

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сукманова Игоря Владимировича «Разработка углерод-керамических композиционных материалов, содержащих карбиды и бориды гафния, титана и ниобия, для эксплуатации в скоростных потоках окислительных газов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)»

Углерод-керамические композиционные материалы (УККМ) с матрицами на основе ультравысокотемпературных керамик (УВТК) являются одним из актуальных направлений по созданию систем тепловой защиты и неохлаждаемых элементов конструкций перспективных аэрокосмических аппаратов. Их разработка и совершенствование позволяют расширить температурно-временные диапазоны эксплуатации и повысить надежность ответственных узлов, что определяет высокую актуальность темы диссертационного исследования.

В работе решена значимая научно-техническая задача путем разработки новых составов и технология получения УККМ в системе $C_f/C-HfC-HfB_2-TiC-TiB_2-NbC-NbB_2-B_4C-(SiC)$, обеспечивающие высокую стойкость к абляции в скоростных высокоскоростных потоках кислородсодержащих газов при температурах на поверхности 2100–2300 °C и выше. Автором предложен и апробирован новый методологический подход к созданию УККМ. Его особенностью является интеграция в технологический процесс получения изделий из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) с межслоевым включением прекурсоров УВТК компонентов на стадии получения углепластиковой заготовки, и их последующим синтезом *in situ*.

Проведенные автором исследования включают комплексный анализ фазового состава, структуры, физико-механических и функциональных свойств полученных материалов, а также установление механизмов их абляционной стойкости. Диссертация отличается глубиной проработки, использованием современных методов исследования и высокой практической направленностью. Востребованность работы подтверждается успешной апробацией вышеописанной технологии в АО «ЦНИИСМ».

Вместе с тем, в ходе ознакомления с авторефератом возникли следующие замечания:

1. Отсутствует обоснование выбора параметров высокотемпературной термообработки. В таблице 1 утверждается, что увеличение времени изотермической выдержки оказывает положительное влияние на степень конверсии реагентов, переводя систему в более термодинамически стабильное состояние. Однако неясно, исходя из каких соображений и расчетов шел подбор конкретных значений температур и времени выдержки?

2. Предложенный метод предварительной инфильтрации золя порошка с использованием тканого углеродного наполнителя апробирован на плоских образцах относительно небольшого размера. В автореферате не обсуждаются технологические вопросы, которые могут возникнуть при переходе к изготовлению изделий сложной геометрии, таких как сопловые насадки жидкостных ракетных двигателей. В частности, остаются нераскрытыми вопросы, связанные с риском расслоения, неоднородностью

пропитки и распределения фаз по толщине, а также с возникновением внутренних термических напряжений при синтезе в объемной заготовке. Необходимо пояснение, каким образом предложенная технология может быть адаптирована для таких случаев и какие дополнительные исследования требуются для её успешного внедрения в производство изделий сложной формы.

3. Для материала на основе термостабилизированного полидиметилфенилсилазана (ТДМФСН) состава I заявлена чрезвычайно низкая теплопроводность, в то время как для материала состава II на основе фенол-формальдегидной смолы (ФФС) она на порядок выше. Не представлено доказательство, что столь кардинальное различие объясняется лишь разной пористостью. Требуется более глубокого физическое обоснование. Дополнительное исследование с целью оценки вклада различных фаз, их морфологии, границ раздела, а также возможного влияния типа связующего на механизмы теплопереноса позволит более полно объяснить полученные экспериментальные данные.

Указанные замечания не снижают практической значимости диссертации. Работа выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сукманов Игорь Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – «Материаловедение (технические науки)».

Заведующий кафедрой Материаловедения
ФГАО ВО «Московский политехнический университет»,
д.т.н., профессор
Овчинников Виктор Васильевич

Подпись д.т.н., профессора Овчинникова В.В. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.



Адрес организации: 107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Электронный адрес: <https://mospolytech.ru/>
Телефон: +7 (495) 223-05-23, доб. 2345