

Нами предлагается способ реализации инвазивного метода, заключающийся в создании специализированного корсета для людей с инвалидностью и без нее, вызванной заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Корсет представляет собой систему эластичных тканевых перевязей, длина и положение которых относительно друг друга регулируется с помощью специализированной фурнитуры. В качестве системы датчиков выступает совокупность акселерометров, позволяющих оценивать ускорение и угловую скорость вдоль пространственных осей в точке в которой расположено устройство. Точки контроля на теле субъекта выбирают индивидуально, исходя из особенностей его состояния здоровья и способа перемещения в пространстве. Помимо акселерометра в систему мониторинга встроен электрогониометр, позволяющий оценить угол наклона и, как следствие, положение тела. Сигналы от датчиков передаются на устройство обработки, которым может являться смартфон, посредством беспроводной передачи данных. Устройство обработки оснащено функцией подачи тревожного сигнала, если информация от датчиков не соответствует нормальным для субъекта характеристикам положения. Затем эта информация может быть передана близким, медицинским работникам или в службу скорой помощи. Помимо всего прочего при помощи обратной связи лечащий врач может отслеживать необходимую информацию о пациенте.

Разработка описанных в данной статье устройств связана не только с людьми имеющими инвалидность связанную с опорно-двигательным аппаратом. При незначительных модификациях устройства устройства можно использовать для людей с нарушениями осанки, но без инвалидности, для мониторинга из осанки в течении дня. Полученная статистика помогла бы врачам связанным с реабилитацией корректировать программу индивидуально для каждого пациента.

## Литература

1. Kendal, F. P. Testing and Function: with Posture and Pain / F. P. Kendal, E. K. McCreary, P. G. Provanca // Muscles, Publisher : Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
2. Неинфекционные заболевания: Информационный бюллетень. Апрель 2017 // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/fact-sheets/fs355/ru/>. – Дата доступа: 01.10.2021.
3. Кочоманов, В. Н. Нарушения осанки у детей младшего школьного возраста – как основная причина проблемы здоровья / В. Н. Кочоманов, Р. В. Калашникова // Материалы МНТК. – Иркутский государственный медицинский университет Минздрава России, 2016. – С. 100–103.
4. Богданова, Г. П. Формирование правильной осанки физическими упражнениями у детей дошкольного возраста / Г. П. Богданова, П. Ф. Шевлякова, Р. Ф. Богданова // Известия Тульского государственного университета. Физическая Культура. Спорт. – Тула : Тульский государственный университет, 2016. – С. 24–28.
5. «Сорокинские чтения» «Здоровье российского общества в XXI веке: социологические, психологические и медицинские аспекты»: сборник материалов 10 международной научной конференции. – Электронное издание. – М. : Московский университет, 2016. – 897 с.
6. Information and Support. The National Scoliosis Foundation. 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scoliosis.org/info.php>.
7. Chronic pain at ages 12 to 44 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.statcan.gc.ca/access\\_acces/archive.action?loc=/pub/82-003-x/2010004/article/11389-eng.pdf&archive=1](http://www.statcan.gc.ca/access_acces/archive.action?loc=/pub/82-003-x/2010004/article/11389-eng.pdf&archive=1).
8. Физическая реабилитация детей с нарушениями осанки и сколиозом: учеб.-метод. пособие / Л. А. Скиндер [и др.] ; под общ. ред. Л.А. Скиндер. – Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2012. – 210 с.
9. Can texting kill me? A look at Forward Head Posture. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spcezyathletics.blogspot.ru/2013/09/can-texting-kill-me-look-at-forward.html>.

УДК 666.76

## ВЛИЯНИЕ ОКСИДОВ-МОДИФИКАТОРОВ НА ПРОЦЕСС СПЕКАНИЯ И СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$

Сергиевич О.А.<sup>1</sup>, Дятлова Е.М.<sup>1</sup>, Колонтаева Т.В.<sup>2</sup>, Попов Р.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В работе исследовано влияние добавок типа  $RO_2$  с разным кристаллохимическими характеристиками на процесс спекания и формирование структуры керамики на основе системы  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ .

**Ключевые слова:** тилит, фазовый состав, структура, спекание, температурный коэффициент линейного расширения.

**INFLUENCE OXIDES-MODIFIERS ON THE PROCESS SINTERING AND PROPERTIES  
CERAMICS BASED ON THE SYSTEM  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$   
Sergievich O.<sup>1</sup>, Dyatlova E.<sup>1</sup>, Kolontaeva T.<sup>2</sup>, Popov R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

**Abstract.** The work investigated the effect of RO<sub>2</sub>-type additives with different crystal-chemical characteristics on the sintering process and the formation of the structure of ceramics based on the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>–TiO<sub>2</sub> system.

**Key words:** thialite, phase composition, structure, sintering, temperature coefficient of linear expansion.

Адрес для переписки: Сергиевич О.А., ул. Свердлова, 13а, г. Минск 220006, Республика Беларусь  
e-mail: Topochka.83@mail.ru

Кристаллохимическими условиями ускорения спекания оксидной керамики являются образование гетеровалентных твердых растворов с вводимыми минерализаторами, при этом энергетическая константа (по Форсману) для катиона добавки должна быть выше по сравнению со спекаемым оксидом [1].

В качестве объекта исследования выбран материал со следующим химическим составом: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–30 %, SiO<sub>2</sub>–35 %, TiO<sub>2</sub>–35 %. Исходными сырьевыми компонентами являлась огнеупорная глина Веселовская, технический глинозем и диоксид титана.

На основе литературных данных минерализаторами выбраны следующие оксиды: ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> и MnO<sub>2</sub>, которые вводились в состав исходной массы от 2,5 до 10 % в виде химических реактивов (оксидов марки «ХЧ»). Образцы изготавливались по традиционной технологии полусухого прессования при давлении 30–40 МПа и обжигались при 1300, 1350, 1375 °С с выдержкой при максимальной температуре 1ч.

Основные свойства опытных образцов в зависимости от вида и количества добавок, а также от температуры обжига представлены в табл. 1. С повышением температуры обжига активизируются все механизмы переноса вещества. Материал

спекается в основном по твердофазному механизму, доля жидкофазного спекания незначительна и, обусловлена наличием примесей (CaO, MgO, R<sub>2</sub>O) в глинистом компоненте, которые при спекании образуют эвтектические расплавы. Перенос вещества осуществляется, главным образом, за счет диффузионных процессов, обусловленных градиентом дефектов кристаллической решетки [2]. При температурах свыше 1300 °С определенную роль в уплотненном материале играют силы поверхностного натяжения, которые вызывают пластическую деформацию по границам зерен спекаемой системы и частичное заполнение порового пространства. Оксиды ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> имеют высокую температуру плавления, в сочетании с исходной системой Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>–TiO<sub>2</sub> не образуют легкоплавкие эвтектики, но благодаря своим кристаллохимическим характеристикам они могут изменять параметры кристаллической решетки оксидов спекаемой системы, образовывать твердые растворы замещения (при близости ионных радиусов, или внедрения, если радиусы ионов отличаются). Ti<sup>4+</sup> в кристаллической решетке тиаляита Al<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub> может быть замещен катионами Sn<sup>4+</sup>, Mn<sup>4+</sup>, в меньшей степени Zr<sup>4+</sup> и мало вероятно катионами Ce<sup>4+</sup>, радиус которого значительно превышает параметры Ti<sup>4+</sup> [2].

Таблица 1. Свойства опытных образцов

Вид и количество добавки, %	Т <sub>обж</sub> – 1300 °С			Т <sub>обж</sub> – 1350 °С			Т <sub>обж</sub> – 1375 °С		
	В, %	ρ <sub>каж</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ТКЛР, ·10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	В, %	ρ <sub>каж</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ТКЛР, ·10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	В, %	ρ <sub>каж</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ТКЛР, ·10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>
Исходный	12,6	2420	4,06	10,7	2620	3,82	9,2	2640	2,02
ZrO <sub>2</sub>	2,5	12,4	–	10,8	–	–	6,8	–	–
	5	11,6	2500	4,21	10,2	2710	4,06	3130	3,02
	7,5	10,8	–	–	8,7	–	4,0	–	–
	10	10,2	2650	4,35	8,0	2820	4,39	3350	3,64
SnO <sub>2</sub>	2,5	6,9	–	5,3	–	–	3,8	–	–
	5	4,95	3220	4,52	1,7	3500	3,65	0,2	3670
	7,5	4,6	–	–	0,9	–	0,25	–	–
	10	4,0	3260	4,81	0,6	3620	3,91	0,4	3710
CeO <sub>2</sub>	2,5	8,95	–	5,7	–	–	4,8	–	–
	5	6,8	2960	4,35	3,4	3290	3,81	3,1	3295
	7,5	5,9	–	–	2,2	–	2,15	–	–
	10	5,6	3080	4,5	2,1	3360	4,16	1,86	3396
MnO <sub>2</sub>	2,5	7,4	–	5,2	–	–	4,8	–	–
	5	6,0	2860	4,58	3,1	2910	3,81	3,0	3015
	7,5	5,5	–	–	3,9	–	2,98	–	–
	10	7,5	2610	5,36	7,5	2680	4,95	6,2	2855

При повышении температуры обжига до 1375 °С минимальное водопоглощение характерно для образцов с 5 % SnO<sub>2</sub>. Введение CeO<sub>2</sub> в количестве 7,5 и 10 % позволяет снизить водопоглощение до 2 %. ZrO<sub>2</sub> имеет самую высокую температуру плавления, ионный радиус Zr<sup>4+</sup> на 35 % выше, чем Ti<sup>4+</sup>, поэтому его минерализирующее действие проявляется при 1375 °С.

