

Для проведения испытаний использовали капилляр в виде прямоугольной щели высотой 200 мм и толщиной 4, 6 и 8 мм. По полученным данным устанавливали зависимости (рис. 1) глубины затекания в капилляр расплава композиций на основе вторичного полипропилена и отходов дубленых кож (wet-blue и отходов кож потребления) от давления (2—10 МПа) и температуры формы (20—80 °С).

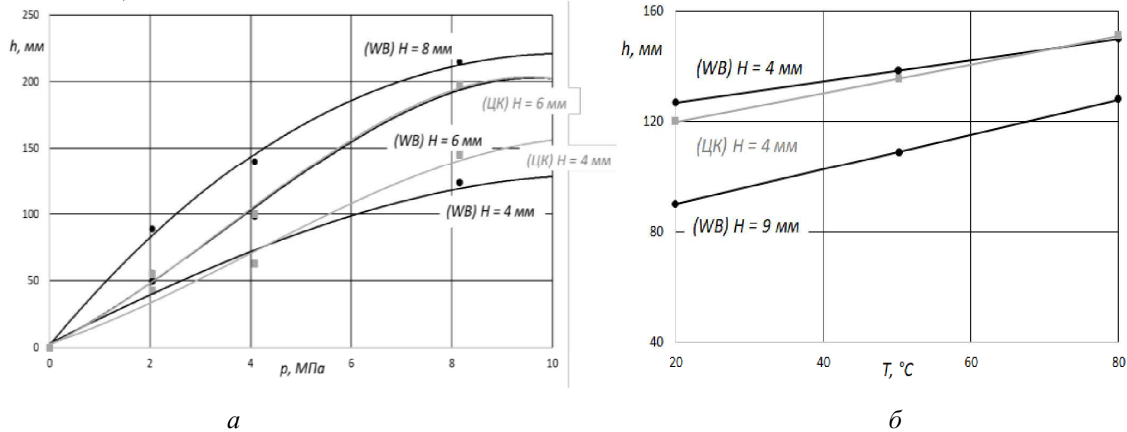


Рис. 1. Зависимости глубины затекания расплава композиций на основе вторичного полипропилена и кожевенных отходов от давления (а) и от температуры формы (б)

С увеличением давления глубина затекания увеличивается (рис. 1а), что указывает на возможность получать более высокие и тонкие стенки в формуемых изделиях. Влияние температуры формы показано на рис. 1б: при ее увеличении почти до температуры стеклования материала глубина затекания увеличивается. Представленные зависимости можно использовать для оценки минимальных размеров конструктивных элементов изделий из материалов на основе вторичного полипропилена и кожевенных отходов.

1. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. / В.П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.
2. Карпович, О.И. Технологические характеристики материалов на основе металлсодержащих полимерных отходов, получаемых методом пласт-формования / О.И. Карпович, А.Н. Калинка, А.Л. Наркевич // Технология органических веществ: тезисы 80 науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–4 февраля 2016 г [Электронный ресурс / отв. за издание И. М. Жарский; УО «БГТУ». – Минск: БГТУ, 2016. – С. 32.

## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ

Е.М. Дятлова, Р.Ю. Попов, А.С. Самсонова

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Диаграмма системы CaO–SiO<sub>2</sub> построена по данным Г. Ранкина и Ф. Райта, но с некоторыми уточнениями и дополнениями относительно соединения 3CaO·SiO<sub>2</sub> и области ликвации, имеет исключительное значение для техники, в частности для технологии цементов, шлаков черной металлургии, некоторых видов керамики. Метасиликат кальция CaO·SiO<sub>2</sub> существует в виде трех модификаций — волластонита (низкотемпературная форма), параволластонита (метастабильная модификация) и псевдоволластонита (высокотемпературная форма). При температуре 1125 °С волластонит обратимо превращается в псевдоволластонит. Для силикатов кальция характерен и возможен и более сложный полиморфизм, который существенным образом сказывается на структуре и свойствах материала. Практическое значение силикатов кальция очень велико. Двухкальциевый силикат в виде α- и β-форм и трехкальциевый силикат — важнейшие минералогические составляющие портландцементного клинкера.

Волластонит уникален среди промышленных минералов благодаря сочетанию белого цвета, игольчатой формы кристаллов и щелочному рН. Игольчатая форма кристаллов и фактор их анизотропии определяют главное направление использования волластонита в качестве микроармирующего наполнителя. Структура волластонита характеризуется повторяющимися, переплетенными тройными четырехгранниками кварца. Цепочки, формируемые этими кварцевыми четырехгранниками, соединены по сторонам через кальций, образуя восьмигранники. 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. Согласно сведениям, приведенным на диаграмме CaO–SiO<sub>2</sub>, синтез волластонитовой керамики следует проводить при содержании SiO<sub>2</sub> в сырьевой смеси около 53 %, CaO 47 %, температура спекания должна быть более 1125 °С.

Волластонит является перспективным керамическим огнеупорным материалом на основе силикатов. Он обладает особенными характеристиками, такими, как инертность к химическому взаимодействию с расплавом алюминия, высокая шлакоустойчивость, низкий коэффициент теплопроводности — не более 0,3—0,5 Вт/(м·К) — все это позволяет использовать его в металлургии алюминия и его сплавов. Техническую волластонитовую керамику изготавливают из природного волластонита с минимальным содержанием примесей и добавками небольшого количества глин. Температура обжига — 1200—1300 °С. Волластонитовая керамика обладает высокими электрофизическими и механическими свойствами. Для получения изделий технической керамики используют главным образом природное сырье высокой чистоты. Высокая активность к спеканию тонкодисперсной фракции волластонита дает возможность повысить механическую прочность керамики при минимальном содержании спекающей добавки, не снижая термостойкости, а в некоторых случаях вообще отказаться от применения спекающих добавок.

