

УДК 666.3/.7

Е.М. Дятлова, О.А. Сергиевич, О.А. Хотиловская

СИНТЕЗ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

На основании обзора литературных данных определены области составов и проведен синтез образцов технической керамики, где в качестве исходных сырьевых материалов использовались волластонит Босагинского месторождения, глина Латненского месторождения, угольная пыль (кокс), сапропель. Исследованы физико-химические свойства опытных образцов и установлены закономерности их изменения в зависимости от исходного состава и температурно-временных параметров. Изучены фазовые превращения при спекании, структура и фазовый состав синтезированных материалов с последующей научной интерпретацией и оптимизацией экспериментально полученных данных.

Ключевые слова: керамические материалы, волластонит, глина, водопоглощение, ТКЛР, теплопроводность, механическая прочность, термостойкий огнеприпас.

E.M. Dyatlova, O.A. Sergievich, O.A. Khotilovskaya

SYNTHESIS OF VOLLASTONITE CERAMICS FOR THE FOUNDRY MANUFACTURING INDUSTRY

Based on a review of the literature, the composition areas were determined and the synthesis of technical ceramics samples was carried out, where wollastonite of the Bosaginskoye deposit, clay from the Latnenskoe deposit, coal dust (coke), and sapropel were used as raw materials. The physicochemical properties of the experimental samples were investigated and the laws of their change depending on the initial composition and temperature-time parameters were established. Phase transformations during sintering, the structure and phase composition of the synthesized materials with subsequent scientific interpretation and optimization of the experimentally obtained data were studied.

Keywords: ceramic materials, wollastonite, clay, water absorption, thermal expansion coefficient, thermal conductivity, mechanical strength, heat-resistant fireproof.

Перспективность разработки керамических огнеупорных материалов на основе волластонита заключается в решении проблемы обеспечения литейного производства машиностроительной отрасли промышленности Республики Беларусь огнеприпасом собственного производства с заданным комплексом термомеханических ха-

рактических, 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].

Волластонит формируется на основе диаграммы состояния системы 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 (4,5–5,0 по Моосу). В природе небольшое количество кальция может замещаться железом, магнием, марганцем, алюминием, калием и натрием.

Целью данной работы является синтез и исследование технической керамики на основе волластонита для кокильного литья алюминиевых сплавов.

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. Смесь подвергалась совместному помолу в микрошаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 2 %¹, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 % и вылеживалась в течение 1–2 сут. 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 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ в сушильном шкафу марки СНОЛ. Далее образцы обжигались в лабораторной печи типа СНОЛ 6,7/1300 при различных температурах (1100°C , 1150°C , 1200°C) с подъемом температуры $5^\circ\text{C}/\text{мин}$ и выдержкой 1 ч с по-

¹ Здесь и далее, если не оговорено особо, содержание приведено в мас. %.

следующим инерционным охлаждением в печи до комнатной температуры.

Химический состав сырьевых опытных композиций представлен в таблице.

Химический состав опытных масс на основе природного волластонита

Индекс состава	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O
1	50,48	4,30	0,25	1,00	42,78	0,85	0,28	0,04	0,02
2	50,71	6,06	0,34	1,04	40,68	0,82	0,26	0,06	0,03
3	50,95	7,84	0,43/	1,08	38,53	0,80	0,25	0,09	0,04
4	50,84	7,11	0,40	1,07	39,40	0,82	0,25	0,08	0,03
5	50,73	6,35	0,36	1,06	40,31	0,84	0,26	0,07	0,03
6	50,47	4,30	0,25	0,99	42,81	0,85	0,27	0,04	0,02
7	50,47	4,30	0,25	0,99	42,81	0,85	0,27	0,04	0,02

Общая усадка образцов составила от 0,8 до 3,50 %, и увеличилась 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/см³. На рис. 1 представлена зависимость от открытой пористости от содержания сапропеля и температуры обжига.

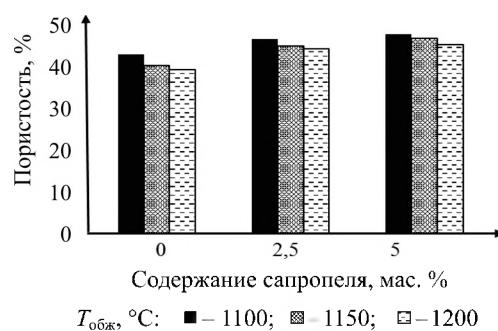


Рис. 1. Зависимость открытой пористости от состава и температуры обжига

Как видно на рис. 1, с увеличением температуры обжига от 1100 °C до 1200 °C открытая пористость несколько снижается, что

связано с интенсификацией процессов переноса вещества при спекании и увеличением 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 рис. 2 представлена графическая зависимость температурного коэффициента линейного расширения синтезированных материалов составов № 1–3 от содержания компонентов.

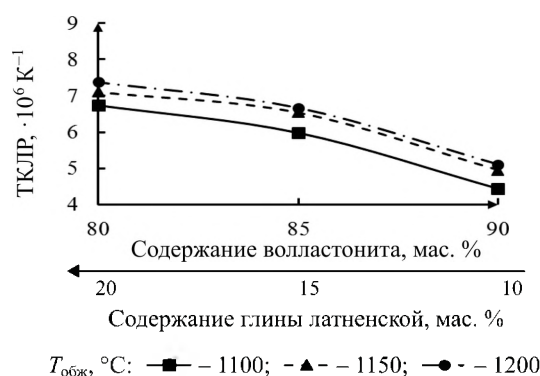


Рис. 2. Зависимость ТКЛР опытных образцов от состава и температуры обжига

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 °C материалов находится в пределах 32,86–36,15 МПа, при температуре 1150 °C – 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 °C, свидетельствует, что основной кристаллической фазой является волластонит, а дополнительной – кварц. Микроструктура керамических образцов, размер кристаллов, форма, взаимное расположение частиц, характер по-

верхности исследованы с помощью метода электронной микроскопии (рис. 3).

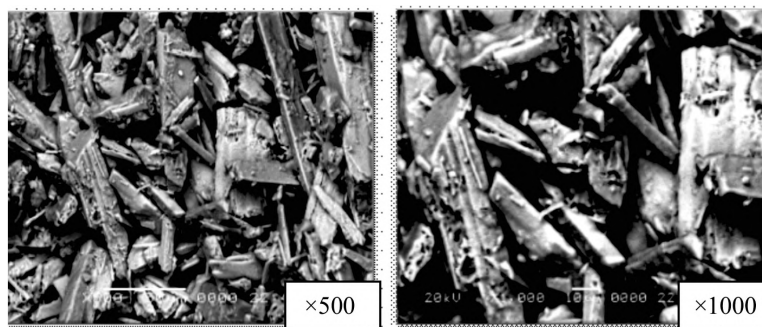


Рис. 3. Электронная микроскопия образца состава № 2

Видно, 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/м³, ТКЛР – $5,96 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при температурах измерения 20–400 °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 от дорогостоящего импорта или сократить его.

Список литературы

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. – Минск: Выш. шк., 2007. – 301 с.

3. Дятлова Е.М., Бирюк В.А. Химическая технология керамики и огнеупоров: лаборат. практикум. – Минск: Изд-во БГТУ, 2006. – 275 с.

Об авторах

Дятлова Евгения Михайловна (Минск, Республика Беларусь) – доцент кафедры технологии стекла и керамики, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет, e-mail: dyatlova@belstu.by.

Сергиевич Ольга Александровна (Минск, Республика Беларусь) – ассистент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии, кандидат технических наук, Белорусский государственный технологический университет, e-mail: topochka.83@mail.ru.

Хотилловская Оксана Александровна (Минск, Республика Беларусь) – студентка кафедры технологии стекла и керамики, Белорусский государственный технологический университет, e-mail: keramika@belstu.by.