

УДК 666.7

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗУЮЩИХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Попов Р.Ю.¹, Дятлова Е.М.¹, Самсонова А.С.¹, Шабуря М.А.²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проведен анализ технической литературы в области синтеза материалов технического назначения, выбрана область составов, осуществлен синтез керамики и исследованы эксплуатационные характеристики; изучено влияние минерализующих добавок на свойства, структуру и фазовый состав, установлены закономерности изменения физико-технических, теплофизических характеристик и рентгеноструктурных показателей керамических материалов на основе различного природного кремнезем- и кальцийсодержащего сырья. Результаты исследований могут использоваться для производства керамического огнеприпаса на основе волластонита с использованием природного и техногенного сырья.

Ключевые слова: волластонит, техническая керамика, температурный коэффициент линейного расширения, термостойкость, огнеупорность.

INFLUENCE OF MINERALIZING ADDITIVES ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CERAMICS BASED ON SYNTHETIC WOLLASTONITE

Popov R.¹, Dyatlova E.¹, Samsonova A.¹, Shabura M.²

¹Belarusian State Technological University

²Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. The analysis of technical literature in the field of synthesis of materials for technical purposes was carried out, the area of compositions was selected, the synthesis of ceramics was carried out and the operational characteristics were investigated; the effect of mineralizing additives on the properties, structure and phase composition was studied, the regularities of changes in the physical, technical, thermophysical characteristics and X-ray structural characteristics of ceramic materials based on various natural silica and calcium-containing raw materials were established. The research results can be used for the production of wollastonite-based ceramic firepower using natural and technogenic raw materials.

Key words: wollastonite, technical ceramics, temperature coefficient of linear expansion, heat resistance, refractoriness.

Адрес для переписки: Самсонова А.С., ул. Белорусская, 21, г. Минск 220006, Республика Беларусь
e-mail: misakamadara@yandex.by

Техническая керамика является самостоятельным классом материалов и находит все более распространенное применение в современных отраслях техники и промышленности, таких как электротехника, энергетика, в том числе ядерная, радиотехника, металлургия, химическое машиностроение [1].

Большой практический интерес представляет волластонит $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, как сырье многоцелевого назначения, обладающий крупнокристаллической игольчато-волокнистой структурой и широко используемый в различных отраслях промышленности [2].

Для изготовления изделий технической керамики используют природный волластонит, содержащий минимальное количество примесей. Для пластификации масс вводят небольшое количество глинистых и флюсующих добавок не ухудшающих свойства изделий. Температура обжига составляет 1200–1300 °С. Волластонитовая керамика обладает высокими электрофизическими и механическими свойствами. Для получения изделий технической керамики использу-

ют главным образом природное сырье высокой чистоты [3].

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 [4].

Целью данной работы является разработка волластонитсодержащей керамики на основе природного сырья Республики Беларусь и изучение влияния минерализующих добавок на процессы, протекающие при синтезе.

Использование минерализующих добавок позволяет интенсифицировать процесс фазообразования и улучшить характеристики материала.

Разработка керамических втулок на основе синтетического волластонита осуществлялась в двух направлениях. В первом случае использовалось природное сырье Республики Беларусь: мел, трепел, а в качестве минерализующих добавок кальцийсодержащий отход производства вяжу-

пших материалов и природный волластонит. Пластификатором выступала огнеупорная глина Веселовского месторождения. Количество компонентов изменялось в пределах: мел (30–50 мас. %), трепел (50–60 мас. %), глина (10–15 мас. %), кальцийсодержащий отход (5–10 мас. %), природный волластонит (3–6 мас. %).

Во втором случае применялось следующее сырье: мел, маршалит (молотый кварцевый песок), минерализующие добавки – кальцийсодержащий отход (5–10 %), природный волластонит (3–6 %). Пластифицирующим компонентом являлась глина Веселовского месторождения.

Изготовление опытных образцов в виде цилиндров диаметром 22 мм осуществлялся методом полусухого прессования при давлении 20–25 МПа. Обжиг материалов проводился в интервале температур 1050–1150 °С с выдержкой 1 час.

Определение показателей спекания керамических масс являются критериальными, характеризующими механические характеристики конечного продукта и условия его эксплуатации. Результаты измерения физико-химических свойств опытных образцов оптимального состава приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства опытных образцов оптимального состава

Номер состава	Свойства образцов при температуре обжига, °С		
	1050	1100	1150
	Водопоглощение, %		
1	24,0	23,2	21,3
2	24,7	22,9	20,8
3	21,5	20,9	16,6
	Кажущаяся плотность, кг/м ³		
1	1663	1681	1735
2	1669	1697	1745
3	1739	1748	1888
	Открытая пористость, %		
1	39,9	38,9	36,1
2	41,2	38,8	37,3
3	37,4	36,3	31,3

Как видно из приведенных данных, образцы с добавкой волластонита улучшают физико-химические показатели синтезированного материала.

Присутствие в составах масс дополнительного количества волластонита до 3 % не оказывает существенного влияния на процессы спекания, однако при увеличении содержания указанного компонента выше данного значения, показатели спекания значительно отличаются от первоначального уровня. Такое поведение керамических масс может быть связано, по-нашему мнению, с возможностью взаимодействия вводимой добавки волластонита с матрицей материала с образованием различных легкоплавких соединений (силикатов и алюмосиликатов), дальнейшее увеличение содержания волластонита в исходной композиции существенным образом изменяет

соотношение химических компонентов керамических масс, что снижает вероятность образования легкоплавких эвтектик в указанном интервале температур.