В настоящей работе осуществлен синтез керамических материалов для получения огнеупорного припаса на основе системы CaO–SiO<sub>2</sub>. Были исследованы 2 серии масс: на основе природного волластонита и с использованием карбонатного и кремнеземистого сырья Республики Беларусь. Опытные образцы обеих серий изготавливали по методу полусухого прессования. Компоненты подвергались совместному мокрому помолу в микрошаровой мельнице, после чего приготовленная смесь увлажнялась до влажности 7—8 мас. % и вылеживалась в течении 1 сут. Опытные образцы в виде цилиндров диаметром 22 мм прессовались на гидравлическом прессе при давлении 10—30 МПа, затем подвергались сушке в сушильном шкафу. Обжигались образцы в лабораторной печи в интервале температур 1100—1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течении 1 ч.

С целью разработки технологических параметров производства изделий было исследовано влияние давления прессования и температуры обжига на свойства образцов волластонитовой керамики оптимального состава, который характеризуется содержанием следующих компонентов, мас. %: природный волластонит — 85, глина огнеупорная — 10, сапрпель — 2,5, вермикулит — 2,5.

Результаты измерения физико-химических свойств приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства опытных образцов

Давление прессования, МПа	Физико-химические свойства опытных образцов при температуре обжига, °С		
	1100	1150	1200
	Водопоглощение, %		
10	24,8	24,4	11,8
20	22,7	19,9	8,7
30	20,7	18,3	5,1
	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>		
10	1670	1680	2110
20	1750	1830	2250
30	1790	1880	2400
	Открытая пористость, %		
10	41,5	41,2	25,0
20	39,8	36,6	19,7
30	37,1	34,4	12,2

Как видно из приведенных данных, водопоглощение, плотность и открытая пористость образцов зависят не только от температуры спекания, но и от давления прессования изделий. Открытая пористость и водопоглощение постепенно уменьшаются с увеличением температуры обжига до 1200 °С.

Прочностные характеристики керамики зависят не только от общей пористости, но и от размера пор, равномерности их распределения в объеме изделия, а также от фазового состава синтезированного материала. Механическая прочность образцов (при изгибе), полученных на основе исследуемой системы и обожженных при температуре 1200 °С, находится в пределах 39,07—52,36 МПа.

Повышение механической прочности материалов обусловлено интенсификацией процессов формирования кристаллических фаз, обеспечивающих высокие физико-технические свойства; протекающими в керамике физико-химическими преобразованиями: полиморфизмом, вызывающего значительные объемные изменения в материале, а также увеличением количества образующегося при термообработке расплава и снижения его вязкости с увеличением температуры синтеза, которые способствуют заполнению пустот, свободного пространства между зернами и существующих пор, при этом благоприятно влияя на цементирование керамической матрицы и формирование более плотной и прочной структуры после завершения процесса обжига.

На основании проведенных исследований установлено влияние давления прессования и температуры обжига на показатели свойств синтезированной керамики. Установлено, что оптимальное давление прессования подобных материалов должно составлять 20 МПа, а температура обжига 1100—1150 °С.

---

---

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЛАНТАНОСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ФЕРРИТА ВИСМУТА СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА

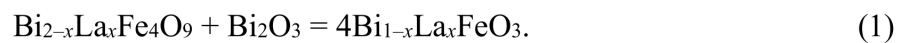
Д.В. Зиневич, К.В. Поддубская, А.А. Глинская, Г.П. Дудчик, И.А. Великанова

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь; dudchik@belstu.by

**Цель исследований** — разработка метода синтеза твердых растворов со структурой перовскита на основе феррита висмута  $\text{BiFeO}_3$ , в котором ионы  $\text{Bi}^{3+}$  изовалентно замещены ионами лантана  $\text{La}^{3+}$  и которые не содержат примесных фаз — антиферромагнитной фазы муллита  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$  и парамагнитной фазы силленита  $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ .

Известно, что сложные оксиды на основе феррита висмута  $\text{BiFeO}_3$  проявляют магнитоэлектрический эффект — уникальное свойство, позволяющее рассматривать их в качестве перспективных материалов для создания высокоэффективных устройств записи, считывания и хранения информации путем преобразования магнитного упорядочения или разупорядочения в электрический сигнал [1—6]. Однако синтез подобных соединений, называемых сегнетомагнетиками или мультиферроиками, путем взаимодействия соответствующих оксидов (в нашем случае оксидов висмута  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и лантана  $\text{La}_2\text{O}_3$ ) существенно осложняется рядом факторов, связанных с особенностями химических свойств оксида висмута, что не позволяет получать беспримесные твердые растворы типа  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ . В связи с этим в данной работе был проведен поиск и отбор других исходных реагентов для синтеза, так называемых прекурсоров, или предшественников, установление оптимальных температурно-временных режимов синтеза лантанзамещенного феррита висмута и изучение его свойств.

Наиболее оптимальным оказался разработанный нами метод синтеза замещенного феррита висмута  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$  ( $x = 0,05; 0,1$ ) путем твердофазного взаимодействия твердых растворов на основе муллита  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$  состава  $\text{Bi}_{2-x}\text{La}_x\text{Fe}_4\text{O}_9$  ( $x = 0,2; 0,4$ ) и оксида висмута  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  по реакции (1):



Соответствующие твердые растворы прекурсоров на основе муллита синтезировались предварительно из оксидов висмута  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , лантана  $\text{La}_2\text{O}_3$  и железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  высокой степени чистоты (квалификация «х.ч.») по реакциям (2–3) в соответствии с методикой, описанной в [7]: