

УДК 666.3/.7

О.А. Хотиловская; студ. М.А. Руба

Науч. рук.: доц., к.т.н. Е.М. Дятлова; асс., к.т.н. О.А. Сергиевич  
(кафедра ТСиК, ФКиАХ, БГТУ)

## **ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛЛАСТОНИТСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Перспективность разработки керамических огнеупорных материалов на основе волластонита заключается в решении проблемы обеспечения литейного производства машиностроительной отрасли промышленности РБ огнеприпасом собственного производства с заданным комплексом термомеханических характеристик, химически инертным к расплавам алюминия и его сплавов. Такие материалы имеют ряд достоинств: малая плотность, высокая пористость, низкий коэффициент теплопроводности – не более 0,3–0,5 Вт/(м·К), количество отливок – более 1000, высокая термо- и шлакоустойчивость [1]. Получение таких материалов собственного производства на отечественных предприятиях Республики Беларусь позволит значительно сократить дорогостоящий импорт.

Волластонит формируется на основе диаграммы состояния системы  $\text{CaO-SiO}_2$ , построенной в основном по данным Г. Ранкина и Ф. Райта, но с некоторыми уточнениями и дополнениями относительно соединения  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  и области ликвации, а также имеет исключительное значение для техники, в частности для технологии цементов, шлаков черной металлургии, некоторых видов керамики [2]. Структура волластонита характеризуется повторяющимися, переплетенными тройными четырехгранниками кварца. Цепочки, формируемые этими кварцевыми четырехгранниками, соединены по сторонам через кальций, образуя восьмигранники. Благодаря такой структуре, волластонит растет как игольчатый кристалл и сохраняет эту игольчатую структуру при расщеплении. Высокая плотность кварцевых цепочек обеспечивает твердость этого минерала (4,5–5 по Моосу). В природе небольшое количество кальция может замещаться железом, магнием, марганцем, алюминием, калием и натрием.

Целью данной работы является синтез и исследование опытных образцов волластонитовой керамики технического назначения на основе системы  $\text{CaO-SiO}_2$  с требуемыми эксплуатационными свойствами для кокильного литья алюминиевых сплавов.

Основными задачами исследования являлся анализ литературных и патентных источников в области получения указанных материалов на

основе различных систем, разработка шихтовых составов и синтез опытных образцов, исследование из физико-химических и теплофизических свойств в зависимости от исходного состава и температуры синтеза, установление особенностей структуро- и фазообразования с последующей оптимизацией полученных результатов исследований и общих выводов по работе.

Синтез материалов проводился на основе природного волластонита, в качестве пластификатора использовалась углистая огнеупорная глина. Для повышения пористости и снижения теплопроводности в состав масс вводились выгорающие компоненты угольная пыль (кокс), сапрпель.

Смесь подвергалась совместному помолу в микрошаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 2 %<sup>1</sup>, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 % и вылеживалась в течении 1–2 суток. Опытные образцы в виде дисков диаметром 23 мм и высотой 8–9 мм прессовались на гидравлическом прессе марки ПСУ–50 при давлении 20–25 МПа (прессование двухступенчатое). После подвергались сушке при температуре 100±5 °С в сушильном шкафу марки СНОЛ. Далее образцы обжигались в лабораторной печи типа СНОЛ 6,7/1300 при различных температурах (1100 °С, 1150 °С, 1200 °С) с подъемом температуры 5 °С/мин и выдержкой 1 ч. с последующим инерционным охлаждением в печи до комнатной температуры.

Химические составы масс опытных композиций на основе природного волластонита рассчитывались в соответствии с их рецептурой и химическими составами исходных сырьевых компонентов. При этом содержание SiO<sub>2</sub> во всей серии составов изменялось в диапазоне 50,5–51,0 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,3–7,8 %, CaO – 38,5–42,8 %/

Общая усадка образцов составила от 0,8 до 3,50 %, и увеличивалась с ростом температуры обжига. С увеличением содержания глины в массах до 20 % общая усадка повышается, что обусловлено более полным протеканием процесса спекания [3].

Показатели критериальных свойств изменяются в следующих пределах: водопоглощение – (21,1–32,4) %, открытая пористость – (35,3–48,4) %, кажущаяся плотность – (1,54–1,84) г/см<sup>3</sup>. На рисунке 1 представлена зависимость открытой пористости от содержания сапрпеля и температуры обжига.

---

<sup>1</sup> – Здесь и далее по тексту содержание приведено в массовых %.

