

структуры и кристаллической решетки пироксенового твердого раствора типа авгита обеспечивают высокие физико-химические характеристики стеклокерамического материала.

Синтезированная на основе гранитоидных отсеков стеклокерамика обладает следующими механическими характеристиками: механическая прочность при сжатии – 550 МПа; механическая прочность при изгибе – 200 МПа; модуль упругости – 80000 МПа. Такой уровень свойств достигается за счет образования мономинерального состава, представленного пироксеновым твердым раствором типа авгита, а также особенностей его кристаллизации, заключающейся в образовании значительного количества сферических сростков кристаллов авгита. Кроме того, повышенные механические характеристики синтезированного материала обусловлены изменениями в кристаллической решетке уменьшением длин связей и увеличением их количеств, которые происходят в результате изоморфных замещений в ряду диопсид–авгит.

По уровню механических свойств синтезированный стеклокерамический материал может быть использован в качестве высокопрочных пропантов, применяемых для интенсификации нефте- и газодобычи методом гидравлического разрыва пласта.

Список использованных источников

1. Warren, B. The structure of diopside, $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ / B. Warren, W.L. Bragg // Zeitschrift fuer Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie. – 1928. – Vol. 69. – P. 168–193.
2. Clark, J.R. Crystal-Chemical Characterization of Clinopyroxenes based on Eight New Structure Refinements / J.R. Clark, D.E. Appleman, J.J. Papike // Mineralogical Society of America: Special Papers. – 1969. – Vol. 2. – P. 31–50.

УДК 666.3-13

И.А. Левицкий, О.В. Кичкайло

Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЛИТИЙАЛЮМОСИЛИКАТНОЙ КЕРАМИКЕ

Аннотация. Методом дифференциально-сканирующей калориметрии изучены особенности процессов фазообразования керамических материалов на

основе системы $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$, модифицированных добавками электрокорунда, серпентинита, кремнеземного стекловолокна и оксида хрома (III).

I.A. Levitskii, O.V. Kichkailo
Belarusian State Technological University,
Minsk, Belarus

INFLUENCE OF MODIFIERS ON PHASE TRANSITIONS IN LITHIUM ALUMINUM SILICATE CERAMICS

Abstract. The method of differential scanning calorimetry was used to study the features of the processes of phase formation of ceramic materials based on the $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$ system, modified with the addition of electrocorundum, serpentine, silica glass fiber, and chromium oxide (III).

Целенаправленный синтез термостойких материалов и разработка технологии их получения не могут осуществляться без идентификации образующихся фаз. Увеличение количества тех или иных кристаллических фаз в керамических материалах, их сочетание со стекловидными и газовыми составляющими, распределение в структуре в значительной степени определяют свойства изделий.

Кроме этого, на свойства керамических изделий оказывают влияние характер фазовых превращений, последовательность образования кристаллических фаз, а также источники их образования.

Сведения о структуро- и фазообразовании в керамике можно получить при исследовании явлений, происходящих в керамических массах при их термообработке. При обжиге в керамических материалах происходят разнообразные физико-химические превращения (разложение исходных сырьевых компонентов; химическое взаимодействие; процессы при контакте зерен смеси в присутствии расплава; процессы растворения твердых частиц в жидкой фазе; образование новых кристаллических соединений и др.), сопровождающиеся в характерных температурных интервалах тепловыми эффектами и массообменными процессами различной природы.

С целью изучения тепловых эффектов и выявления температурных характеристик в области возникновения фазовых и химических превращений, происходящих в керамических массах исходного и модифицированных литийалюмосиликатных материалов [1–3], исследовалось их поведение при нагревании с помощью метода дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК). Термический анализ осуществлялся на дифференциально-сканирующем калориметре DSC 404 F3 Pegasus фирмы Netzsh

(Германия) в интервале температур 30–1250 °С в среде аргона в платиновых тиглях при скорости нагрева 10 °С/мин.

На рис. 1 приведены кривые ДСК масс исходного состава 21АК-5 и с добавками 0,5 и 1 %¹ Cr₂O₃ (составы 21Х-0,5 и 21Х-1,0); 5 и 10 % серпентинита (составы 21С-5 и 21С-10), из которых видно, что для исследуемых сырьевых композиций характерна близость термических эффектов.

