

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лифанова Ивана Павловича «Разработка жаростойких покрытий на основе системы ZrSi₂-MoSi₂-ZrB₂ для обеспечения работоспособности жаропрочных углеродсодержащих материалов в скоростных высокоэнталпийных потоках газов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Задача разработки новых жаростойких покрытий для защиты от высокотемпературного окисления деталей и узлов из жаропрочных материалов, безусловно, актуальна, особенно для авиакосмической отрасли. В связи с этим поставленная автором цель разработки жаростойких покрытий для обеспечения кратковременной работоспособности углеродсодержащих композиционных материалов (УКМ) в скоростных высокоэнталпийных потоках окислительных газов при рабочих температурах на поверхности 1800-2000°С является весьма актуальной и стратегически значимой.

Разработка жаростойких покрытий состояла из следующих основных этапов: обоснование структурной модели покрытий и выбор системы, синтез гетерофазных порошков, получение объемных материалов, исследование их жаростойкости, нахождение оптимальных составов и, собственно, разработка технологии формирования из них тонкослойных покрытий на подложки из УКМ с воспроизведением структуры полученных материалов. В работе применён метод статистического планирования и оптимизации, синтезированы 15 составов, находящихся внутри симплекса системы Si-Zr-Mo-B, исследованы закономерности и механизмы их окисления при 1400°С и 1650°С. Соискателем использованы современные методы структурно-фазовых исследований с привлечением методов РФА, ДТА, СЭМ и ЭДС, проанализировано влияние содержания исходных фаз на структурно-морфологические особенности образующихся в процессе эксплуатации оксидных пленок и эффективность их защитного действия. По результатам комплексного отбора выделены 3 наиболее перспективных состава, выполнены их синтез. С применением обжигового метода наплавления защитных слоев, наносимых из шликерных суспензий, состоящих из порошковой фракции выбранных составов и связующего, были получены исследуемые покрытия для последующих испытаний с целью установления закономерностей и механизмов их работы. Показательными явились огневые газодинамические испытания образцов с созданными покрытиями в потоке воздушной плазмы при числах Maxa 5,5-6,0 и энталпии 45-50 МДж/кг, подтвердившие достижение поставленной в работе цели.

Несомненным достоинством работы является исследование механизмов физико-химического взаимодействия в системах ZrSi₂-ZrSiO₄, ZrSi₂-C, а также закономерностей и механизмов окисления объемных (консолидированных) материалов и тонкослойных покрытий на основе ранее неизученной системы ZrSi₂-MoSi₂-ZrB₂. Важным результатом является разработка рецептурного состава порошкового материала и технологии формирования из него покрытия на C_f/SiC композите, обладающего высокой окислительной стойкостью в экстремальных условиях

гиперзвукового обтекания воздушной плазмой (не менее 900 с при $T_w = 1800^\circ\text{C}$, не менее 800 с при $T_w = 1900^\circ\text{C}$, не менее 500 с при $T_w = 2000^\circ\text{C}$, не менее 350 с при $T_w = 2100^\circ\text{C}$).

После ознакомления с текстом автореферата диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

1) Покрытия формируются на УКМ подложках в инертной среде с высокой скоростью нагрева, что ограничивает применимость метода для нанесения покрытий на крупногабаритные детали в условиях реального производства. Рассматривались ли другие (более технологичные) способы или режимы нанесения защитных слоёв?

2) Могут ли разработанные покрытия для защиты от высокотемпературного окисления УКМ с успехом защитить детали из жаропрочных материалов другой природы (например, сплавы на основе ниобия или молибдена)?

3) Планируются ли дальнейшие работы по совершенствованию составов в исследованной системе $\text{ZrSi}_2\text{-MoSi}_2\text{-ZrB}_2$ для увеличения рабочих температур покрытий или систему необходимо менять?

В целом можно заключить, что диссертационная работа Лифанова И.П. является законченным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Основные результаты работы доложены на российских и международных конференциях, а также опубликованы в ведущих российских и международных журналах, входящих в системы цитирования РИНЦ и Web of Science/Scopus соответственно. Считаю, что по актуальности, новизне, научной и практической значимости результатов работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК России к кандидатским диссертациям («Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013), а её автор, Лифанов Иван Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Ведущий инженер-конструктор отделения прочности
ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»,
к.т.н., доцент


Еремина Анна Ивановна
20.11.2019

Подпись Ереминой А.И. удостоверяю.

Руководитель департамента
управления персоналом
ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»


Бахарев Андрей Романович



125315, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 68, ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут», тел. +7 (495) 777-21-01 доб. 08258.