

керамики. Введение в порошки корунда добавок субмикронного порошка  $TiO_2$  приводит при последующем спекании к образованию твёрдого раствора вычитания  $TiO_2$  в  $\alpha-Al_2O_3$ , решётка которого имеет повышенную диффузионную способность и активирует процесс спекания.

2. Обращает внимание структура образца состава 95,6%  $Al_2O_3$  – 0,4%  $MgO$  – 4%  $TiO_2$ , представленная крупными зёрнами (~100 мкм). Рост зёрен при спекании керамики данного состава обусловлен добавкой 4%  $TiO_2$ , которая резко интенсифицирует рекристаллизационные процессы.

3. Добавление 5 % по массе  $SiO_2$  к  $Al_2O_3$  реализует механизм жидкофазного спекания керамики, что приводит к повышению ее плотности и прочности до 480 МПа (табличное значение прочности при изгибе высокоплотной корундовой керамики не превышает 400 МПа). Данный состав соответствует муллито-корундовой керамике.

#### Список литературы

1. Матренин С.В., Слосман А.И. Техническая керамика: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004.–75 с.
2. Briegleb F., Geuther A. – *Libigs Ann.*, 1962, 123,238.
3. Mellor I.W. *A Comprehensive treatise on inorganic and theretical chemistry*, 1928. – P.111
4. Андреева Т.В. и др. / Теплофизика высоких температур. – 1964. – С. 308.
5. Химия и физика нитридов / Под ред. Падерно Ю.Б. – К.: Наукова думка. – 1968. – С. 168
6. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1988.
7. Механический синтез в неорганической химии / Под ред. Е. Г. Аввакумова. Новосибирск: Наука, 1991.

### ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ $ZrO_2$ – $Al_2O_3$ – $ZrW_2O_8$ НА СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ЕЕ ОСНОВЕ

*ЛИ ЧАН<sup>1</sup>, Е.С.ДЕДОВА<sup>1,2</sup>*

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Дедова Е.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Институт физики прочисти и материаловедения СОРАН  
Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

E-mail: lee106377@gmail.com

#### Введение

Вольфрамат циркония является уникальным материалом, обладающий отрицательным значением коэффициента теплового расширения (КТР) от -273 до 770 °С ( $\alpha = -9 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$ ). Основное применение данный материал находит в технологии получения композиционных материалов с заданным КТР. Известно, что конечные свойства композиционных материалов в значительной мере определяются структурой и свойствами исходных порошков. Одним из способов активации порошковых систем является механическая обработка. На сегодняшний день недостаточно данных о влиянии механической обработки на порошки с добавлением вольфрамата циркония и формировании свойств композитов. Целью работы являлось определение влияния механической обработки порошковой смеси  $ZrO_2$  –  $Al_2O_3$  –  $ZrW_2O_8$  на свойства керамики на ее основе.

### Материалы и методики

В качестве исходных компонентов использовались:

- смесь порошков оксида циркония, стабилизированный оксидом иттрия, и оксида алюминия ( $ZrO_2(3 \text{ мол } \% Y_2O_3) - Al_2O_3$ ) (Tosoh, Япония);
- вольфрамат циркония, полученный гидротермальным синтезом;

Порошки перемешивались в планетарной мельнице АГО 2. Порошки засыпались в стальные барабаны с керамическими вкладышами. В качестве мелющих тел использовались сферические корундовые шары с диаметром 8 мм с соотношением к порошку 5:1. Время перемешивания варьировалось и составило 1, 5, 10 минут.

Керамические композиты  $ZrO_2 - Al_2O_3 - ZrW_2O_8$  были получены путем прессования порошковой смеси с последующим свободным спеканием при температурах 1200, 1300, 1400 и 1500 °С в течение 1 часа.