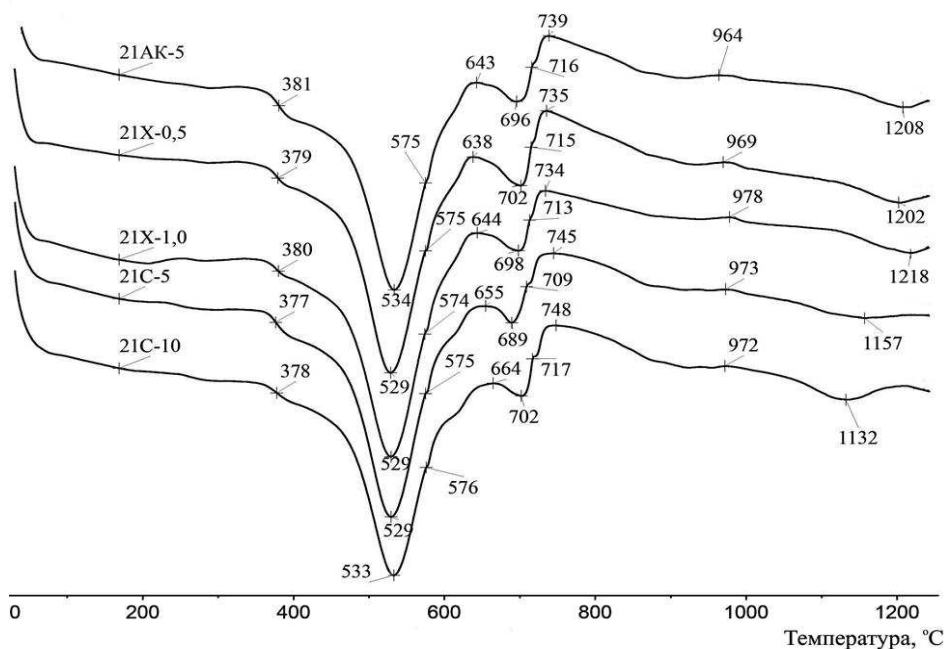


Рис. 1 – Кривые ДСК масс исходного состава и с добавками: 0,5 и 1 % Cr₂O₃ (21Х-0,5 и 21Х-1,0); 5 и 10 % серпентинита (21С-5 и 21С-10)

При нагревании керамической массы исходного состава 21АК-5 [1] отмечается эндотермический эффект при 60–70 °С, связанный с удалением сорбированной воды из глинистых материалов (глины огнеупорной и каолина). Двойной эндотермический эффект с минимумами при 375–410 °С и 530–535 °С обусловлен выделением конституционной воды и разрушением кристаллической решетки каолинита. Значительная площадь эндотермического эффекта и его глубина свидетельствует о довольно интенсивном протекании указанных процессов. При 575 °С отмечается небольшой эндоэффект, обусловленный модификационным переходом кварца. Эндотермические двухступенчатые эффекты при 680–705 и 710–720 °С обусловлены, по нашему мнению, плавлением входящего в состав масс карбоната лития с последующим его разложением. Экзотермический эффект при 955–970 °С связан с процессами формирования

* – здесь и далее по тексту приведено массовое содержание.

литийалюмосиликатных кристаллических фаз, а эндоэффект при с минимумом при 1208 °С вызван плавлением составляющих компонентов керамических масс.

При введении в рецептуру исходного состава 0,5 и 1 % Cr_2O_3 эндоэффекты, связанные с выделением сорбированной влаги из массы, не изменяются, а процессы удаления конституционной воды сдвигаются в сторону меньших температур и составляют 529 °С вместо 534 °С у исходного состава. Несколько изменяются температуры эндоэффектов, обусловленных плавлением карбоната лития и его разложением, и составляют 702 и 698 °С и 715 и 713 °С соответственно против 696 °С и 716 °С у исходного состава. Повышение содержания в составах масс оксида хрома до 1 % приводит увеличению температуры образования кристаллических фаз с 964 °С до 978 °С. Процессы плавления при этом также сдвигаются в область более высоких температур до 1218 °С по сравнению с исходной массой.

При исследовании влияния добавок серпентинита, вводимых в количестве 5 и 10 %, установлено увеличение температур плавления и разложения карбоната лития от 696 и 716 °С у исходной массы до 689 и 702 °С, а также до 709 и 717 °С при введении 5 и 10 % серпентинита соответственно. Температура процесса кристаллизации литийсодержащих фаз также возрастает от 964 °С у исходной массы до 973 и 972 °С соответственно указанному выше количеству добавок серпентинита. Процесс плавления составляющих массы при введении 5 и 10 % серпентинита существенно снижается и составляет 1157 и 1132 °С соответственно по сравнению с 1208 °С у исходного состава. Это позволяет сделать вывод, что введение серпентинита обеспечивает флюсующее действие в составах исследованной литийсодержащей керамики.

Анализ данных рис. 2 показывает, что при введении электрокорунда в количестве 5 и 10 % (составы 21ЭК-5 и 21ЭК-10) температуры эндоэффектов, связанных с дегидратацией глинистых материалов, практически не изменяются. Так, потеря гидратной влаги глинистых минералов с частичной аморфизацией вещества отмечается при температуре 377 и 381 °С соответственно (у исходного состава – 381 °С). Потеря химически связанной воды фиксируется эндоэффектом при 527 и 535 °С. Плавление карбоната лития наблюдается при 692 и 693 °С (696 °С – для исходной массы), а разложение – при 717 и 721 °С против 716 °С у исходного состава. Характерные для выше рассмотренных масс процессы кристаллизации для составов, содержащих электрокорунд, не фиксируются. Что касается плавления составляющих этих масс, то он смещается в сторону более низких

температур и составляет 1200 и 1192 °С соответственно при добавке 5 и 10 % электрокорунда по сравнению с 1208 °С у исходной массы.

