

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы 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»

Ключевые цели современного турбомашиностроения сводятся не только к повышению эффективности работы газотурбинных двигателей (за счёт увеличения предельных параметров или усложнения термодинамического цикла), но и к одновременному снижению стоимости конструкций нового поколения относительно предыдущего. Метод химического осаждения из паровой фазы (CVD) – один из способов получения экономичных и высококачественных жаростойких алюминидных и термобарьерных керамических покрытий деталей турбины. Качественное улучшение свойств алитирования наблюдается при микролегировании  $\beta(\text{NiAl})$  цирконием, гафнием, иттрием или другими лантаноидами; при использовании специальных диффузионных барьеров на основе карбидов, вольфрама или рения; при объемном легировании оксидами лантаноидов.

В диссертационной работе Зарыпова М.С. рассматриваются методы CVD, ионно-плазменного напыления и шликеры для получения улучшенных жаростойких покрытий лопаток ГТД. Установлены закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах. Изучено влияние кобальта и хрома на фазовый состав и структуру CVD покрытия с последующим шликерным алюмосилицированием.

### Замечания:

1. Разработанные составы порошковых смесей интересны, однако новизна п.1 и п.2 представляет больше технологические аспекты, чем научные. Реакции диспропорционирования и замещения по Al, Cr, Si, Co широко известны и разобраны во многих отечественных и зарубежных работах.
2. В автореферате не уделено достаточного внимания маркам используемых материалов, фракционному составу порошков, анализу площадей доноров и акцепторов, что ограничивает возможность независимого воспроизведения результатов.
3. В выводах по работе, п.4 устанавливается механизм работы иттрия, однако в тексте автореферата нет каких-либо исследований по данному вопросу (например, анализа микроструктуры, фазового и химического состава окалины).

В порядке пожелания для дальнейшей работы:

1. Рассмотреть диффузионные барьеры (например, на основе рения). Промежуточное никелирование также способствует снижению вредного диффузионного взаимодействия с основой.
2. Следует ожидать улучшения жаростойкости при объёмном легировании слоя покрытия оксидами иттрия или гафния.
3. Представляют интерес CVD методы покрытия с микролегированием Ln, Zr или Hf.

В целом, судя по автореферату, представленная работа, но научному уровню, полученным результатам, содержанию, удовлетворяет всем требованиям п. 9.14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённым Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Зарыпов М.С. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Главный металлург  
ПАО «Тюменские моторостроители»



*А.Н. Аксёнов*  
21.11.24

А.Н. Аксёнов

Подпись Аксёнова Андрея Николаевича удостоверяю.

Заместитель начальника отдела кадров  
и трудовых отношений ПАО «ТМ»

*Е.Г. Солобоева*  
21.11.24

Е.Г. Солобоева

Адрес: 625007, Тюменская область, г. Тюмень, Площадь Владимира Хуторянского.

Телефон: (3452) 54 60 02

E-mail: tm-delo@tmotor.ru