

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента Верещагина В.И. на диссертационную работу**  
**Житнюка Сергея Викторовича «Керамика на основе карбида кремния,**  
**модифицированная добавками эвтектических составов»,**  
**представленную на соискание ученой степени кандидата технических**  
**наук по специальности 05.17.11 - Технология силикатных и тугоплавких**  
**неметаллических материалов**

На отзыв представлена диссертация объемом 174 страницы, включая 66 рисунков, 31 таблицу и автореферат диссертации.

Структура диссертации:

Введение (6 стр.),

1. Обзор литературы (70 стр., 14 табл., 25 рис.);
2. Экспериментальная часть (74 стр., 31 табл., 41 рис.);
3. Обсуждение результатов (11 стр.);

Выводы (2 стр.);

Список литературы (8 стр., 107 наименований).

1. Актуальность диссертационной работы заключается в решении научной задачи разработки составов и технологии получения керамики на основе карбида кремния с добавками эвтектических смесей оксидов, что соответствует приоритетному направлению «Высокопрочные термостойкие композиционные материалы, в т.ч. на основе тугоплавких соединений нитридов, карбидов, оксидов и высокопроизводительные экологически чистые технологии получения изделий» в блоке критических технологий «Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов».

2. Научная новизна диссертационной работы.

2.1. Установлено, что при обжиге до  $1900^{\circ}\text{C}$  в среде аргона композитов на основе карбида кремния оксиды кальция, магния, иттрия и циркония в составе «эвтектик», содержащих оксид алюминия, карбидов не образуют, что позволяет использовать такие «эвтектические смеси» в качестве добавок, обеспечивающих жидкостное спекание карбида кремния. При этом максимальные прочностные характеристики достигаются при содержании таких добавок 25-30 об.%.

2.2. Установлено, что по эффективности действия на процесс спекания керамики на основе карбида кремния добавки по критерию прочности располагаются в ряд:  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO} > \text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 > \text{Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO} > \text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-CaO} > \text{TiO}_2\text{-MnO}$ .

2.3. Установлено, что замена микронного порошка (3-5 мкм) карбида кремния на наноразмерный порошок (45-55 нм) в количествах 10-20 об.%

при содержании смесей приводит к формированию структуры материала по типу «композит в композите». Сферическая форма и малый размер армирующих элементов приводят к тому, что упрочняющий эффект за счет отклонения трещины будет минимальным, и единственным механизмом повышения прочности оказывается упругое объемное смещение.

### **3. Практическая значимость диссертационной работы.**

3.1. Разработан керамический материал на основе карбида кремния с размером зерна 3-6 мкм при введении 30 об.% эвтектической добавки состава, мас.%: MgO -6,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-43,0; Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 50,9 и 20 об.% ультрадисперсного SiC после обжига в среде аргона при 1900<sup>0</sup>С и выдержке 3 ч., характеризующаяся пределом прочности при трехточечном изгибе 450 ± 25 Мпа, твердостью по Виккерсу 18,8 Гпа для применения в качестве конструкционного материала, в том числе и как бронематериал.

3.2. Результаты работы используются в учебном процессе при организации подготовки инженеров по специальности 240304.65 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология» в ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева.

### **4. Достоверность результатов диссертационной работы.**

В диссертационной работе прослеживается логика постановки цели и задач на выполнение экспериментов, направленных на их решение, статистическая обработка экспериментальных данных, анализ экспериментальных данных и их оценка с позиций научной новизны и практической значимости. В диссертационной работе широко использованы современные методы исследования керамических материалов и продуктов их спекания, и сформована структура, что обеспечивает доказательную базу защищаемых положений.

### **5. Общая характеристика диссертационной работы.**

Поставленная цель и задачи диссертационной работы автором решены полностью. Выполнен и представлен необходимый объем экспериментальных исследований, отражающий как технологическую часть, так и материаловедческую часть исследований. Использованы современные методы и оборудование для выполнения программных исследований.

Научная новизна, практическая значимость и выводы являются результатами анализа экспериментальных исследований. Материалы диссертации в достаточном объеме опубликованы: 12 работ, из них 2 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание, выводы, научную новизну и практическую значимость.

## 6. Замечания по диссертационной работе.

6.1. Структуру диссертации нельзя оценить как удачную. Фактически диссертация разбита на 2 главы: обзор литературы (70 стр.) и экспериментальную часть (73 стр.). Третья глава (раздел) - «Обсуждение результатов» (10 стр.). По первой главе название ни о чем не говорит, объем перегружен хрестоматийной информацией, а по содержанию реферат на заданную тему.

Разделы: 2.1 «Исходные материалы и изделия» и 2.2 «Методы исследований» можно было бы выделить отдельной главой и завершить структурно-методической схемой выполнения экспериментов.

6.2. В работе отсутствует глава, отражающая все технологические аспекты и технологическую схему получения готовой керамики рекомендованного состава (или составов с максимальными прочностными свойствами), сравнительные свойства керамики с зарубежными аналогами.

6.3. По результатам экспериментальных исследований автор оценил эвтектические добавки и установил последовательный ряд эффективности действия, при этом нет четкого объяснения того, почему более высокотемпературные эвтектики более эффективны. Не ясно, почему автор не рассмотрел эффективность действия эвтектических смесей по критерию температуры спекания керамики или она для всех составов одинакова. Термодинамическая оценка является вероятностной и необходима на этапе выбора эвтектических смесей.

6.4. В работе рассмотрена необходимость обеспечения плотнейшей упаковки частиц порошка в прессовке. Желательно было бы рассмотреть структурные модели прессовок с использование нанопорошка карбида кремния и без него и ее трансформацию при спекании материала.

6.5. Представляет интерес рассмотреть в работе возможность образования химических связей на границе частиц карбида кремния и эвтектических смесей.

6.6. К сожалению, автор не достаточно уделил внимание соответству подрисунковых подписей содержанию рисунков: Рис. 2.4 (стр. 89) «Рентгеновский анализ порошка ...» вместо «Рентгенограмма ...»; рис. 2.5 (стр.90) «Результаты ПЭМ ...» вместо «Снимок порошка n-SiC ...»; рис.2.12 (стр. 102) «Результаты ДТА ...» вместо «Кривые ДТА порошка ...»; рис. 2.33 (стр. 133) «Результаты ДТА ...» вместо «Кривые ДТА, ТГ и ДТГ»; рис.3.1, рис. 3.2. (стр. 158, 159). «Структура материала типа ...» вместо «Модель структуры ...».

Указанные замечания не ставят под сомнение основные научные и практические результаты диссертационной работы.

### Заключение.

Диссертационная работа Житнюка Сергея Викторовича «Керамика на основе карбида кремния, модифицированная добавками эвтектических составов» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологический решения по разработке составов и технологии получения керамики на основе карбида кремния с высокими прочностными характеристиками за счет введения добавок эвтектических смесей оксидов, имеющие существенное значение для развития страны (П. 9, аб.2 Положение о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 г. № 843), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент,  
профессор кафедры технологии силикатов  
и наноматериалов, Национального  
исследовательского Томского  
политехнического университета,  
д.т.н., Заслуженный деятель науки РФ

Подпись заверяю Учёный секретарь  
Учёного совета ТПУ \*



*Жири*  
26.02.2015  
Верещагин В.И.  
*Ананьева О.А.*

Верещагин Владимир Иванович  
профессор кафедры технологии силикатов  
и наноматериалов  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный  
исследовательский Томский  
политехнический университет»  
634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30  
E-mail: vver@tpu.ru  
Кон. телефоны:  
сл. (382-2) 563-169;  
моб. 8-983-235-65-90