### Механическая обработка порошка и свойства керамики $ZrO_2 - Al_2O_3 - ZrW_2O_8$

На рисунке 1(а) приведено изображение порошковой смеси после механической обработки в течение 5 минут. В ходе обработки наблюдалось изменение размеров частиц порошка. После механической обработки размер гранул уменьшился с 80 мкм до 10 мкм. Наименьший размер агломератов достигался после 1 минуты перемешивания и составил 7.3 мкм, рисунок 1(б). Наименьший размер частиц  $ZrW_2O_8$  составил 4 мкм после обработки в течение 5 минут. Наибольшее значение удельной поверхности порошка достигалось после 5 минут обработки, рисунок 1(в).

Для определения влияния механической обработки на структуру керамики были получены композиционные материалы. Согласно рентгенофазовому анализу, композиты, полученные из порошка после 1 минуты обработки, состоят из моноклинной фазы диоксида циркония,  $\alpha$  – оксида алюминия и алюмовольфрамовой шпинели, рисунок 2 (а). В композите, полученном из порошка после 10 минут обработки, наряду с данными фазами были пики шпинели  $AlWO_3$ . Таким образом, можно предположить, что увеличение времени механической обработки порошка приводит к изменению фазового состава композитов.

Увеличение температуры спекания композитов приводит к изменению их фазового состава, рисунок 2 (б). Керамика, спеченная при 1200 °С, состоит из моноклинной фазы  $ZrO_2$ ,  $\alpha - Al_2O_3$  и шпинели  $Al_2(WO_4)_3$ . С ростом температуры наблюдалось уменьшение интенсивности пиков шпинели с полным исчезновением выше 1400 °С, появление и рост пиков оксида вольфрама. Согласно литературе, что алюмовольфрамовая шпинель  $Al_2(WO_4)_3$  обладает отрицательным значением КТР и имеет ограниченную область стабильности под действием температуры.

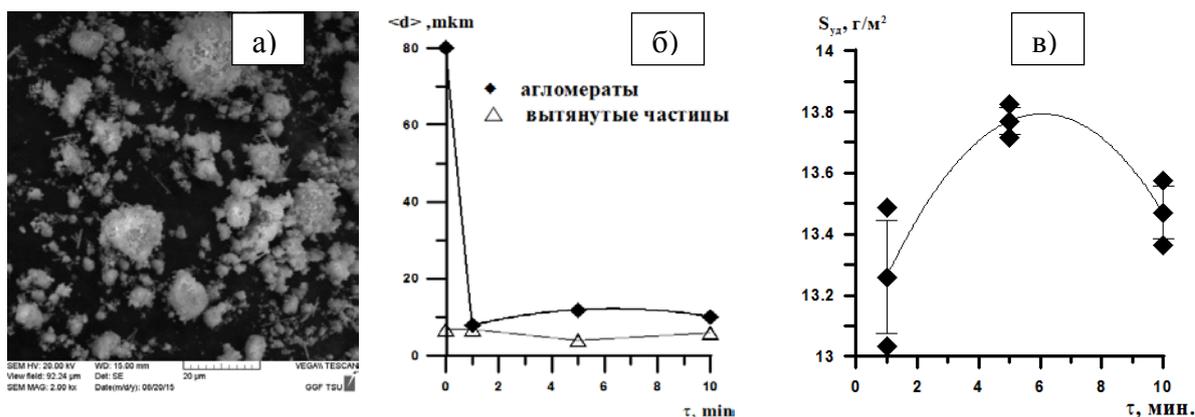


Рисунок 1 -Изображение порошка  $ZrO_2 - Al_2O_3 - ZrW_2O_8$  после 5 минут обработки и зависимость изменения б) размера агломератов и продолговатых частиц, в) изменения удельной поверхности порошков от времени механической обработки