Наличие в составе кальцийсодержащего отхода приводит к ухудшению показателей спекания в интервале исследуемых температур, что связано с малой вероятностью формирования стекловидной фазы при данных условиях синтеза, а именно – не достигается необходимые соотношения оксидов, обеспечивающих образование легкоплавких эвтектик, либо температурные параметры не позволяют создать условия для их образования.

Механическая прочность при сжатии материалов, полученных на основе масс исследуемой системы и обожженных при температуре 1150 °С, находится в пределах 32,9–37,7 МПа.

Из источников литературы известно, что тонкодисперсная фракция волластонита повышает механическую прочность керамики за счет армирования кристаллами волластонита, которые вытягиваются вдоль оси образца.

Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что наиболее низким ТКЛР обладают образцы состава 3 ($\alpha = (6,05 - 7,24) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

В ходе исследования были установлены зависимости свойств керамики от состава и температуры синтеза. Оптимальной является температура 1150 °С, при данных условиях синтеза наблюдается более полное спекание. Исследования свойств позволили сделать выводы о том, что наилучшими эксплуатационными характеристиками обладают образцы на основе мела и трепела с добавлением природного волластонита (3–6 %). Присутствие трепела в составе масс способствует активации процессов фазообразования и спекания за счет наличия аморфной составляющей.

Исследование фазового состава синтезированной керамики позволяет сделать выводы о том, что использование трепела приводит к существенному изменению фазового состава материала. В структуре керамики четко прослеживаются кристаллические образования, идентифицируемые по габитусу, как волластонит, что подтверждает возможность получения волластонитсодержащих материалов на основе белорусского сырья.

Литература

1. Будников, П. П. Химическая технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, Д. Н. Полубояринов. – М.: Стройиздат, 1972. – 553 с.
2. Кулдашева, А. Х. Экспериментальные исследования прочностных свойств бетонов на основе волластонитового сырья / А. Х. Кулдашева // Вестник. – 2011. – № 7. – С. 627–630.
3. Волочко, А. Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А. Т. Волочко, Е. М. Дятлова. – Минск, 2013. – 383 с.

4. Керамика из природного воллатсонита для литейных установок алюминиевой промышленности / Л. Н. Русанова [и др.] ; под общ. ред. Л. Н. Руса-

новой. – ФГУП «ОНПП «Технология», г. Обнинск Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – № 5. – С. 45–47.

УДК 673.2.082

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ МИКРОСИСТЕМ

Реутская О.Г.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Чувствительные элементы мультисенсорных микросистем применяют для измерения выходного сигнала сенсора. Конструктивные особенности составных частей сенсоров определяют рабочие диапазоны устройств на их основе. Исследование форм «полоска» и «меандр» нагревателей позволило установить влияние компонентов конструкции на измеряемый сигнал. Определены режимы работы, позволяющие снизить энергопотребление микросистем на алюмооксидных подложках.

Ключевые слова: мультисенсорная микросистема, чувствительный элемент, нагреватель, алюмооксидная подложка.

SENSITIVE ELEMENTS FOR MULTISENSORY MICROSYSTEMS

Reutskaya O.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus*

Abstract. The sensing elements of multi-sensor microsystems are used to measure the sensor output signal. The design features of the sensor components determine the operating ranges of devices based on them. The study of the shapes of the “strip” and “meander” heaters allowed us to establish the influence of the design components on the measured signal. The operating modes allowing to reduce the energy consumption of microsystems on aluminum oxide substrates are determined.

Key words: multisensory microsystem, sensing element, heater, aluminum oxide substrate.

*Адрес для переписки: Реутская О.Г., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: oreutskaya@bntu.by*

Датчики и системы контроля многофакторной анализируемой среды позволяют получать широкий спектр различных параметров. Постановка задачи и цели использования таких систем определяет диапазон применения их в соответствующих приборах. Чувствительные элементы для полупроводниковых мультисенсорных микросистем могут быть интегрированы в биоанализаторы, газовые пожарные извещатели, системы контроля состава газовой среды в производственных и жилых помещениях и т.д.

Выбор режимов работы и подбор анализирующего состава позволяет расширять диапазон применения таких сенсорных элементов. Качественный и количественный состав газовой среды можно определять химическими датчиками. Полупроводниковые слои сенсоров могут работать при повышенных температурах (200–400 °С). Поэтому выбор конструкции является одним из основных вопросов в области создания газоаналитических приборов [1].

Рабочий диапазон температур отражается на энергопотреблении устройства. Для его снижения и повышения чувствительности сенсора особое внимание уделяется исследованию возмож-

ности определения концентраций газов в нижних пределах их допустимых концентраций [2].

Увеличение рабочей морфологии поверхности сенсора и чувствительного слоя позволяет увеличить удельную поверхность к объему газочувствительного слоя. Такая особенность конструкции сенсора позволяет улучшить и повысить его сигнал.

Условно методы получения «развитой» поверхности чувствительных элементов можно разделить на две группы. К первой группе относятся технологические приемы обработки поверхности кремния и формирования подслоя пористого кремния на них. Ко второй группе относятся методы изготовления пористых алюмооксидных подложек [2].

Пористый оксид алюминия – это диэлектрический материал с регулярной упорядоченной структурой и большой удельной поверхностью. Он обладает высокой прочностью, а также хорошей адгезией к материалам контактов в мультисенсорных системах [1, 2]. Поверхность подложек не должна содержать большого числа дефектов после осуществления всех технологических приемов формирования сенсоров. Для повышения се-