

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).

Одним из востребованных для ряда отраслей промышленности, в частности, авиакосмической техники, материалом являются углерод-керамические композиционные материалы (УККМ). Превалирующая часть исследований научных групп, ведущих свою деятельность в области создания УККМ, направлена на использование матрицы из ультравысокотемпературной керамики (УВТК) на основе карбидов и/или боридов переходных металлов IV группы периодической системы ($Me_4^+ - Zr$ и/или Hf) и SiC (реже Si_3N_4 или $MeSi_2$). УККМ с матрицей УВТК имеют ряд неоспоримых преимуществ, что позволяет использовать такие материалы в условиях повышенных температур в сочетании с воздействием потока газов. Доля отечественных исследований в общем объеме разработок УККМ с УВТК компонентами матриц крайне низка, в результате чего разработка новых составов многокомпонентных матриц на основе УВТК и технологий изготовления УККМ являются весьма актуальными задачами современного материаловедения как с точки зрения накопления знаний в предметной области, так и с точки зрения обеспечения технологического суверенитета РФ.

Соискатель задался целью: разработать углерод-керамические композиционные материалы в системе $C_f/C-HfC-HfB_2-TiC-TiB_2-NbC-NbB_2-B_4C-(SiC)$ и технологию изготовления изделий из них для эксплуатации в скоростных высокоскоростных потоках кислородсодержащих газов при рабочих температурах на поверхности 2100-2300 °C и выше. Для достижения указанной цели поставлен ряд научно-технических задач, которые были решены с высокой степенью научной достоверности.

Признаками существенной научной новизны обладают результаты разработки составов реакционных смесей, обеспечивающих синтез *in situ* керамических составляющих матриц $\text{HfC-HfB}_2\text{-TiC-TiB}_2\text{-NbC-NbB}_2\text{-B}_4\text{C}$ в техпроцессе изготовления УККМ; установления стадийности и закономерности взаимодействия компонентов систем $\text{Hf-Nb-B}_4\text{C}$, $\text{Hf-Nb-B}_4\text{C-C}$ и $\text{Hf-Nb-B}_4\text{C-C-TiC-TiB}_2$ при 1750 °С и давлении аргона 100 Па. Наиболее значимым научным результатом видится установление механизма абляционной стойкости УККМ в системе $\text{C}_f/\text{C-HfC-HfB}_2\text{-TiC-TiB}_2\text{-NbC-NbB}_2\text{-B}_4\text{C-(SiC)}$ при взаимодействии со скоростными высокоэнтальпийными потоками кислородсодержащих газов с реализацией температур на поверхности 2100-2300 °С и выше.

Диссертационные исследования отличаются высокой практической значимостью, так как разработан УККМ и технология его получения, обеспечивающие высокую стойкость к абляции в потоке воздушной плазмы при ступенчатом изменении температуры поверхности вплоть до 2427 °С или при выдержке в течение 1200 сек. при 2527-2827 °С. Предложен и апробирован новый методологический подход к созданию УККМ с УВТК компонентами матриц, реализующий их изготовление в рамках техпроцесса получения изделий из УУКМ, который использован АО «ЦНИИСМ» для целей изготовления теплонапряженных деталей органов управления, камер сгорания и проточных трактов двигательных установок перспективных скоростных летательных аппаратов с повышенными тактико-техническими характеристиками.

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 3 статьи в журналах из перечня ВАК.

К тексту автореферата имеются замечания:

1. В автореферате недостаточно освещена обоснованность выбора борида и карбида гафния в качестве тугоплавкой составляющей матрицы композита, а не аналогичных соединений циркония? С учетом образования оксидов при окислении указанных выше соединений с близкими

температурами плавления 2800 °С (HfO₂) и 2700 °С (ZrO₂), различной плотностью (плотность HfO₂ 10,1 г/см³, плотность ZrO₂ 5,8 г/см³), а также существенной разницы в рыночной стоимости (цена на соединения гафния в 15-20 раз выше, чем на соединения циркония), логичнее видится выбор борида и карбида циркония.

2. При рассмотрении представленных в автореферате диаграмм состояния (рис. 1) складывается мнение о возможности повышения тугоплавкости формирующейся оксидной пленки при исключении из матрицы УВТК соединения ниобия, что, вероятно, приведет к увеличению абляционной стойкости. Так ли это? Проводились ли соответствующие исследования?

Указанные замечания являются предметом научной дискуссии и ни в коем случае не снижают научную значимость проведенных автором исследований.

Диссертационная работа «Разработка углерод-керамических композиционных материалов, содержащих карбиды и борида гафния, титана и ниобия, для эксплуатации в скоростных потоках окислительных газов» 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).

Ученый секретарь института, дирекция
НИИЦ «Курчатовский институт» -
ЦНИИ КМ «Прометей»
К.Т.Н.



Бобкова Татьяна Игоревна

Адрес организации: 191015, Россия, Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49
Наименование организации: Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструктивных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
Электронный адрес: Bobkova_TI@crism.ru
Телефон: (812) 274-12-06