

## Отзыв

### на автореферат кандидатской диссертации А.П. Чижикова «СВС-экструзия оксидной керамики, дисперсно-упрочненной частицами боридов и карбидов»

Многообещающим для получения новых композиционных материалов является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с экструзией (СВС-Э) горячих продуктов синтеза, позволяющего в одну технологическую стадию получать готовые длинномерные компактные изделия заданной формы, состава и свойств из труднодеформируемых материалов на основе керамических тугоплавких соединений. Керамика из чистого оксида алюминия имеет ограничения по применению из-за своей высокой хрупкости. Введение в керамику на основе оксида алюминия таких твердых частиц как карбиды и бориды позволяет повысить прочность и трещиностойкость получаемых материалов и изделий, повысить сопротивляемость термоудару, а также придать электропроводящие свойства. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы А.П. Чижикова, посвященной разработке энергоэффективного технологического процесса СВС-экструзии новых плотных изделий из композитной керамики на основе оксида алюминия с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

При решении этой задачи диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Впервые изучены физико-химические, и материаловедческие аспекты процесса СВС-экструзии оксидной керамики, дисперсно-упрочненной частицами боридов и карбидов. Изучено влияние технологических и конструктивных параметров на длину экструдированных стержней, подобраны их оптимальные значения. Получены керамические стержни длиной до 465 мм и диаметром до 5 мм из композитной оксидной керамики на основе системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiB}_2\text{-SiC}$  с высокой жаростойкостью до 1100 – 1300 °С. Показано, что формирование структуры композитного керамического материала  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiC-TiB}_2$  регулируется процессом горения экзотермической смеси исходных компонентов в сочетании со сдвиговым деформированием в условиях СВС-экструзии, что обеспечивает образование плотного керамического композита и наноразмерных элементов структуры. Впервые методом СВС-экструзии получены полые керамические стержни на основе оксида алюминия диаметром до 6 и длиной более 100 мм. Предложен механизм образования таких стержней, основанный на эффекте «разбухания» струи. Оптимизирован технологический процесс СВС-экструзии для получения керамических электродов на основе системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiC-TiB}_2$  с наноразмерной структурой, расширен температурно-временной интервал способности материала к высокотемпературному деформированию. Показано, что нагрев исходной заготовки до 300 °С позволяет увеличить полноту экструдированной части до 60 %. Изучение микроструктуры и фазового состава полученных стержней из материалов на основе:  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiC-TiB}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiB}_2\text{-SiC}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(AlCr)}_2\text{O}_3\text{-CrB}$  показало, что они имеют равномерное распределение структурных составляющих по всей длине стержня. Нарботана опытная партия СВС-электродов на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiC-TiB}_2$ , которые были применены для нанесения защитных покрытий методом электроискрового легирования на подложки из стали 45, Р18, Р6М5 и титана. Получены зависимости эрозии анода и привеса катода от энергии разряда, установлены различные режимы нанесения. Исследовано влияние параметров процесса ЭИЛ на качество полученных покрытий. Изучены особенности структуры и свойств полученных покрытий.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Не приведено обоснование состава исходных шихтовых заготовок в таблице 1.
2. Нет результатов термодинамических расчетов.
3. Хотя в обосновании актуальности говорится, что ведение в керамику на основе оксида алюминия таких твердых частиц как карбиды и бориды позволяет повысить прочность и трещиностойкость получаемых материалов и изделий, повысить сопротивляемость термоудару, но в автореферате не представлено подтверждения этому, фактически не представлены механические свойства полученных композитов, нет их сравнения со свойствами керамики из чистого оксида алюминия.

4. У большинства рисунков очень мелкие и бледные буквы и цифры, которые часто невозможно разобрать.

5. На рис. 2а не обозначены кривые горизонтальные линии. Не понятно, что обозначает линия, которая падает на стадиях 3-5, а на 6-й стадии возрастает.

6. На стр. 9 есть опечатка ( $T_{пл} < T_{г} < T_{пл}$ ).

Однако эти замечания не могут существенно повлиять на положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне. Ее результаты вносят важный научный вклад в развитие теории и практики СВС-процессов и могут найти применение в производстве длинномерных изделий из новых керамических материалов с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842. Автор диссертации, Чижигов Андрей Павлович, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук, профессор

Амосов  
Александр  
Петрович

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.  
Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.

Подпись А.П. Амосова удостоверяю.  
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
доктор технических наук



Ю.А. Малиновская

07.05.19