

рого соответственно в несколько раз выше и который в Республике Беларусь не производится.

Введение в состав сырьевой шихты определенного количества карбонатных пород интенсифицирует темп набора прочности твердеющей системы и обеспечивает получение составов вяжущих композиций, пригодных для создания рецептур сухих смесей различного назначения.

К достоинствам предлагаемой технологии следует отнести следующее:

- обширный рынок сбыта ангидритового цемента, что обусловлено отсутствием в Республике Беларусь достаточного количества гипсовых вяжущих;
- использование в качестве основного сырья (до 90 %) практически «бесплатного» фосфогипса, а в качестве добавок – других отходов промышленности и дешевого минерального сырья, что вместе с низкой температурой обжига ангидритового цемента, при примерно одинаковой отпускной цене на качественные гипсовые вяжущие и портландцемент, делает его производство высокорентабельным;
- возможность внедрения технологии на простаивающем производстве ОАО «Керамзит», оснащенного всеми необходимыми коммуникациями и готовыми производственными мощностями.

#### Литература

1. Тейлор Х. Химия цемента: Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
2. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЫТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ВЫСОКОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ

О.В. Кичкайло

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель И.А. Левицкий

В настоящее время термостойкие керамические материалы пользуются повышенным спросом на мировом рынке изделий бытового назначения (кофеварки, жаровни для тушения, сковородки и т. п.), а их производство является перспективным и экономически целесообразным.

Целью настоящего исследования является разработка керамических масс для производства универсальной термостойкой посуды, предназначенной для приготовления пищи на любых источниках нагрева: открытый огонь, электроплита, духовой шкаф, печь СВЧ и т. д.

По сравнению с аналогичными видами продукции, изготавливаемыми из алюминия и чугуна, термостойкие керамические изделия являются более конкурентоспособными ввиду безвредности их составов, а также экологической чистоты производства. Данная разработка является особенно актуальной в связи с увеличением спроса на качественные жаростойкие керамические изделия, которые в настоящее время импортируются небольшими партиями из Нидерландов, Бразилии и других стран. В Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья производство подобных термостойких керамических изделий хозяйственного назначения отсутствует.

Термостойкость – сложное свойство, зависящее от очень многих факторов, главным из которых является температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) материала. Регулируя размер кристаллов, состав и взаимное распределение кристаллической и стекловидной фаз, размер и конфигурацию пор, используя сочетание различных физико-химических методов и технологических приемов, можно в значительной степени влиять на величину термических напряжений, возникающих в керамике при температурных перепадах, т. е. на термостойкость. В итоге повышается срок службы керамики, работающей в условиях циклической смены температур [1].

Регулируя заданный химический состав исходных компонентов и режимы синтеза, можно получить рациональное сочетание необходимых кристаллических фаз и стеклофазы. Использование различных технологических факторов позволяет создать требуемую текстуру материала, которая в совокупности с микроструктурой обеспечит высокую термостойкость [1].

На основании литературных данных по составам и свойствам керамических материалов, а также исходя из кристаллических фаз, образующихся в них, для получения термостойкой керамики хозяйственного назначения выбрана система  $\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  [2].

На основе литийалюмосиликатной системы получены керамические материалы с низким ТКЛР: от  $-6 \cdot 10^{-7}$  до  $+9 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , что обуславливает их высокую термостойкость. В этой системе кристаллизуются эвкрипит ( $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), сподумен ( $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ) и петалит ( $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$ ), обладающие при  $1200^\circ \text{C}$  следующими температурными коэффициентами линейного расширения:  $-90 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ,  $+9 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  и  $+3 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , соответственно [3]. Материалы, синтезированные на основе этих фаз, имеют исключительно высокую термостойкость. Пористая керамика выдерживает перепад температур выше  $1000^\circ \text{C}$  (у плотной керамики несколько ниже). Изготавливают ее как из природных материалов, главным образом, из сподумена, так и на основе технического углекислого лития, кремнезема и глины. Температура обжига изделий составляет  $1200-1250 \text{ C}$  [4].

На основе указанной выше системы известны составы керамических масс для получения технической керамики, изготавливаемые методом полусухого, пластического прессования и литья на термопластических связках. В связи с широким ассортиментом изделий бытового назначения и сложностью их конфигурации производство данных изделий возможно с использованием метода литья в гипсовые формы. Это потребовало разработки составов литьевых шликеров и технологии получения указанных изделий.

Исследования по синтезу составов масс, применяемых для изготовления изделий методом шликерного литья, проводились на основе широкой области составов литийалюмосиликатной системы в полях кристаллизации эвкрипитита, сподумена и петалита вдоль линии составов этих кристаллических фаз.

Для исследований выбрана система компонентов: глинистая составляющая – каолин – песок кварцевый – технический карбонат лития – глинозем технический. Использование в составах масс каолина Просяновского месторождения (Украина) придает керамическому шликеру необходимый комплекс литьевых и технологических свойств, а также стимулирует процессы образования требуемых кристаллических фаз. Для расширения интервала спекания масс применялась огнеупорная глина «Керамик-Веско» (Украина). Вводимый в состав масс карбонат лития оказывает определяющее влияние на формирование требуемого фазового состава материалов. Наряду с  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  для обеспечения заданного фазового состава термостойких керами-

ческих изделий и их эксплуатационных свойств (термостойкости, механической прочности) применялся кварцевый песок и глинозем.

Изготовление изделий осуществлялось по традиционной шликерной технологии методом совместного мокрого помола всех составляющих до остатка на сите № 0063 К в количестве 1–2 %. Влажность шликера составляла 42–45 %. Текучесть шликера после выстаивания в течение 30 с составляла 7,4–8,6 с, а после выстаивания в течение 30 мин – 12,4–14 с. Коэффициент загустеваемости для оптимальных составов масс находился в интервале 1,62–1,67.