MnO<sub>2</sub> ведет себя неоднозначно: при введении его до 5 % водопоглощение образцов снижается, а при увеличении до 7,5–10 % – значительно повышается. Наличие для MnO<sub>2</sub> окислительно-восстановительных процессов, повышенное газовыделение может являться причиной увеличения пористости при спекании материала. Самые высокие показатели кажущейся плотности для образцов, содержащих оксиды SnO<sub>2</sub> и CeO<sub>2</sub>. Увеличение температуры обжига способствует снижению ТКЛР, процессы спекания и формирования тиалита при 1375 °С обеспечивают низкое терморасширение. Оксиды-минерализаторы способствуют увеличению ТКЛР, что можно объяснить образованием твердых растворов с меньшей степенью анизотропии кристаллической решетки, чем у Al<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub>, а также выделением других кристаллических фаз с более высоким терморасширением. Наиболее высокие показатели ТКЛР характерны для образцов с добавками MnO<sub>2</sub>, что вероятно, обусловлено наличием стеклофазы и марганецсодержащей кристаллической составляющей (табл. 1).

При введении добавок в количестве 2,5 и 5 % качественный фазовый состав изменяется незначительно, наблюдается снижение интенсивности дифракционных максимумов одних фаз при увеличении интенсивности других с выделением новых. В таблице 2 приведены результаты РФА опытных образцов исходного состава и с добавками RO<sub>2</sub> в количестве 7,5 % при температуре 1375 °С. Видно, что влияние на фазовый состав оказывают SnO<sub>2</sub> и CeO<sub>2</sub>, которые вероятно замещают катион Ti<sup>4+</sup> в структуре тиалита, при этом

остается непрореагировавший рутил, количество которого, судя по интенсивности основных дифракционных максимумов (0,325 и 0,168 нм) больше, чем в исходном.

Таблица 2. Фазовый состав опытных образцов

Добавка RO <sub>2</sub> (7,5 %)	Основные кристаллические фазы	Вспомогательные кристаллические фазы
Исходный	Муллит, тиалит	Рутил, корунд
ZrO <sub>2</sub>	Муллит, рутил	Циркон, титанат алюминия, корунд
SnO <sub>2</sub>	Муллит, титанат алюминия, рутил	Корунд
CeO <sub>2</sub>	Муллит, рутил титанат алюминия	Корунд
MnO <sub>2</sub>	Муллит, рутил, корунд	α-кварц, алюмосиликаты марганца

Корундовая фаза является вспомогательной. Более значительно изменяет качественный фазовый состав добавка ZrO<sub>2</sub>: основными фазами являются муллит и рутил, формируется новая кристаллическая составляющая циркон (ZrSiO<sub>4</sub>). Титанат алюминия образуется в небольшом количестве. Введение в систему MnO<sub>2</sub> не способствует формированию малорасширяющейся фазы тиалита, рутил и корунд присутствуют в виде непрореагировавших основных фаз наряду с муллитом, интенсивность выделения которого при этом уменьшается. Дополнительными фазами является α-кварц MnO·SiO<sub>2</sub>.

Таким образом, наиболее эффективно ускоряют процесс спекания керамики SnO<sub>2</sub> и CeO<sub>2</sub>, не изменяя качественный фазовый состав синтезированных материалов.

#### Литература

1. Брон, В. А. О реакции образования в твердой фазе / В. А. Брон // ДАН СССР. – 1953. – Т. 91, № 4. – С. 825–827.
2. Новикова, С. И. Тепловое расширение твердых тел / С. И. Новикова. – М.: Наука, 1974. – 293 с.

УДК 621.3

### АНАЛИЗ НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ В РАМКАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Серенков П.С., Белов П.С.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены требования энергетической эффективности, которые предъявляются к бытовым посудомоечным машинам с точки зрения потребителя. Указаны моменты которые являются не совсем понятны для потребителя и анализ возможности ужесточения существующих требований.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, бытовая посудомоечная машина, энергетическая этикетка, потребление энергии, класс энергетической эффективности.