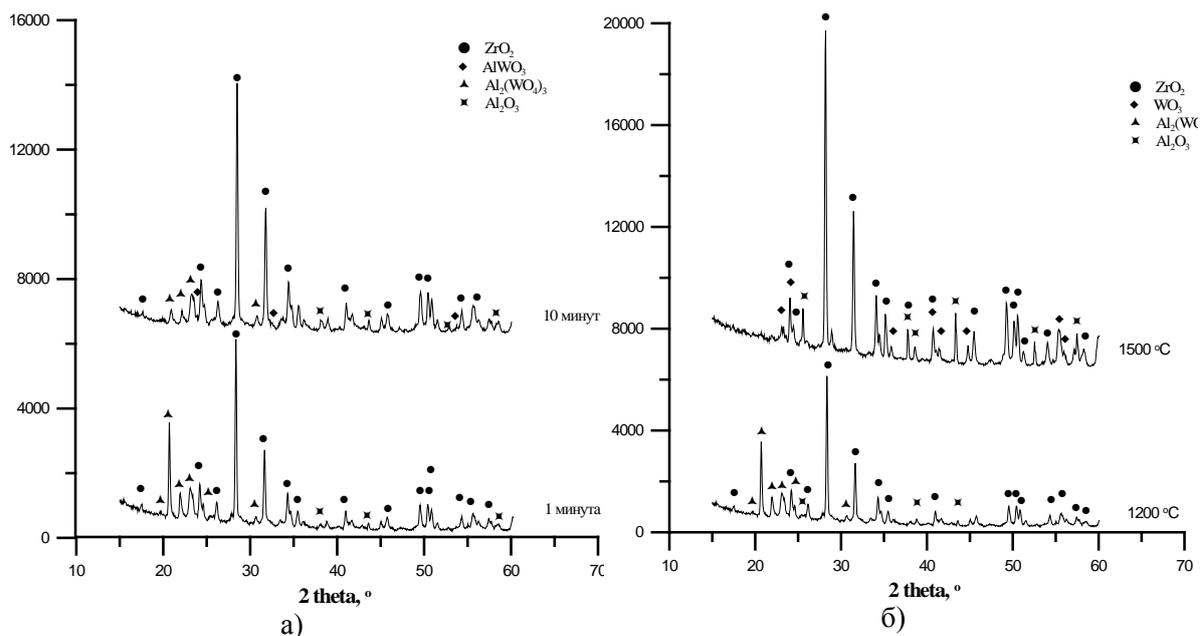


Рисунок 2 –Рентгенограммы композиционных материалов  $ZrO_2-ZrW_2O_8$  а) полученных из порошковых смесей с различной продолжительностью механической обработки б) спеченных при различных температурах

### Заключение

В ходе выполнения работы установлено влияние механической обработки на структуру и свойства порошковых систем  $ZrO_2-ZrW_2O_8$  и керамики на ее основе.

Установлено, что морфология порошка  $ZrO_2-Al_2O_3$  представлена сферическими гранулами со средним размером 80 мкм. Порошок  $ZrW_2O_8$  состоит из сросшихся и вытянутых продолговатые частицы с собственной блочной структурой.

Наименьший размер гранул достигался после 1 минуты обработки был равен 7,3 мкм; частиц  $ZrW_2O_8$  - после 5 минут обработки и составлял 4 мкм. Дальнейшая обработка привела к частичной агломерации порошков.

Установлено влияние времени обработки порошков на фазовый состав керамики: увеличение продолжительности механической обработки и температуры спекания способствует разложению шпинели:  $Al_2(WO_4)_3 \rightarrow Al_xW_yO_z + WO_{3-x} \rightarrow Al_2O_3 + WO_{3-x}$

Согласно проведенным исследованиям, время механической обработки порошковой системы  $ZrO_2-ZrW_2O_8$  не должно превышать 5 минут.

## СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ

*А.А. ЛИСИЦА<sup>1</sup>, С.В.МАТРЕНИН<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Томский политехнический университет  
E-mail: [siga1artem@mail.ru](mailto:siga1artem@mail.ru)

Оксинитридная керамика на основе оксидов алюминия и кремния обладает высокими прочностными характеристиками, возможна её эксплуатация при высоких температурах, устойчива к агрессивным средам. Керамику можно использовать в напылении покрытий, вводить как добавки к другим материалам, что расширяет спектр её