Для обеспечения требуемых литевых характеристик в состав шликера вводился комплексный электролит. Литье изделий производилось в гипсовые формы сливным способом. Высушенные образцы подвергались обжигу в электрической печи при температурах 1100 и 1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

В результате исследования керамических материалов рентгенофазовым анализом выявлено, что кристаллическая составляющая образцов всех составов представлена  $\beta$ -сподуменом и его твердыми растворами с кварцем. Получение литийсодержащей кристаллической фазы –  $\beta$ -сподумена – наиболее целесообразно, так как именно она имеет низкое значение ТКЛР, что обеспечивает высокую термостойкость и механическую прочность изделий [3].

Установлено, что оксид лития является определяющим фактором в фазообразовании исследованных керамических материалов, приводящим к активному выделению сподумена. Наиболее интенсивная кристаллизация  $\beta$ -сподумена наблюдается в составах с содержанием  $\text{Li}_2\text{O}$  в количестве 7,5 мас. %, что подтверждается увеличением относительной интенсивности дифракционных максимумов этой фазы. С повышением температуры термообработки с 1100 до 1200 °С происходит более интенсивная кристаллизация  $\beta$ -сподумена. Образование эвкритита и петалита в исследованной области составов при указанных температурах термообработки не обнаружено.

Исследования основных физико-химических свойств керамических образцов позволили установить взаимосвязь показателей свойств, фазового состава и температуры обжига. Так, минимальные значения ТКЛР образцов наблюдаются при температуре обжига 1200 °С и максимальном содержании  $\beta$ -сподумена и составляют от  $-8 \cdot 10^{-7}$  до  $4,2 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ .

Водопоглощение материалов находится в широких пределах 2,1–31,0 % и 1,9–25,9 % при температурах обжига 1100 и 1200 °С, соответственно, и в значительной степени зависит от содержания плохо спекающейся фазы сподумена. С увеличением содержания  $\text{Li}_2\text{O}$  водопоглощение исследованных образцов существенно снижается, достигая минимальных значений при содержании  $\text{Li}_2\text{O}$  в количестве 12,5 мас. %. Это объясняется значительным увеличением количества стекловидной фазы, которая способствует более интенсивному спеканию материалов.

Кажущаяся плотность и пористость синтезированных керамических материалов имеют аналогичную зависимость от вышеуказанных факторов и находятся в пределах 1502–1948 кг/м<sup>3</sup> и 3,5–42,1 %, соответственно, при оптимальной температуре обжига 1200 °С.

Дифференциально-термическим анализом зарегистрирован эндоэффект в интервале температур 70–180 °С с минимумом при 125 °С, отвечающий выделению гигроскопической влаги. Эндоэффекты при 405–510 °С и 550–620 °С связаны с выделением конституционной воды и разрушением структуры глинистых минералов. Минимум эндотермического эффекта при 720 °С характеризует процесс диссоциа-

ции углекислого лития. При температуре 1050 °С наблюдается экзотермический эффект, связанный, очевидно, с образованием  $\beta$ -сподуменовых кристаллической фазы. Суммарная потеря массы при эндотермических эффектах составляет 16,5 %.

Термостойкая посуда должна иметь покрытие, обладающее близким к материалу изделий термическим расширением, и обеспечивать водонепроницаемость посуды. В настоящее время отсутствуют качественные покрытия (глазури, ангобы и т. д.), которые имели бы такие же невысокие значения ТКЛР. В силу этого при нанесении их на керамическую термостойкую посуду и в процессе эксплуатации наблюдаются дефекты в виде микротрещин – цека.

Кроме того, выпускаемая керамическая посуда, используемая для приготовления пищи, имеет еще один недостаток – пригорание пищи к глазурованным поверхностям.

Указанные недостатки могут быть устранены при декорировании керамической посуды фторопластовыми антипригарными композициями. Благодаря пористости керамических изделий обеспечивается высокая адгезия таких антипригарных покрытий поверхностью керамического черепка посуды.

Разработанные керамические массы для получения термостойкой посуды апробированы на ОАО «Белхудожкерамика». Изделия прошли необходимые испытания, получено положительное заключение Минздрава Республики Беларусь о возможности использования нового вида керамической посуды для приготовления и хранения пищи.

#### Литература

1. Стрелов К.К. Структура и свойства огнеупоров. – М.: Металлургия, 1982. – 208 с.
2. Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник /Под ред. В.П. Барзаковского. – Л.: Наука, 1972. – 448 с.
3. Масленникова Г.Н., Харитонов Ф.Я. Электрокерамика, стойкая к термоударам. – М.: Энергия, 1977. – 192 с.
4. Балкевич В.Л. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ НЕФРИТТОВАННЫХ ГЛАЗУРЕЙ ДЛЯ САНИТАРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Н.В. Мазура

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель И.А. Левицкий

К санитарным керамическим изделиям относятся умывальники, унитазы, смывные бачки, бидэ, писсуары, раковины и другие изделия, устанавливаемые в санитарных узлах бытовых и производственных помещений зданий и сооружений различного назначения.

Для увеличения атмосферной стойкости, водонепроницаемости, предохранения от загрязнений, улучшения декоративных качеств изделия покрываются глазурями.

Декорирование санитарных керамических изделий в основном осуществляется нефриттованными глазурями, что обусловлено высокой температурой и большой продолжительностью обжига в сравнении с режимами обжига многих других традиционных керамических материалов.

Следует отметить, что при всем многообразии применяемых глазурей актуальной задачей является синтез глушеных глазурных покрытий, обладающих повышен-