Внешний вид, качество, цвет и свойства синтезированных глазурей существенно различались в зависимости от их химического состава. Цветовая гамма покрытий изменяется от серо-коричневого до темно-коричневого, часть глазурей характеризуется зеленовато-синими оттенками. Некоторые покрытия имеют крайнюю неоднородность цвета – помутнение, расплывчатые пятна и расслоение.

Большая часть материалов имеет блестящую поверхность, часть характеризуется полуматовой фактурой. Величина блеска варьируется в очень широких пределах и составляет 22–86%, что обуславливается количеством флюсующих оксидов бора, натрия и калия. Максимальное значение блеска соответствует повышенному содержанию колеманита (35–45%) и умеренному содержанию отходов обогащения железистых руд (30–35%).

ТКЛР глазурей определялась в интервале температур 20–400°C. Величина ТКЛР изменяется в пределах  $(77...85)\cdot 10^{-7}\text{ K}^{-1}$  при 400°C, что плохо согласуется с ТКЛР черепка. Однако проведенные измерения термостойкости дали значения, превышающие требования стандартов – 7 и более теплосмен. Такое значение термостойкости может объясняться образованием кристаллической фазы гематита, улучшающие работу материалов на сжатие при резком охлаждении. Определяющее значение в величине ТКЛР принадлежит соотношению колеманит:нефелин-сиенит. При повышении содержания колеманита, а следовательно и  $\text{V}_2\text{O}_5$ , ТКЛР существенно снижается. Привнесение оксидов  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  увеличивает ТКЛР, однако этот эффект частично смягчается одновременным увеличением содержания оксидов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ .

Микротвердость синтезированных материалов находилась в интервале 5230–5920 МПа и возростала пропорционально количеству образующейся кристаллической фазы гематита, т.е. в конечном счете, определялась шихтовым составом глазури. При увеличении содержания отходов магнитного обогащения, обеспечивающих появление фазы гематита, наблюдается рост микротвердости. При повышении содержания плавней – колеманита и нефелин-сиенита – микротвердость существенно снижается. Следует отметить, что определяющее влияние оказывает изменение содержания колеманита. В случае изменения содержания нефелин-сиенита зависимость выражена слабее.

Фазовый состав покрытия изучался рентгеновским методом с поверхности образца. Данные исследований свидетельствуют о наличии кристаллов только фазы гематита при содержании в шихте более 25% отходов обогащения. При меньшем их количестве покрытия представляют собой рентгенаморфные вещества. Данные рентгенограмм подтверждаются электронно-микроскопическими снимками, на которых четко выделяются гематитовые сростки кристаллов размером от 0,5 до 3 мкм.

Область оптимальных составов включает следующие соотношения исходных материалов, %: колеманит – 25–30, нефелин-сиенит – 25–40, отходы обогащения – 25–40, глина огнеупорная – 10.

Покрyтия оптимальных составов характеризовались высокими эксплуатационными декоративно-эстетическими свойствами: равномерной блестящей поверхностью с зеркальным разливом и отсутствием дефектов. Цвет глазурей – темно-коричневый, блеск – 40–73%, ТКЛР –  $(83,9...85,1) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  при 400°C, термостойкость – 190°C, температура наплавления – 980–1000°C.

Глазури прошли апробацию в ОАО «Белхудожкерамика», результаты которой показали возможность их использования в промышленных условиях, что позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции и снизить себестоимость за счет сокращения энергоемкого процесса фриттования глазурей.

УДК 666.646

Приходовская О.Л.

## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНОЙ ПЛИТКИ С УЛУЧШЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель асс. Мазура Н. В.*

*Проведены исследования керамических масс для получения плитки для внутренней облицовки стен. Массы отличаются заменой традиционного плавня на новый, обладающий меньшей стоимостью и способный сделать технологию более экономичной за счет снижения температуры обжига в следствие своей большей эффективности. Изучены физико-химические показатели материалов, полученных на основе исследуемых масс, а также закономерности их изменения в зависимости от состава исходных масс и условия термической обработки.*

Чистые разновидности полевых шпатов встречаются редко и постепенно истощаются ввиду их большого потребления. В настоящее время начинают применять в виде плавней пегматиты, которые состоят из одного или нескольких видов полевого шпата, проросших кварцем. Выбор пегматитовых месторождений в качестве основного источника сырья не был случайным, он определялся, во-первых, высоким качеством, во-вторых, низким уровнем технологии и техники обогащения.

Целью работы явилось определение возможности и целесообразности использования полтавского пегматита в роли плавня для получения облицовочных плиток, соответствующих требованиям предъявляемым нормативной документацией.

Изучена широкая область составов масс, ограниченная содержанием указанных компонентов в следующих пределах, мас. %: глина огнеупорная Новорайского месторождения «ДНПК» – 26,0–42,0; глина легкоплавкая месторождения «Гайдуковка» – 14,0–30,0; доломит месторождения «Руба» –