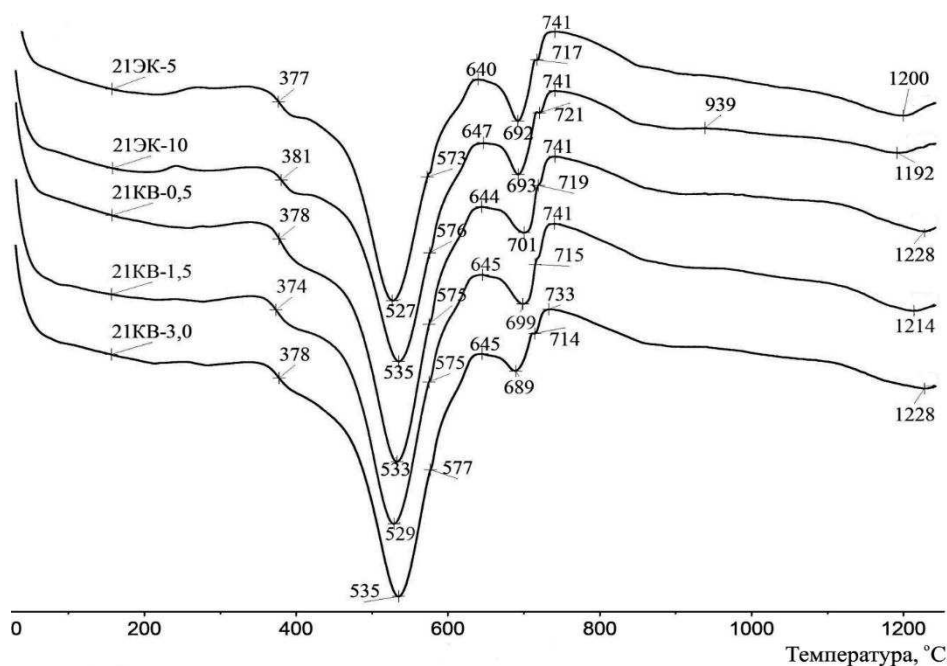


Рис. 2 – Кривые ДСК масс составов с добавками: 5 и 10 % электрокорунда (21ЭК-5 и 21ЭК-10); 0,5; 1,5 и 3 % кремнеземного стекловолокна (21КВ-0,5; 21КВ-1,5 и 21КВ-3)

Введение кремнеземного волокна в состав литийалюмосиликатных керамических масс также изменяет характер тепловых эффектов. Потеря химически связанной воды глинистых составляющих у этих масс происходит соответственно количеству введенного кремнеземного стекловолокна (составы 21КВ-0,5; 21КВ-1,5 и 21КВ-3; рисунок 2) и составляет 378, 374 и 378 °С соответственно, против 381 °С у исходной массы. Глубокий эндоэффект дегидратации каолинита отмечается у исследованных масс при следующих значениях соответственно: 533, 529 и 535 °С при введении 0,5 %, 1 и 3 % стекловолокна. Для исходного состава эта температура составляет 534 °С. Декарбонизация Li_2CO_3 приходится соответственно на 701, 699 и 689 °С (у исходной массы – 696 °С), то есть температуры эндоэффектов несколько снижаются. Неглубокий эндоэффект при 719, 715 и 714 °С для масс, содержащих указанные выше количества добавок кремнеземного волокна соответственно, против 716 °С у исходной массы, также показывает снижение данной температуры, обусловленной дегидратацией карбоната лития. Для образцов, содержащих кремнеземное стекловолокно, экзотермический эффект

кристаллизации не регистрируются. Что же касается плавления компонентов исследованных масс, то этот эндоэффект составляет 1228 °С (содержание 0,5 % стекловолокна), 1214 °С (1 % стекловолокна) и 1228 °С (3 % стекловолокна) против 1208 °С у исходной массы. Это свидетельствует о повышении температуры плавления шихт с введением кремнеземного стекловолокна, имеющего более высокую температуру формирования расплава.

Список использованных источников

1. Кичкайло, О. В. Интенсификация спекания термостойкой керамики на основе системы $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ / О. В. Кичкайло, И. А. Левицкий // Огнеупоры и техническая керамика. – 2015. – № 10. – С. 3–13.

2. Левицкий, И. А. Исследование физико-химических свойств модифицированной керамики на основе системы $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ / И. А. Левицкий, О. В. Кичкайло, А. И. Тригубович // Огнеупоры и техническая керамика. – 2021. – № 11–12. – С. 26–34.

3. Кичкайло, О. В. Получение термостойких керамических материалов в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ / О. В. Кичкайло, И. А. Левицкий // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 11–12. – С. 50–60.

УДК 666.295.3

И.А. Левицкий, И.О. Пунько

Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Республика Беларусь

ТИТАНОСОДЕРЖАЩИЕ ГЛАЗУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОВЫШЕННОЙ БЕЛИЗНЫ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

Аннотация. Приведены результаты синтеза белой износостойкой титаносодержащей полуфриттованной глазури для керамогранита. Глушение покрытия обеспечено за счет формирования в его структуре кристаллических образований сфена и анортита. Температура обжига покрытий составляла 1200 ± 3 °С, продолжительность – 60 ± 2 мин.