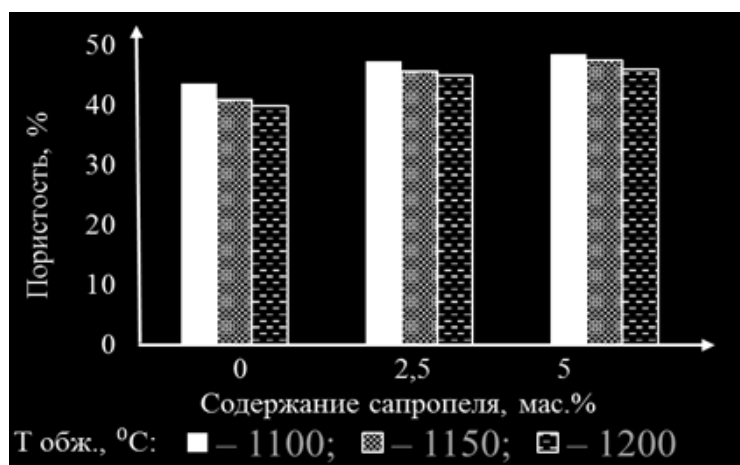


Рисунок 1 – Зависимость открытой пористости от состава и температуры обжига

Как видно на рисунке, с увеличением температуры обжига от 1100 °С до 1200 °С открытая пористость несколько снижается, что связано с интенсификацией процессов переноса вещества при спекании и увеличения количества расплава, способного к вязкому течению, в результате чего уменьшаются пористость и водопоглощение образцов, возрастает их плотность. С увеличением содержания сапропеля до 5 % пористость и водопоглощение материала повышаются.

На рисунке 2 представлена графическая зависимость температурного коэффициента линейного расширения синтезированных материалов составов № 1–3 от содержания компонентов.

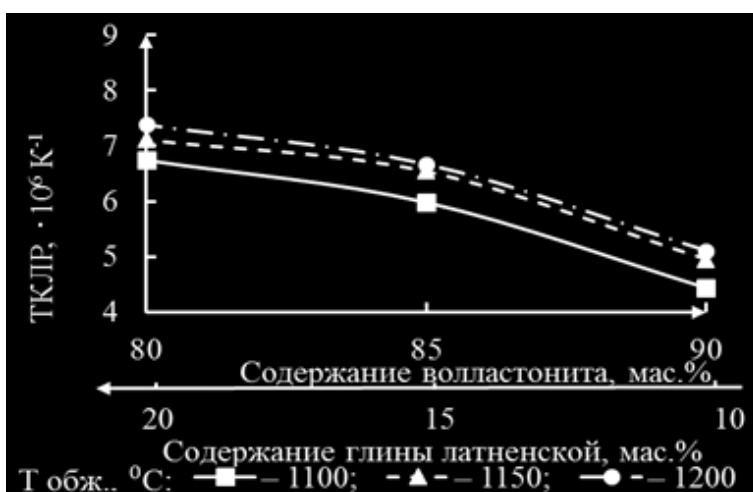


Рисунок 2 – Зависимость ТКЛР опытных образцов от состава и температуры обжига

Уменьшение ТКЛР при изменении состава и повышении температуры обжига может быть обусловлено увеличением жидкой фазы при спекании, растворением в ней кварца, т.е. обогащением

стеклофазы кремнеземом, обладающим низким парциальным значением ТКЛР. Механическая прочность при сжатии синтезированных при 1200 °С материалов находится в пределах 32,86–36,15 МПа, при температуре 1150 °С – 27,98–34,12 МПа. Максимальные значения прочности при сжатии характерны для образцов с максимальным количеством волластонита.

Рентгенофазовый анализ опытных образцов оптимального состава 2, синтезированного при 1150 °С, свидетельствует, что основной кристаллической фазой является волластонит, а дополнительной – кварц. Микроструктура керамических образцов, размер кристаллов, форме, взаимное расположение частиц, характер поверхности исследованы с помощью метода электронной микроскопии. Исходя из результатов исследования установлено, что структура синтезированного материала равномерно зернистая, однородная, пористая. Кристаллы неизометрической игольчатой формы, с размером кристаллов 7–15 мкм.

На основании результатов эксперимента выбран оптимальный состав керамического материала, удовлетворяющий поставленным задачам, который характеризуется следующим комплексом физико-технических показателей: пористость – 40,1 %, водопоглощение – 25,1 %, кажущаяся плотность – 1660 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР –  $5,96 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  при температуре измерения 400 °С, механическая прочность при сжатии – 35,2 МПа, теплопроводность – 0,45 Вт/(м·К). Разработанные материалы могут быть рекомендованы в качестве термостойкого огнеприпаса для кокильного литья алюминиевых сплавов машиностроительных предприятий. Организация аналогичных изделий на отечественных предприятиях позволит отказаться или сократить дорогостоящий импорт.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Керамика из природного волластонита для литейных установок алюминиевой промышленности / Л. Н. Русанова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. 2008. № 5. С. 39–44.
2. Бобкова, Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Н. М. Бобкова. – Минск: Выш. шк., 2007. – 301 с.
3. Дятлова, Е. М. Химическая технология керамики и огнеупоров: лаб. практикум / Е.М. Дятлова, В.А. Бирюк. – Минск: БГТУ, 2006. – 275 с.