

Дополнительными фазами при этом являются фаялит, муллит и остаточный кристаллический кварц. С увеличением температуры спекания относительное количество кристаллической фазы кварца уменьшается, т.к. он частично растворяется в расплаве, а частично идет на формирование других фаз. В процессе увеличения температуры синтеза количество образовавшегося муллита незначительно увеличивается, а кристаллической фазы фаялита становится немного меньше.

Заключение. Установлено, что на основе системы $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ получены механически прочные термостойкие материалы с пониженной температурой их обжига. Наилучшими физико-химическими свойствами обладает материал состава № 2, синтезированный при 1200 °С: водопоглощение – 3,52 %; кажущаяся плотность – 2470 кг/м³; ТКЛР – $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; механическая прочность при изгибе – 50,3 МПа; кислотостойкость – 97,55 %, щелочестойкость – 98,71 %; твердость по шкале Мооса – 7; термостойкость

(800 °С–вода) – 90 теплосмен; коэффициент теплопроводности – 0,79 Вт/(м·К). Фазовый состав материала представлен железистым кордиеритом, муллитом, фаялитом и кварцем.

Литература

1. Зобина, Л. Д. Оценка термостойкости новых материалов на основе кордиерита / Л.Д. Зобина, Т.Д. Семченко, Г.А. Гогаци // Огнеупоры, 1986. – № 4. – С. 10–12.
2. Масленникова, Г.Н. Керамические материалы: учеб. для студентов вузов / Г.Н. Масленникова, Р.А. Мамаладзе, С.О. Мидзута. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.
3. Абдрахимова, Е.С. Формирование структуры изделий при обжиге глинистых материалов/ Е.С. Абдрахимова, Д.В. Абдрахимов, В.З. // *Материаловедение*. – 2005. – № 1. – С.31–36.
4. Абдрахимова, Е.С., Долгий В.П., Абдрахимов В.З. Структурные превращения соединений железа в легкоплавкой глине при различных температурах обжига / Е.С. Абдрахимова, В.П. Долгий, В.З. Абдрахимов // *Материаловедение*. – 2005. – № 2. – С. 39–42.

УДК 666.3/7

ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛЛАСТОНИТСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Дятлова Е.М.¹, Сергиевич О.А.¹, Шамкалович В.И.², Хотилковская О.А.¹

¹*Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь*

²*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Введение. Проблема обеспечения машиностроительной и других отраслей промышленности, в производстве которых применяется литье металла в кокиль с использованием в качестве литейной чаши и прибыльной части керамического огнеупорного материала, отечественными огнеприпасами и освоение перспективных технологий их получения весьма актуальна. Огнеупорные припасы в основном закупают по импорту из России и Италии, поэтому разработка и организация производства аналогичных огнеупорных материалов в Республике Беларусь позволит решить вопросы снижения стоимости и импорто-замещения.

Кокиль представляет собой форму многократного использования (до 10 000 заливок) и идеально подходит для организации серийного и крупносерийного производства [1]. Наиболее перспективными керамическими огнеупорными материалами для литья алюминия и его сплавов являются огнеприпасы на основе силикатов, а именно силиката кальция – волластонита, который имеет ряд преимуществ: химически инертен к расплаву алюминия и его сплавов, имеет малую плотность, высокую пористость, низкий коэффициент теплопроводности – не более 0,3–

0,5 Вт/(м·К), количество отливок – более 1000, высокую термо- и шлакоустойчивость [2]. Диаграмма состояния системы CaO-SiO_2 построена по данным Г. Ранкина и Ф. Райта, но с некоторыми уточнениями и дополнениями относительно соединения 3CaO-SiO_2 и области ликвации, имеет исключительное значение для техники, в частности для технологии цементов, шлаков черной металлургии, некоторых видов керамики [3]. Таким образом, целью работы является синтез и исследование технической керамики на основе волластонита для литья алюминиевых сплавов, что позволит в некоторой степени решить проблему импортозамещения на предприятиях машиностроительной отрасли Республики Беларусь.

Методология. Исходная смесь подвергалась совместному помолу в микрошаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 2 %, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 % и вылеживалась в течение 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, далее сушили при

температуре 100 ± 5 °С в сушильном шкафу марки СНОЛ. Обжиг образцов производился в лабораторной печи типа СНОЛ 6,7/1300 в интервале температур $1100\text{--}1200$ °С с подъемом температуры 5 °С/мин и выдержкой 1 ч с последующим инерционным охлаждением до комнатной температуры.

Экспериментальная часть. Для синтеза опытных образцов было исследовано несколько серий масс: на основе природного волластонита (I серия), с использованием природного карбонатного и кремнеземистого сырья (II серия), кремнегеля (III серия) и маршалита (IV серия).

