

ОТЗЫВ

научного руководителя, к.т.н. Астапова Алексея Николаевича о диссертационной работе 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)

Диссертационная работа Сукманова И.В. посвящена решению актуальной задачи – разработке новых составов и способа изготовления углерод-керамических композиционных материалов (УККМ), характеризующихся высокими жаростойкостью и абляционной стойкостью в скоростных высокоскоростных потоках окислительных газов. Низкие окислительная стойкость и ресурс защитного действия известных УККМ при температурах на поверхности 2100-2300 °С и выше существенно сдерживают разработку перспективных изделий аэрокосмической и ракетной техники.

В качестве объектов исследования были выбраны УККМ в системе $C_f/C-HfC-HfB_2-TiC-TiB_2-NbC-NbB_2-B_4C-(SiC)$, изготавливаемые в рамках техпроцесса получения изделий из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) при межслоевом включении прекурсоров ультравысокотемпературных компонентов (УВТК) матриц. По состоянию на 2025 г. систематических исследований композиций в указанной системе и близких к ней нами не выявлено, что позволяет отнести работу к новаторской и делает ее научную новизну и практическую ценность неоспоримыми.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке нового методологического подхода к созданию УККМ с УВТК компонентами матриц, получении новых фундаментальных знаний о взаимодействиях в системах $Hf-Nb-B_4C$, $Hf-Nb-B_4C-C$ и $Hf-Nb-B_4C-C-TiC-TiB_2$ при 1750 °С и синтезе *in situ* керамических составляющих матриц УККМ в системе $C_f/C-HfC-HfB_2-TiC-TiB_2-NbC-NbB_2-B_4C-(SiC)$ при 1750-1800 °С. На основе исследований закономерностей формирования и эволюции фазового состава, структуры, физико-механических, эксплуатационных и функциональных свойств изготовленных образцов разработаны УККМ и технология их получения, обеспечивающие высокую стойкость к абляции в скоростных потоках газов при ступенчатом изменении температуры поверхности вплоть до 2427 °С или при выдержке в течение ~ 1200 с при 2527-2827 °С.

Практическая значимость работы заключается в разработке и апробации новой технологии получения УККМ, устойчивых к воздействию скоростных высокоскоростных потоков кислородсодержащих газов при температурах на поверхности 2100-2300 °С и выше. Доказана возможность их изготовления в рамках техпроцесса получения изделий из УУКМ, включающего подготовку наполненного препрега, формование углепластиковой заготовки, карбонизацию связующего в инертной среде, высокотемпературную термообработку в вакууме и пироуплотнение. Предложенный методологический подход к созданию УККМ принят к применению в АО «ЦНИИСМ» при разработке и изготовлении теплонапряженных деталей органов управления, камер сгорания и проточных трактов двигательных установок перспективных скоростных летательных аппаратов с повышенными тактико-техническими характеристиками, что подтверждено соответствующим актом.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в 20 научных работах, из них 3 статьи в журналах из перечня ВАК с одновременным переводом и публикацией в журналах, входящих в международные системы цитирования (МЦИ) Scopus и Web of Science; 1 статья в журнале с квартилью Q1, включенном в МЦИ Scopus; 16 материалов докладов в сборниках трудов симпозиумов и конференций.

При выполнении диссертационной работы Сукманов И.В. зарекомендовал себя как грамотный специалист и ответственный исследователь, способный решать комплексные аналитические и технологические проблемы материаловедческого характера применительно к процессам получения и исследования гетерофазных материалов (УККМ, УВТК,

жаростойкие покрытия). Его отличает широкий кругозор, вдумчивость, аккуратность и скрупулезность при анализе информации и результатов. Соискателем освоены технологии получения гетерофазных матриц в УККМ, современные физико-химические методы исследования (оптическая и сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная спектроскопия, рентгеноструктурный фазовый анализ) и методы пробоподготовки образцов.

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования Сукманова И.В., используются в учебном процессе кафедры 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» МАИ, являясь составной частью оригинальных лекционных курсов и методических разработок для проведения практических и лабораторных занятий со студентами и аспирантами. Соискатель непрерывно повышает свою квалификацию и активно участвует в научных мероприятиях различного уровня. В качестве исполнителя он принимал участие в реализации 4 научных проектов, среди которых 3 проекта РНФ (22-29-01476; 22-19-00352 и 22-19-00352-П; 25-19-00818) и 1 проект государственного задания Минобрнауки РФ (FSFF-2023-0004). В настоящий момент индекс Хирша Сукманова И.В. в РИНЦ составляет $H = 4$.

В целом соискателем успешно решены поставленные перед ним задачи, в полной мере реализованы планы исследований, что очевидным образом отражает содержание автореферата и диссертационной работы. Таким образом, Сукманов И.В. является сложившимся исследователем, имеющим все квалификационные признаки кандидата технических наук.

Считаю, что диссертация Сукманова Игоря Владимировича выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную работу, обладающую несомненной научной новизной, практической значимостью и внутренней целостностью, удовлетворяет требованиям ВАК, а диссертант является сложившимся научным исследователем и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент кафедры 903
«Перспективные материалы и технологии
аэрокосмического назначения» ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

 22.09.2025 г.
Астапов Алексей Николаевич

125993 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4
+7-499-158-0006
e-mail: astapovan@mai.ru

Подпись А.Н. Астапова удостоверяю:

Заместитель начальника
отдела кадров МАИ

 Иванова М.А.