

Отзыв

официального оппонента, доктора технических наук, профессора кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» Смыслова Анатолия Михайловича на диссертационную работу Зарыпова Марата Саитовича «Закономерности формирования многокомпонентных защитных покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Актуальность темы диссертации

Развитие научно -технического прогресса в области создания авиационных двигателей нового поколения требует совершенствования существующих и разработки принципиально новых технологических процессов, направленных на повышение надёжности и долговечности деталей, что является одной из наиболее важных проблем современного двигателестроения.

Диссертационная работа Зарыпова М.С. посвящена решению актуальной научной задачи – установлению закономерностей формирования состава, структуры и защитных свойств высокотемпературных покрытий на никелевых и титановых сплавах, а также разработке технологических процессов их нанесения на лопатки газовых турбин двигателей, работающих в условиях высоких температур, нагрузок и агрессивных газовых потоках. При эксплуатации двигателей в приморских районах, а также при корабельном базировании летательных аппаратов накопление солевых осадков на поверхности лопаток сопровождается интенсивным развитием солевой коррозии, которая нередко развивается в форме катастрофического окисления, обусловленного флюсованием окалина. Внедрение безуглеродистых сплавов повлекло за собой необходимость создания диффузионных барьеров как в самих сплавах, так и в покрытиях, разработки способов повышения сопротивляемости покрытий термомеханической усталости. Поэтому разработка новых многокомпонентных покрытий и технологических процессов их получения, подтверждает высокую актуальность выбранной темы исследования Зарыпова М.С.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов и приложения, изложена на 175 страницах, включает в себя 83 таблицы, 105 рисунков и 113 литературных источников.

На основании проведенного критического анализа научной литературы и опыта эксплуатации лопаток в составе полноразмерных ГТД, автор сформулировал цель работы, которая состояла в установлении закономерностей формирования фазового состава, структуры и свойств покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах, разработке на этой основе способов их нанесения и обработки, для обеспечения долговечности лопаток турбин ГТД эксплуатирующихся в агрессивных газовых средах при высоких температурах.

Автор глубоко изучил процессы формирования фазового состава и структуры диффузионного покрытия системы кобальт-хром-алюминий-кремний путём сочетания порошкового, газового и шликерного методов, применительно к лопаткам газовых турбин, а также установил механизмы протекания химических транспортных реакций, составы и структуры полученных покрытий. Экспериментально установлены характеристики долговечности полученных покрытий при испытании на жаростойкость в условиях воздействия агрессивных сред. Значительный объём исследований посвящен изучению способов торможения диффузионных процессов в покрытиях путем создания карбидных барьеров, как в самих покрытиях с помощью тугоплавких металлов, так и путем вакуумной цементации лопаток турбин перед нанесением покрытий на безуглеродистые жаропрочные никелевые сплавы.

Несомненную теоретическую и практическую значимость имеет экспериментально установленный факт, подтверждающий роль иттрия в покрытиях, получаемых конденсационными методами, как раскислителя, очищающего покрытия от вредных примесей. Отдельно стоит отметить значительный объём работ, посвященных изучению способа горячего изостатического прессования лопаток турбин с разработанными покрытиями, который позволил автору существенно повысить предел выносливости лопаток турбины.

Научная новизна

К научной новизне работы Зарыпова М.С. следует отнести:

- состав порошковой смеси и закономерности одновременного переноса кобальта, хрома и кремния диффузионным методом;
- состав компонентов и закономерности одновременного переноса кобальта и хрома газовым циркуляционным методом.
- установлении роли иттрия в конденсационных покрытиях как раскислителя конденсатов, очищающих покрытия от вредных примесей;
- установление механизма измельчения зерен структуры алюминидного покрытия, полученного газовым циркуляционным алитированием, за счет протекания процессов динамической рекристаллизации обеспечивших повышение предела выносливости лопаток турбины.

Практическая значимость

1. Разработаны и апробированы двухстадийные способы получения диффузионных покрытий системы кобальт-хром-алюминий-кремний на жаропрочных никелевых сплавах, обеспечивающие высокую работоспособность лопаток турбин авиационных ГТД в агрессивных высокотемпературных газовых средах;

2. Разработан способ вакуумной цементации безуглеродистых жаропрочных никелевых сплавов, включающий нагрев до температуры 1050°С с последующей выдержкой в течение 6 часов, что позволило исключить

формирование вторичной реакционной зоны под покрытием на сплавах ВЖМ-4 и ВЖМ-5 при температуре окисления 1050 °С в течение 400 часов;

3. Разработан способ нанесения комбинированного покрытия на лопатки ТВД из сплава ЖС-26 с промежуточным горячим изостатическим прессованием при температуре 1000 °С, давлении 50 МПа в течение 3 часов, что позволило повысить предел выносливости лопаток турбины.

Достоверность полученных результатов

Обоснованность и достоверность основных положений и результатов диссертационной работы подтверждена комплексом современных методов теоретических и экспериментальных исследований состава, структуры и свойств материалов покрытий с использованием сертифицированного и аттестованного современного оборудования.

Замечания:

1. Из рис.4.5 и текста диссертации следует, что автор проводил лишь сравнительную оценку циклической долговечности при различных амплитудных напряжениях и технологиях защитных покрытий лопаток турбины из сплава ЖС26-ВИ, но не их предел выносливости, который должен быть подтвержден не менее 6-тью не разрушенными лопатками при заданной базе испытания, как это предусматривается в ГОСТ 25.502-79. Кроме того, в работе не приведены методика тензометрирования лопаток и частоты их колебаний на различных уровнях амплитудных напряжений до появления усталостных трещин? В этой связи информация о повышении предела выносливости лопаток, обработанных по технологии алитирования с последующим ГИП на 40-50 МПа, требует дополнительного уточнения.

2. По вопросу результатов, связанных с влиянием горячего изостатического прессования на пористость покрытий. Установлены ли в работе наиболее рациональные режимы прессования, обуславливающие минимальную пористость покрытия, что всецело влияет на способность поверхности лопатки сопротивлению высокотемпературной газовой коррозии, термоусталости и обеспечению жаростойкости?

3. В диссертации отсутствуют какие-либо сведения о экономической эффективности разработанных технологических решений по защите поверхности лопаток при их внедрении в серийное производство ГТД?

Сделанные замечания не умаляют научной и практической значимости выполненной работы. Диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные Зарыповым М.С. решения достаточно аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями по проблеме

разработки и применения высокотемпературных жаростойких защитных покрытий.

Заключение

В целом диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения в области разработки жаростойких защитных покрытий на основе системы кобальт-хром-алюминий-кремний. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях, опубликованы в четырёх статьях в журналах, входящих в перечень ВАК и в международную систему цитирования Web of Science и Scopus. Результаты работы могут быть использованы на предприятиях акционерного общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» (ПАО «ОДК-УМПО», ПК «Салют» АО «ОДК», АО «ОДК-Климов», ПАО «ОДК-Кузнецов» и др.).

Содержание автореферата достаточно полно отражает основные положения представленной диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Зарыпов Марат Саитович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»



Смыслов Анатолий Михайлович



Подпись Смыслова А.М.
Удостоверяю « 06 » 11 2024 г.
Зачальник общего отдела УУНИТ Рахимова Д.С.

Тел.: +7-917-342-5155

E-mail: smyslovam@yandex.ru

Адрес организации: 450076, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, дом 32