

## ОТЗЫВ

научного руководителя, д.т.н., профессора Скворцовой Светланы Владимировны о диссертационной работе 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»

Диссертационная работа Зарыпова М.С. посвящена решению актуальной задачи – установлению закономерностей формирования фазового состава, структуры и свойств покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах и разработке на этой основе способов их нанесения и обработки для обеспечения высокой работоспособности лопаток газотурбинных двигателей в агрессивных газовых средах при высоких температурах.

В настоящее время в авиа- и двигателестроении для изготовления лопаток турбины высокого давления (ТВД) широко применяются никелевые жаропрочные сплавы, а для повышения ресурса их работы и, соответственно, двигателя в целом, широко используются высокотемпературные защитные покрытия. Поэтому изучение процессов структурообразования в образцах и лопатках из жаропрочных никелевых и титановых сплавов при нанесении различных видов покрытий и их влияние на жаростойкость и солевую коррозию является актуальной научной и практической задачей.

В качестве объекта были взяты образцы и лопатки из жаропрочных никелевых (ЧС88У, ЧС104, ЖС6У, ЖС32, ЖС26-ВИ, ВЖМ-4, ВЖМ-5) и титановых (ВТ-41, ВИТ1), на которые наносились различные жаростойкие покрытия порошковым, газовым циркуляционным и вакуумно-плазменным методами.

В ходе теоретических и экспериментальных исследований соискателем проведено изучение влияния содержания кобальта, хрома и кремния в порошковой смеси на формирование фазового состава и структуры покрытия (Co-Cr-Si)+(Cr+Al) на жаропрочных никелевых сплавах. Разработан состав компонентов порошковой смеси 45-50%Co; 15-20%Cr; 1-1,5%Si, активатора – хлористого аммония (1,0%), оксид алюминия (глинозем ГН00) – остальное. Исследовано влияние кобальта и хрома на фазовый состав и структуру покрытия, полученного газовым циркуляционным методом с последующим шликерным алюмосилицированием, на жаропрочных никелевых сплавах. Установлены источники насыщаемых элементов (кобальт и хром), а также добавки активатора – хлорида кобальта, обеспечивающего насыщение поверхностного слоя сплава кобальтом и хромом. Показано, что в присутствии активатора перенос атомов кобальта протекает по реакции замещения, а хрома – диспропорционирования. Определены характеристики жаростойкости и сопротивляемости высокотемпературной солевой коррозии покрытий, полученных порошковым и газовым методами на жаропрочных никелевых сплавах. Разработан способ вакуумной цементации лопаток турбин из безуглеродистых жаропрочных никелевых сплавов ВЖМ-4 и ВЖМ-5 в газовой среде. Разработан способ повышения жаростойкости интерметаллидных титановых сплавов путем нанесения покрытия системы (Ni-Cr-Al-Ta-W-Nf-Si-Y). Исследовано влияния горячего изостатического прессования на фазовый состав, структуру покрытия и усталостную прочность лопаток ТВД из жаропрочного никелевого сплава.

При выполнении диссертационной работы Зарыпов М.С. проявил себя как грамотный специалист, способный решать комплексные аналитические и технологические проблемы материаловедческого характера применительно к процессам структурообразования, происходящих в покрытиях, и разработки технологий их нанесения и обработки. Соискателем получен ряд значимых результатов, научная новизна, достоверность и объективность которых не вызывает сомнения. Разработанные покрытия, технологии их нанесения и рекомендации востребованы современной промышленностью, о чём свидетельствуют акт внедрения результатов работ.

В целом соискателем успешно решены поставленные перед ним задачи, в полной мере реализованы планы исследований, что очевидным образом отражает содержание автореферата и диссертационной работы.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в печатных изданиях, в том числе, в журналах из списка ВАК и включенных в международные системы цитирования, доложены на всероссийских и международных научных конференциях.

Считаю, что диссертация Зарыпова Марата Саитовича выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную работу, обладающую несомненной научной новизной, практической значимостью и внутренней целостностью, удовлетворяет требованиям ВАК, а диссертант является сложившимся научным исследователем и заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор, профессор  
кафедры 1102 «Материаловедение и технология  
обработки материалов» ФГБОУ ВО «Московский  
авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)».

Скворцова Светлана Владимировна

24.09.2024г

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4  
+7 (499) 141-9588  
e-mail: skvortsovasv@mai.ru

Подпись С. В. Скворцовой удостоверяю:

Заместитель начальника  
Управления по работе с персоналом



Иванов М.А.