

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Золотаревой Анны Юрьевны «Многослойные высокотемпературные покрытия для жаропрочных титановых и никелевых сплавов и технологии их нанесения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Актуальность исследования. Надежность и долговечность лопаток компрессора высокого давления (КВД) и турбины низкого давления (ТНД), в значительной мере определяет ресурс ГТД. Использование новых интерметаллидных титановых сплавов в конструкции компрессора и турбины, позволяет существенно уменьшить массу конструкции двигателей, однако у них недостаточная стойкость к высокотемпературному окислению (при температурах 700-800°C). В этой связи весьма актуальна разработка эффективных защитных покрытий способных к длительной работе.

При эксплуатации лопаток турбины возможно разрушение не только износостойких покрытий, но и основного металла контактных поверхностей бандажных полок. Это определяет необходимость своевременного восстановления геометрических размеров бандажных полок наплавкой жаростойких и жаропрочных материалов и износостойкого покрытия. Традиционно применяемая в серийном производстве напайка может привести к рекристаллизации металла замков лопаток и снижению характеристик жаропрочности сплавов из-за высокотемпературного нагрева всей детали, в связи с чем разработка способа наплавки сплава ВКНА-2М также является важной и актуальной задачей.

С этой целью в работе разработано новое высокотемпературное двухслойное покрытие для лопаток компрессора и турбины из интерметаллидных титановых сплавов

Научная новизна работы. Показано, что формирование алюминий содержащих фаз $TiAl_3$, Ni_3Al и $NiAl$ в покрытии $Ni - 20\%Cr - 12\%Al - 0,3\%Y$ обеспечивает длительную защиту деталей от высокотемпературного окисления при температуре 700°C. В покрытии $Al - 0,6\%Si$, фазы $TiAl_3$, $TiSi_2$ и Ti_5Si_3 тормозят диффузию титана к границе раздела с газовой средой, препятствуя тем самым образованию оксидов титана на поверхности покрытия. Автором установлено, что последовательность нанесения слоев покрытий $(Al-Si)+(Ni-Cr-Al-Y)$ – необходимое условие обеспечения защиты интерметаллидных титановых сплавов от окисления. Полученные

закономерности окисления интерметаллидных титановых сплавов с покрытием ВСДП-11Н+СДП-2 также являются важной составляющей научной новизны работы.

Для восстановления геометрических размеров бандажных полок лопаток турбин из сплава ЖС26 предложено использовать никелевый сплав Х20Н80-Н, различие коэффициента линейного расширения которого, по сравнению с основным материалом (в 1,5 раза) исключает появление трещин при последующем нанесении износостойкого и жаростойкого покрытий.

Практическая значимость работы. Разработаны и реализованы в опытном промышленном производстве на производственном комплексе «Салют» АО «ОДК»: технологии наплавки покрытия из сплава ВКНА-2М на контактные поверхности бандажных полок лопаток ротора турбины двигателя АИ-222-25 для проведения длительных испытаний; ремонтной технологии восстановления геометрических размеров лопаток ротора турбины двигателя АИ-222-25 наплавкой сплава Х20Н80Н и износостойкого покрытия СМ64 с последующим нанесением жаростойкого покрытия АС-2 на партии восстановленных после эксплуатации лопаток ротора турбины для проведения длительных испытаний на второй ресурс; комбинированного жаростойкого покрытия и технологии его нанесения на лопатки компрессора и турбины из интерметаллидных титановых сплавов марок ВИТ-1 и ТНМ-В1 перспективных ГТД.

Достоверность полученных результатов. Обеспечивается применением современных методов исследований на сертифицированном оборудовании, подтверждена комплексом экспериментальных исследований структуры и свойств материалов и покрытий из жаропрочных интерметаллидных титановых и никелевых сплавов, согласием полученных результатов с имеющимися в литературе представлениями и экспериментальными данными.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 научных конференциях, проводимых в ПК «Салют» АО «ОДК», ФГУП «ВИАМ», ФГУП «ЦИАМ им. Баранова», ЦВК «Экспоцентр» в 2018-2019 гг., а также на 22-ом международном салоне «Архимед-2019», проведенном в КВЦ «Сокольники».

По теме диссертации опубликовано 7 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, две из которых были переведены на английский язык и опубликованы в изданиях, индексируемых Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

Замечания:

- логика построения аналитического обзора литературы диктует необходимость его завершения выводами и постановкой задач исследования, что отсутствует в тексте диссертации;

- в работе при анализе микроструктуры покрытия ВСДП-11Н+СДП-2, толщина слоя СДП-2 обычно характеризуется одним числом, например, как на рис. 3.30 величиной 20 мкм. Однако, как следует из рассмотрения изображений поверхностных слоев, толщина слоя не является величиной постоянной в пределах отдельного образца. Не вполне понятно, почему для более объективной характеристики толщины слоев не использовались статистические оценки в качестве меры ее неоднородности.

Статистические оценки отсутствуют и при исследовании влияния времени нагрева при температуре 700 °С на вязкость разрушения покрытия ВСДП-11Н+СДП-2 на сплаве ВИТ1 (рис. 3.55 диссертации), что немаловажно с учетом традиционно большого разброса трещиностойкости;

- научную новизну работы можно было бы усилить полученными результатами, в частности, отражающими установленные закономерности окисления интерметаллидных титановых сплавов с покрытием ВСДП-11Н+СДП-2;

- выводы желательно было сформулировать в более компактной форме, поскольку их количество (10) более чем в два раза превосходит количество задач (4), сформулированных для достижения поставленной в работе цели;

- есть некоторая небрежность в оформлении работы, например, невозможно понять какие величины, единицы измерения представлены в табл. 1.8 диссертации, табл. 2.4 полностью дублирует табл. 2.3 (в части составов, представленных в табл. 2.4)

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по разработке оригинального способа восстановления геометрических размеров бандажных полок и высокотемпературного износостойкого покрытия, а также высокотемпературного покрытия системы (Al-Si)+(Ni-Cr-Al-Y), обеспечивающего уменьшение скорости окисления интерметаллидных титановых сплавов.

Автореферат полностью отражает материалы диссертации, его содержание и выводы соответствуют основным положениям диссертационной работы.

По научному уровню полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Золотарева Анна Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ «МИСиС»,
доктор технических наук, профессор,

Викторович



Кудря

Александр

20.11.2019

г. Москва, 119049, Ленинский проспект, д. 4, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
E-mail: AVKudrya@misis.ru,
тел.: 8 (495) 955-00-13

ПОДПИСАТЬ ЗАВЕРЯЮ
Директор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ «МИСиС» М.М. Исаев

