

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## 1. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой

---

обусловлено агломерацией частиц в процессе механической обработке. Показано что увеличение времени механической обработки приводит к уменьшению среднего размера частиц от 1.7 мкм до 0.9 мкм.

Рентгенограмма идентифицируется как смесь двух фаз: гидроалюмофосфат и силикоалюмофосфат, причем присутствует рентгеноаморфная фаза. Механическая обработка приводит к изменению не только удельной поверхности и размера частиц, но и к изменению фазового состава SAPO-34. Прежде всего, с увеличением продолжительности механической обработки на рентгеновских дифрактограммах прослеживается уменьшение интенсивности рефлексов с полным исчезновением силикоалюмофосфатной фазы. Показано, что длительное механическое воздействие на цеолит приводит к увеличению количества аморфной фазы в порошке с 83 % до 90 %. Установлено, что размер областей когерентного рассеяния уменьшается со временем механической обработки.

Изучена кинетика изменения удельной поверхности исходного порошка в зависимости от времени. Отжиг порошка показал, что происходит уменьшение удельной поверхности для SAPO-34 в течение первых 100 часов, а затем она практически не изменяется. Удельная поверхность после мехактивации в течение 96 часов и последующем отжиге от 200 до 800°C не изменяется, но после 1000°C она резко уменьшается до 102 м<sup>2</sup>/г. Средний размер частиц мехактивированного порошка после отжига составил 1 мкм, дисперсия составила  $\sigma = 0.5$ .

Таким образом, изученные закономерности позволяют направленно варьировать свойства данного класса цеолитов.

### **ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОРИСТЫХ ГРАДИЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ $Zr_m(O-C-V)_n$**

Бурлаченко А.Г.<sup>1,2</sup>, Гусев А.Ю.<sup>1,3</sup> Мировой Ю.А.<sup>1,2</sup>,  
Пшеничный А.Д.<sup>1,3</sup>, Севостьянова И.Н.<sup>2</sup>, Молчунова Л.М.<sup>2</sup>,  
Саблина Т.Ю.<sup>1</sup>, Буякова С.П.<sup>1,2,3</sup>, Кульков С.Н.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия

*aleksburlachenko@rambler.ru*

Одной из наиболее амбициозных задач современного материаловедения является создание композиционных материалов способных противостоять воздействию мощных тепловых потоков при температурах эксплуатации вплоть до 2200 – 2600 °С. Особое место среди перспективных высокотемпературных композитов занимают бескислородные керамические композиционные материалы и покрытия. Их преимущества - низкая удельная масса, высокая температура

плавления, химическая инертность, коррозионная стойкость, высокое сопротивление зарождению и росту трещин, высокая прочность и др.

Гетерофазные керамики на основе  $ZrC$  и  $ZrB_2$  характеризуются высокой термомеханической стойкостью. Оксид циркония  $ZrO_2$  обладает аномально низкой теплопроводностью среди тугоплавких материалов.

Целью данной работы явилось создание теплоизоляционных керамических композитов на основе соединений циркония посредством формирования межфазового градиента. Использование  $ZrB_2$  и  $ZrC$  в качестве барьерных слоёв в композите над  $ZrO_2$  обеспечит эффективную устойчивость к термическим воздействиям и аномально низкую теплопроводность композиту.

Конструкции из разрабатываемых пористых градиентных керамических композиционных материалов  $ZrB_2 - ZrC - ZrO_2$  перспективны при создании теплозащитных элементов гиперзвуковых летательных аппаратов, частей прямоточного воздушно-реактивного двигателя и жаровой трубы, поскольку в силу низкой теплопроводности, керамического теплоизоляционного материала, исключается необходимость охлаждения двигателя и повышаются температура горения газа и КПД.

Синтез градиентного, композиционного материала, производили в графитовой пресс-форме, в которую последовательно слоями помещали керамические порошки  $ZrO_2 - ZrC - ZrB_2$  и их смеси, варьируя процентное соотношение компонентов состава. Наилучшие характеристики после спекания продемонстрированы между смесями  $ZrB_{90\%}+SiC_{10\%}$ ,  $ZrO_2_{20\%}+ZrB_{80\%}$ ,  $ZrO_2_{45\%}+ZrB_{55\%}$  и  $ZrO_2_{70\%}+ZrB_{30\%}$ . В работе использовался порошок  $ZrO_2$  (3.25 вес. %MgO).

Согласно оптическим изображениям полированной поверхности полученного образца наблюдается хорошая адгезия между всеми слоями композита, не смотря на значительную разницу в коэффициентах термического расширения отдельных компонентов.

Установлено, что фазовый состав полученной градиентной керамики представлен, оксидом циркония в кубической и моноклинной фазе. Показано что наличие слоёв  $ZrO_2_{20\%}+ZrB_{80\%}$ ,  $ZrO_2_{45\%}+ZrB_{55\%}$  и  $ZrO_2_{70\%}+ZrB_{30\%}$  привело к уменьшению термических напряжений и как следствию отсутствию трещин в образце.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках соглашения № 14.607.21.0056 (RFMEFI60714X0056)