

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Воротыло Степана «Создание жаростойких керамико-матричных композиционных материалов с иерархической структурой в кремнийсодержащих системах Ta-Si-C, Mo-Hf-Si-B, Zr-Ta-Si-B», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 30.06.2020.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 13.04.2020, протокол №17.

Диссертация выполнена на кафедре Порошковой металлургии и функциональных покрытий Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

Научный руководитель - Левашов Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» в должности заведующего кафедрой ПМиФП и директора НУЦ СВС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 17 от 13.04.2020) в составе:

1. Блинков Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии

2. Громов Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, , главный научный сотрудник Инженерного центра прототипирования высокой сложности «Кинетика», НИТУ «МИСиС»;

3. Левина Вера Васильевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС»;

4. Ножкина Алла Викторовна, доктор технических наук, профессор, АО «Научно-исследовательский институт природных, синтетических алмазов и инструмента» (АО «ВНИИАЛМАЗ»), научный руководитель лаборатории «Исследование алмазов, синтеза сверхтвердых материалов и оценка соответствия изделий из них»;

5. Санин Владимир Николаевич, доктор технических наук, заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук» (ИСМАН РАН, г. Черноголовка)

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ, г. Самара).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Установлено, что формирование иерархически-структурированной керамики $TaSi_2-SiC$ происходит в волне горения смеси Ta-Si-C в результате протекания

химической реакции кремния с карбидом тантала в зоне догорания при температуре ниже 1405 °С, что ведет к появлению вторичных наноразмерных включений TaSi₂ и SiC вокруг первичных субмикронных зерен данного состава;

- Установлено, что тантал катализирует процесс in-situ формирования нановолокон карбида кремния SiC_{нв} в волне горения смесей Si-C-Ta-C₂F₄-(С_{волокна}).;
- Установлено влияние расплава кремния в волне горения смесей Mo-Hf-Si-B на формирование субмикронных включений HfB₂ игольчатой формы по границам первичных микронных зерен MoSi₂ и MoB;
- На примере системы Mo-Hf-Si-B показано, что механическое активирование реакционных смесей способствует получению продуктов синтеза с характерной иерархической структурой, приводя к уменьшению размера вторичных фаз;
- Предложен механизм самоорганизации многослойных оксидных пленок с нановыделениями силиката гафния при окислении иерархически-структурированной керамики MoSi₂-HfB₂-MoB, а также показана роль данного механизма в повышении стойкости керамики к окислению в условиях газодинамических испытаний;
- Установлен эффект двухкратного снижения коэффициента трения и величины приведенного износа наноструктурных покрытий Ta-Si-C-N с ростом температуры до 800 °С в результате образования в продуктах износа трубчатых наноструктур силиката тантала TaSi_xO_y и изменения механизма трения со скольжения на качение.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- В ходе выполнения диссертационной работы выявлена тенденция к формированию иерархических микроструктур (в том числе метастабильных) в волнах горения реакционных смесей, состоящих из одного или двух переходных металлов IV-VI групп, кремния и неметаллического реагента (углерод, бор).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Установлены оптимальные технологические режимы получения керамических материалов TaSi₂-SiC, а также режимы осаждения трибологических наноструктурных покрытий Ta-Si-C-N.
- В депозитарии НИТУ «МИСиС» зарегистрированы ноу-хау № 09-164-2019 «Состав и способ получения керамики на боридной, карбидной и силицидной основе, стойкой к динамическому воздействию высокотемпературного газового потока» и № 08-164-2018 «Способ получения керамических материалов, стойких к воздействию высокоэнтальпийных газовых потоков».
- Во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» зарегистрированы технологические условия ТУ 24.45.30-039-11301236-2019 «Дисковые керамические мишени-катоды на основе силицида тантала и карбида кремния для ионно-плазменного осаждения многокомпонентных высокотемпературных триботехнических покрытий» и разработана технологическая инструкция ТИ 47-11301236-2019 на производство дисковых керамических мишеней-катодов на основе силицида тантала и карбида кремния для ионно-плазменного осаждения многокомпонентных высокотемпературных покрытий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены на современном оборудовании с использованием аттестованных методик исследований, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях.
- Получено значительное количество экспериментальных данных, проведена статистическая обработка результатов
- идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта российских и зарубежных исследований в области высокотемпературных конструкционных керамик
- использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике
- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике
- использованы современные методики сбора и обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в получении и обработке экспериментальных данных, а также анализе и обобщении результатов исследований. Основные экспериментальные результаты, приведенные в диссертационной работе, получены лично Воротыло С. Обсуждение и интерпретация полученных результатов проводилась совместно с научным руководителем и соавторами публикаций. Основные положения, научная новизна, практическая значимость и выводы диссертационной работы сформулированы совместно с научным руководителем.

Соискатель представил 25 опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, в том числе 13 опубликованных работ в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science, Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Воротыло С. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований: разработаны способы получения новых дискретно-армированных и иерархически-структурированных керамико-матричных композиционных материалов в системах $\text{TaSi}_2\text{-SiC}$, $\text{ZrB}_2\text{-TaB}_2\text{-TaSi}_2$, $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-MoB}$ с использованием метода СВС; исследованы закономерности влияния структурной иерархии на физико-механические и эксплуатационные свойства продуктов синтеза.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности/~~невозможности~~ присуждения С. Воротыло ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы». При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании и входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

Блинков И.В.

30.06.2020