

Р. Ю. Попов, доц., канд. техн. наук;  
А. С. Самсонова, асп.;  
И. В. Каврус, канд. техн. наук;  
Т. В. Камлюк, науч. сотр. Центра ФХМИ  
(БГТУ, г. Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТОВОГО ОГНЕПРИПАСА**

В настоящее время важной задачей для керамической промышленности является расширение сырьевой базы и замена дефицитного и дорогого сырья на более доступное и дешевое, не требующее дальних перевозок. Одним из решений этой задачи является переход на местные виды сырья. Применение этих видов сырья позволит создать экологически приемлемые, более дешевые, менее энергоемкие технологии производства керамики [1]. В противоположность традиционной керамике, в качестве сырья для их получения используются искусственно синтезированные вещества в более совершенные технологические приемы производства [2].

Одним из перспективных минералов многоцелевого назначения является волластонит  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , обладающий крупнокристаллической игольчато-волокнутой структурой и применяемый в различных отраслях промышленности [3]. Важными технологическими свойствами волластонита являются высокая химическая стойкость в различных средах, небольшой удельный вес, уникальные диэлектрические свойства и низкая теплопроводность, а также экологическая чистота и безопасность применения [4]. Особенностью волластонита является его инертность к химическому взаимодействию с расплавом алюминия. Это позволяет использовать его в металлургии алюминия и его сплавов [5]. Волластонитовая керамика характеризуется высокой механической прочностью и термостойкостью, что повышает популярность применения указанного вида материала для тепловых агрегатов, в особенности в металлургической отрасли.

Целью данной работы является исследование возможности использования отечественных сырьевых материалов Республики Беларусь для получения волластонитового огнеприпаса; изучение влияния различного кремнеземсодержащего сырья на свойства керамических изделий; определение способов воздействия на фазовый состав, свойства и структуру материала, а также исследование пластифицирующих добавок, способствующих улучшению формовочных свойств.

Для синтеза волластонитсодержащей керамики в качестве сырьевых материалов использовали: глины месторождений Веселовскую (Украина), Боровичскую (Россия), Крупейский сад (Республика Беларусь); кальцийсодержащие – мел ОАО «Красносельскстройматериалы», доломитовая мука; кремнеземсодержащие – трепел месторождения «Стальное», маршалит, кремнегель, диоксид кремния, кварц молотый пылевидный (ООО «Илмакс»).

Изготовление опытных образцов осуществлялось полусухим прессованием. Подготовленные сырьевые компоненты измельчали до остатка на сите № 05 1–2 %, взвешивали в необходимом количестве, перемешивали и для лучшего усреднения массы помещали в планетарную мельницу фирмы Retsch PM-100 на 20 мин. Приготовленная смесь увлажнялась до влажности 6–8 %, затем готовый пресс-порошок вылеживался в течение 1 сут. для усреднения по составу и влажности. Формование образцов осуществлялось на гидравлическом прессе при давлении 20–25 МПа. Далее производилась сушка образцов в сушильном шкафу при температуре  $100 \pm 10$  °С в течение 2 ч. После чего осуществлялся однократный обжиг в электрической печи при температурах 1000, 1050, 1100, 1150 и 1200 °С. Скорость подъема температуры в процессе обжига 200–250 °С/ч. Образцы охлаждались в течение 1 сут.

В результате проведенных исследований были получены керамические волластонитсодержащие материалы на основе различных карбонатных и кремнеземистых сырьевых компонентов. В ходе проведения исследований были установлены зависимости свойств опытных образцов от температуры обжига, типа и количества содержания компонентов.

На основании полученных и обработанных результатов эксперимента сделали вывод о том, что оптимальной температурой обжига является 1150 °С, при данной температуре осуществляется более полное спекание, а образцы обладают лучшим набором эксплуатационных характеристик.

Установлено, что из первой серии опытов оптимальный состав представлен следующими компонентами: мел, трепел, глина Веселовского месторождения – в количестве 10,0–15,0 %.

Образец керамики, синтезированный на основе указанного состава характеризовался следующим комплексом свойств: открытая пористость – 47,4 %, водопоглощение – 33,0 %, кажущаяся плотность –  $1452 \text{ кг/м}^3$ , ТКЛР –  $6,19 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$  в интервале температур (50–300) °С, механическая прочность при сжатии – 9,5 МПа.

Рентгенофазовый анализ показал, что основной фазой являются волластонит, кварц, а в небольших количествах – акерманит. Наличие

указанных кристаллических фаз обеспечивает достижение необходимых физико-механических и теплофизических характеристик.

На основании анализа полученных и обработанных результатов эксперимента был установлен оптимальный состав с применением различных пластифицирующих добавок, наиболее удовлетворяющий поставленным задачам: мел, трепел «Стальное», глина «Крупейский сад» – в количестве 10,0–15,0 %. Образец керамики, синтезированный на основе указанного состава, характеризовался следующим комплексом свойств: открытая пористость – 37,9 %, водопоглощение – 21,9 %, кажущаяся плотность – 1740 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР –  $5,86 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  в интервале температур (50–300) °С, механическая прочность при сжатии – 13,6 МПа.

Согласно рентгенофазовому анализу, основными кристаллическими фазами синтезированных образцов являются волластонит, кварц, а также в небольших количествах – акерманит.

Проведенные исследования позволили установить возможность применения отечественных материалов для получения волластонит-содержащей керамики, которая может быть использована в качестве огнеприпаса для предприятий металлургической промышленности.

*Исследования выполнены при поддержке Министерства  
образования Республики Беларусь (проект №2023056)*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселева И. А. Термохимия водных и безводных силикатов и алюмосиликатов натрия, кальция, магния и бериллия: автореф. дис. ... док. геол.-минер. наук : 04.00.20 / И. А. Киселева; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. – Москва, 1998. – 42 с.
2. Бобкова Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – Минск: Белор. гос. технол. ун-т, 1997. – 336 с.
3. Кулдашева А. Х. Экспериментальные исследования прочностных свойств бетонов на основе волластонитового сырья // Вестник. – 2011. – № 7. – С. 627–630.
4. Гордиенко П. С. [и др.] Материал на основе синтетического волластонита и его влияние на функциональные свойства мелкозернистого бетона // Перспективные материалы. – 2017. – № 9. – С. 40–48.
5. Дятлова Е. М., Сергиевич О. А., Руба М. А. Синтез волластонитсодержащих керамических материалов технического назначения для предприятий машиностроительной отрасли // Огнеупоры и техническая керамика. – 2019. – № 6. – С. 31–40.