Первая серия керамических масс кроме волластонита содержит углистую огнеупорную глину в качестве пластификатора (до 20 %), а для снижения плотности и теплопроводности вводились выгорающие компоненты: угольная пыль (кокс) (5 %) и сапрпель ($2,5$ %). Цвет образцов после обжига изменялся от молочного до кремового с увеличением температуры. Общая усадка образцов изменялась в диапазоне $0,8\text{--}3,50$ % в зависимости от состава и температуры обжига. Результаты измерения физико-химических свойств представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения физико-химических свойств образцов при различных температурах обжига

№ сос- тава	Свойства при температуре обжига, °С								
	Водопоглоще- ние, %			Кажущаяся плотность, г/см ³			Открытая пори- стость, %		
	1100	1150	1200	1100	1150	1200	1100	1150	1200
1	30,3	29,5	23,1	1,54	1,56	1,73	46,6	45,9	40,1
2	29,4	25,5	22,1	1,56	1,66	1,77	45,9	42,4	39,1
3	24,1	22,4	21,1	1,68	1,74	1,79	40,8	39,0	37,8
4	25,6	24,9	19,1	1,66	1,69	1,84	42,5	42,2	35,3
5	26,9	23,7	22,6	1,62	1,71	1,75	43,5	40,7	39,7
6	30,6	29,0	28,0	1,54	1,57	1,60	47,2	45,5	44,8
7	32,4	31,1	29,7	1,50	1,52	1,54	48,4	47,3	45,9

Как видно из приведенных данных, с увеличением температуры обжига открытая пористость несколько снижается, что закономерно, т. к. связано с активизацией процесса спекания образцов при увеличении температуры обжига и интенсификацией процессов переноса вещества, увеличением количества расплава, способного к вязкому течению, в результате чего происходит уменьшение открытой пористости образцов.

Уменьшение ТКЛР от $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ до $4,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ с повышением температуры синтеза обусловлено увеличением количества жидкой фазы при спекании, растворением в ней кварца, т.е. обогащением стеклофазы кремнеземом, обладающим низким парциальным значением ТКЛР. Механическая прочность при сжатии материалов, полученных на основе масс исследуемой системы и обожженных при температуре 1200 °С, находится в пределах $32,86\text{--}36,15$ МПа, при температуре 1150 °С – $27,98\text{--}34,12$ МПа. Фазовый состав образцов I серии (2 состав при 1150 °С) представлен

волластонитом и незначительным количеством кварца. Результаты электронной микроскопии приведены на рис. 1.

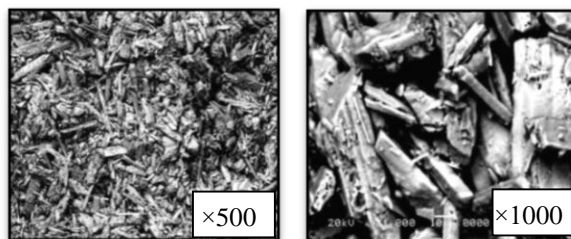


Рисунок 1 – Электронная микроскопия опытных образцов оптимального состава при 1150 °С

Исходя из представленных результатов видно, что структура равномерно зернистая, однородная, пористая с кристаллами неизометрической игольчатой формы с размером $7\text{--}15$ мкм.

II серия керамических масс с использованием природного карбонатного и кремнеземистого сырья содержит углистую огнеупорную глину в качестве пластификатора, а также мел Волковыского месторождения и кварцевый песок марки ОВС–050 Гомельского горно-обогатительного комбината. Спустя несколько часов после обжига образцы рассыпались, что можно объяснить наличием в их составе свободного CaO, который не вступил в реакцию с кварцевым песком при увеличении объема в $2\text{--}3$ раза по реакции:



Синтез образцов III серии волластонитсодержащей керамики на основе мела Волковыского месторождения, глины Латненского месторождения (10 и 20 %) и кремнегеля (аморфного кремнезема) производился аналогично. Внешний вид образцов после обжига удовлетворительный, без трещин, цвет изменялся от белого до молочного с увеличением температуры обжига от 1100 до 1200 °С. При анализе физико-химических свойств образцов можно отметить активизацию спекания образцов при увеличении температуры обжига, что связано с интенсификацией процессов переноса вещества и увеличения количества расплава, способного к вязкому течению. Качественный фазовый состав представлен в основном волластонитом ($64,10$ %) с незначительным количеством кварца. Кривая ДТА образцов состава 2/2 приведена на рисунке 2.

При $264,3$ °С наблюдается удаление адсорбированной, межпакетной и сольватационной воды глинистой составляющей. При температуре $417,9$ °С происходит окисление углистых примесей в огнеупорной глине. При $784,5$ и $818,6$ °С – происходит диссоциация карбонатов кальция и магния, входящих в состав мела и глины. При $951,2$ °С и $1078,1$ °С – наблюдается формиро-

вание силикатов кальция. Структура – равномерно зернистая, однородная, пористая с кристаллами не изометрической игольчатой формы размерами (5–13) мкм.

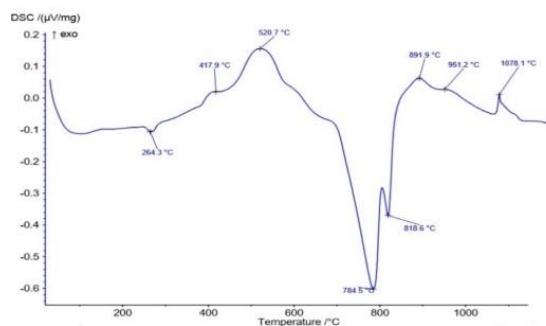


Рисунок 2 – Кривая ДТА керамической массы состава 2/2

Синтез волластонитсодержащей керамики IV серии проводился на основе мела Волковыского месторождения, глины Латненского месторождения (10, 20 % соответственно) и маршалита (тонкодисперсного кварца). Внешний вид образцов после обжига удовлетворительный, без дефектов и трещин, цвет изменялся от белого до молочного с увеличением температуры обжига от 1100 до 1200 °С. Водопоглощение образцов уменьшается с повышением температуры обжига и при содержании глины 10 % в исходной композиции, что связано с интенсификацией процессов переноса вещества при жидкофазном механизме спекания. Качественный фазовый состав образца, обожженного при температуре 1150 °С, представлен в

новном волластонитом (68,10 %) и незначительным количеством кварца и примесями алюмосиликатов Ca, Na.

Заключение. Для получения огнеупорной волластонитсодержащей керамики предложен оптимальный состав керамической массы, синтезированный с использованием глины Латненского месторождения, мела Волковыского, маршалита, характеризующийся следующим комплексом физико-технических показателей: пористость – 59,57 %, водопоглощение – 43,54 %, кажущаяся плотность – 1300 кг/м³, ТКЛР – 5,96·10⁻⁶ К⁻¹ в интервале температур (20–400) °С, механическая прочность при сжатии – 35,2 МПа, огнеупорность – выше 1500 °С, коэффициент теплопроводности – 0,18 (Вт/м·К). Качественный фазовый состав образца оптимального состава представлен волластонитом и незначительным количеством кварца. Структура образца однородная, кристаллы не изометрической формы. Разработанные составы керамических материалов могут быть использованы в качестве импортозамещающего термостойкого огнеупорного припаса на предприятиях машиностроительной отрасли.

Литература

1. Алексеев, М.К. Керамические материалы для металлургии / М.К. Алексеев // «Наука – производству» – 1999. – № 9. – С. 25–26.
2. Керамика из природного волластонита для литейных установок алюминиевой промышленности / Л. Н. Русанова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. 2008. – № 5. – С. 39–44.
3. Бобкова, Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Н.М. Бобкова. – Минск: Выш. шк., 2007. – 301 с.

УДК. 669.6-8

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВА Sn – 8,8 мас. % Zn Зерница Д.А.¹, Шепелевич В.Г.²

¹Мозырский государственный университет имени И.П. Шамякина
Мозырь, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Сплавы на основе системы олово-цинк находят широкое применение в промышленности в качестве защитных покрытий и припоев. В данной системе в сплаве состава Sn-8,8 мас. % Zn наблюдается эвтектическое превращение при температуре 198 °С [1]. Микроструктура эвтектики зависит не только от условий ее получения, но и последующей термической обработки. В связи с этим проведено исследование влияния отжига на микроструктуру сплава Sn-8,8 мас. % Zn, полученного при высокоскоростной кристаллизации.

Эвтектический сплав изготовлен сплавлением компонентов в кварцевой ампуле. Капля расплава массой ≈ 0,2 г инжектировалась на внутреннюю

полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра диаметром 200 мм, где она растекалась и затвердевала в виде фольги длиной до 15 см и шириной до 15 мм. При исследовании использовались фольга толщиной 40...90 мкм, что соответствовала скорости охлаждения расплава не менее 5·10⁵ К/с [2]. Для сравнения микроструктуры использовались массивные образцы сплавов, полученные при скорости охлаждения 10² К/с.

Исследование микроструктуры фольги проведено с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP, имеющего приставку для проведения рентгеновского микроанализа. Фазовый