

Акционерное общество
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
СПЕЦИАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

(АО «ЦНИИСМ»)

ул. Заводская, г. Хотьково, Московской обл., 141371

Тел. 993-00-11, факс 8 (49654) 3-82-94

e-mail: tsniism@tsniism.ru

[http:// www.tsniism.ru](http://www.tsniism.ru)

ИНН/КПП 5042003203/504201001

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора и
главного конструктора,
доктор технических наук,
профессор



А.А. Кульков

2019 г.

« 25 » 11 2019 г. № 3820-254/7

Отзыв

ведущей организации АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» на диссертацию Лифанова Ивана Павловича «Разработка жаростойких покрытий на основе системы $ZrSi_2$ - $MoSi_2$ - ZrB_2 для обеспечения работоспособности жаропрочных углеродсодержащих материалов в скоростных высокоэнтальпийных потоках газов», представленную на соискание ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (машиностроение)

Среди перспективных по жаростойкости конструкционных материалов приоритетное место занимает углерод-углеродные композиционные материалы, обладающие уникальным сочетанием свойств: высокой прочностью и жесткостью вплоть до температур 2600K, несклонностью к ползучести, низким КЛТР и др. Однако, использование этих материалов сдерживается крайне низкой жаростойкостью в кислородосодержащих средах, особенно в высокоскоростных потоках диссоциированного или ионизированного воздуха. Существующие методы улучшения стойкости углерод-углеродных композитов к окислению и абляции в основном включает в себя модификацию углеродной матрицы и нанесение покрытия из противоабляционных керамических слоев.

Учитывая это, диссертацию Лифанова И.П., посвященную разработке оптимального состава высокотемпературной керамики и технологии

формирования жаростойкого покрытия на углерод-карбидокремниевый материал можно признать выполненной на актуальную тему.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе и приложения А.

Работа содержит 175 страниц машинописного текста, 58 рисунков и 21 таблицу. Список литературы включает 169 наименований.

Во введении содержится актуальность темы, сформулированы цель и решаемые задачи, отмечены научная новизна, практическая значимость и сформулированы выносимые на защиту положения.

В первой главе приведен обзор применяемых высокотемпературных жаростойких материалов, сформулированы общие требования по назначению покрытий и технологии их формирования на элементах конструкций, в результате чего осуществлен выбор направления исследований, обоснованы цель и научно-технические задачи, решение которых позволило автору достигнуть поставленной цели.

Во второй главе изложены методы экспериментальных исследований, использованные автором в процессе выполнения данной работы.

В третьей главе с использованием методов планирования эксперимента, проведения исследований кинетики и механизма окисления керамики на основе выбранных компонентов определены оптимальные составы и соотношения входящих в керамику компонентов, предложена технология получения порошковой керамики для формирования защитного слоя на углерод-карбидокремниевой подложке.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований по выбору связующих для шликерных композиций и определены условия и технологические режимы формирования защитного покрытия на углерод-карбидокремниевый материал.

В пятой главе приведены результаты оценки теплофизических и физико-механических характеристик материалов с покрытиями.

Отметим основные научные результаты, полученные автором.

К наиболее важным результатам исследования, характеризующим его новизну, могут быть отнесены:

1. Разработка технологии получения порошковой керамики выбранного состава для нанесения защитного покрытия на углерод-карбидокремниевый материал.

2. Кинетика, механизм окисления керамического состава и покрытия и разработанная на их основе методология оценки жаростойкости и оптимизации состава.

3. Разработка технологии нанесения и формирования защитного покрытия.

4. Результаты комплекса испытаний, в том числе высокотемпературных моделирующих реальные условия эксплуатации различных теплонагруженных узлов аэрокосмической техники, позволяющие рассматривать разработанные материалы покрытий в качестве перспективных для применения.

Оценивая полученные результаты, можно констатировать, что новизна проведенных исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Значимость для науки и производства полученных результатов определяются следующим:

- данная работа ориентирована на разработку шликерной технологии нанесения жаростойких антиокислительных покрытий на углерод-карбидокремниевый материал, допускающих эксплуатацию изделий в воздушном потоке при температуре поверхности до 2000°C в определенном временном интервале. В ходе выполнения работы определены условия получения материала шликера и технологические режимы формирования покрытия;

- разработана и экспериментально подтверждена методология оптимизации состава материалов для формирования защитных антиокислительных покрытий с использованием силицидов циркония, молибдена и диборида циркония.

Разработанные автором материалы и технологии могут быть рекомендованы для рассмотрения к применению в АО «Композит» (г. Королев), АО «УНИИКМ» (г. Пермь), АО «ЦНИИСМ» (г. Хотьково). Организации «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)» предлагается продолжить исследования по оптимизации технологии нанесения покрытий данного класса с учетом технологических возможностей используемого в настоящее время в мировой практике высокотемпературного оборудования.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается использованием автором современных методов экспериментальных исследований.

Аннотация и список публикаций полностью отражают содержание диссертации.

По работе можно сделать следующие замечания.

1. В материале диссертации отсутствуют ссылки на Государственные стандарты РФ, о применении которых говорится в разделе «методология и методы исследований» (стр.10).
2. Не приведены объективные данные, подтверждающие отработку технологии нанесения покрытия на углерод-углеродные материалы (стр.44).
3. Не приведен метод и результаты определения механической прочности нанесенного на УКМ шликера (стр.119).
4. Не приведены статистические данные по результатам прочностных и стендовых испытаний.
5. Нет объяснения различия состава материала покрытия на рис. 5.9 и в таблице 5.3.
6. Разработанная технология не может быть использована на действующем оборудовании из-за отсутствия возможности реализации скорости нагрева в разряженной среде аргона до $3000^{\circ}\text{C}/\text{час}$.

Высказанные замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях.

Диссертация по области исследования соответствует паспорту специальности 05.16.09 - Материаловедение (машиностроение).

Работа выполнена в соответствии с требованиями п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации, предъявляемыми к кандидатским диссертациям. Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, которая содержит решения формирования защитных жаростойких покрытий на углерод-карбидокремниевые материалы с использованием шликерно-обжиговой технологии. Лифанов Иван Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (машиностроение).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании секции № 1 Научно-технического совета АО «ЦНИИСМ» протокол от 29 октября 2019 года № 9.

Руководитель секции № 1 НТС,
заместитель главного конструктора -
начальник отделения,
кандидат технических наук
(специальность-05.14.05
«Теоретические основы теплотехники»)

А.В. Пашутов

Начальник лаборатории,
кандидат технических наук
(специальность -05.17.06 «Технология и
переработка пластических масс и
стеклопластиков»)

Е.А. Антипов