

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ситникова Сергея Анатольевича

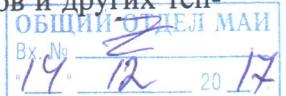
«Разработка стойких к ионной эрозии материалов на основе нитрида кремния для разрядных камер электроракетных двигателей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Ситникова С.А. посвящена разработке и исследованию керамических композиционных материалов на основе Si_3N_4 и технологии деталей из них, в том числе, разрядных камер электроракетных двигателей (ЭРД). Одновременное действие механических нагрузок, температурных полей, глубокого вакуума, ионно-плазменных потоков при работе ЭРД приводит к быстрому разрушению керамических деталей из применяемых в настоящее время материалов. В связи с этим поставленная автором цель разработки керамических материалов, технических и технологических решений для быстрого получения функциональных прототипов деталей ЭРД, стойких к ионно-плазменной эрозии, является весьма актуальной.

Научную значимость имеют результаты исследований, посвященных, прежде всего:

- разработке теоретико-прикладных основ подхода к изготовлению разрядных камер ЭРД и других деталей из керамических материалов, опирающегося на технологию реакционного спекания в среде азота предварительно отформованных заготовок.
- установлению закономерностей процесса ионно-плазменного распыления созданных новых керамических материалов в условиях бомбардировки ионами Ar^+ и Xe^+ .

Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Особый интерес представляет разработанная автором технология и реализующее ее технологическое оборудование для получения различных керамические изделия на основе Si_3N_4 с введением в них требуемого количества неорганических наполнителей (BN , Al_2O_3 , SiC и др.). При непосредственном участии автора спроектированы, изготовлены и апробированы опытная установка для получения заготовок методом послойного наплавления (FDM), установка для получения заготовок методом послойного впрыска связующего (Binder Jetting), технологический участок по получению заготовок методом шликерного литья. Отработан метод реакционного спекания нитрида кремния для синтеза нитридных керамических материалов. Результаты проведенных исследований электрофизических, механических свойств и стойкости к ионно-плазменному распылению разработанных материалов, а затем и эксплуатационных свойств изделий ЭРД, полученных из них, подтвердили высокую перспективность использования представленных технических решений для двигателей космических аппаратов и других теп-



лонапряженных элементов высокотемпературной техники. Результаты по распыляемости керамики расширяют границы знаний в предметной области и могут быть использованы в дальнейшем для обеспечения работ по созданию ряда стационарно-плазменных двигателей, высокочастотных ионно-плазменных двигателей, а также в рамках других проектов, требующих решения схожих проблем.

В качестве замечаний следует обратить внимание на следующее:

1. Несмотря на высокую пористость полученных реакционным спеканием заготовок, автор не исследовал возможность использования спекающих добавок для ее повышения.
2. Автор сосредоточился на исследовании возможности применения разработанных материалов в ЭРД и не исследовал возможность их применения в двигательных установках других типов – например, ВРД, ЖРД, широкодиапазонных ПВРД

Отмеченные недостатки не снижают общей ценности работы. Особенно хотелось бы отметить, что изготовленная автором сферическая газоразрядная камера из композиционной керамики системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Si}_3\text{N}_4$ успешно выдержала огневые испытания и тесты на вибропрочность на режиме "Работа ступеней РН", проведенные ОКБ «Факел» в соответствии с ГОСТ В 24880-81, ГОСТ РВ 20.57.305-98, ГОСТ РВ 50674-94, ГОСТ В 22589-86.

Автореферат диссертации написан грамотным техническим языком, достаточно проиллюстрирован графическим материалом. Результаты исследований многократно докладывались и обсуждались на отечественных и международных симпозиумах, конференциях и семинарах, а также были опубликованы в 7 реферируемых журналах из перечня ВАК и 1 журнале с международной системой цитирования. По актуальности, научной новизне и практической ценности диссертационная работа заслуживает высокой оценки, соответствует требованиям положения о присуждении ученых степеней ВАК и заявленной специальности, а ее автор Ситников Сергей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Начальник цеха керамики АО «НПП «Торий»,
Кандидат технических наук.

Ситников Алексей Игоревич

Почтовый адрес: 117393, г.Москва, ул.Обручева, д.52
Телефон: +7 (499) 789-96-16

Адрес электронной почты: sitnikov.ai@toriy.ru
Сайт: <http://www.toriy.ru>

Подпись Ситникова А.И. удостоверяю:

Начальник Отдела кадров АО «НПП «Торий»



2

Кузмичев И.А.

14.12.2017
П. Дми -