

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Митрофанова А.Л.

«Исследование свойств и структурно-фазовых характеристик многокомпонентных оксидных порошков на основе системы $ZrO_2-Al_2O_3$ и $Yb_2Si_2O_7$ и порошковых плазменных покрытий на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Высокие требования к рабочим температурам тепловых машин и газотурбинных двигателей требуют создания новых термобарьерных покрытий и замены традиционных суперсплавов керамическими и металлокерамическими композитами. Для повышения служебных характеристик ответственных узлов и механизмов используются жаростойкие и термобарьерные покрытия. Перспективными считаются композиции на основе $ZrO_2-Al_2O_3$ и редкоземельные силикаты на основе $Yb_2Si_2O_7$. Керамика $Al_2O_3-ZrO_2$ обладает сочетанием высокой окислительной стойкости, термоциклической стабильности и доступностью сырья, тогда как силикаты иттербия перспективны для формирования подслоя между основным покрытием и подложкой детали. Важной задачей является обоснованный выбор состава и метода нанесения покрытий. Одним из методов получения термобарьерных покрытий является атмосферное плазменное напыление порошков. При этом свойства покрытий существенно зависят от состава, размера и морфологии порошка. Поэтому исследование процесса получения многокомпонентных порошков $ZrO_2-Al_2O_3$ и $Yb_2Si_2O_7$ и покрытий является актуальным направлением.

Благодаря использованию метода индукционного переплава в «холодном» тигле и за счет эффективного перемешивания компонентов смеси под действием высокочастотной обработки в условиях периодического перемещения контейнера с расплавом относительно индуктора, автору удалось снизить содержание оксида кальция, необходимого для полной стабилизации ZrO_2 . При нанесении методом атмосферного плазменного напыления покрытий системы PSZ/Al обнаружены следующие изменения фазового состава: в покрытии состава 30PSZ/70Al наблюдался рост содержания фаз $t-ZrO_2$ и $m-ZrO_2$, а также появление фазы $\gamma-Al_2O_3$, в покрытиях 80PSZ/20Al и 18,5Zr/5Ca/76,5Al происходил распад $CaAl_{12}O_{19}$ на $\alpha-Al_2O_3$ и CaO, а также стабилизация ZrO_2 . Методом высокотемпературного РФА показано, что покрытия, полученные атмосферным напылением порошка $Yb_2Si_2O_7$ на подложки из сплава X20H80 и ситалла, в интервале температур 200 – 900 °C имеют идентичный фазовый состав: кристаллическую фазу $\beta-Yb_2Si_2O_7$ с моноклинной решеткой и аморфную компоненту в количестве 53% для покрытия на X20H80 и 69% для покрытия на ситалле. Установлено, что в интервале температур 900 – 1000 °C происходит кристаллизация аморфной фазы с образованием моноклинной фазы $\beta-Yb_2Si_2O_7$.

Важными результатами являются построенные температурные зависимости структуры, морфологии, ТКЛР, элементного и фазового состава оксидных порошков и покрытий системы $ZrO_2-Al_2O_3$ и $Yb_2Si_2O_7$. Полученные данные по структурно-фазовым характеристикам покрытий могут быть использованы при разработке новых многокомпонентных защитных покрытий. По результатам испытаний в плазменной струе при $T = 1000 \pm 50$ °C в течение 2000 секунд покрытия показали высокую

работоспособность. При $T = 1400 \pm 50$ °C в течение 120 секунд образец 80PSZ/20Al прошел испытания без изменения массы.

По автореферату имеются следующие вопросы:

1. Из описания не понятно, проводилась оценка пористости покрытия $Yb_2Si_2O_7$?
2. Нет обоснование выбора значений температуры 950 °C для измерения ТКЛР покрытия $Yb_2Si_2O_7$, а также 1000 ± 50 °C для испытания на жаростойкость в потоке плазмы.

Указанные замечания не снижают ценность диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет требованиям Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Митрофанов Андрей Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Заведующий кафедрой порошковой металлургии
и функциональных покрытий,

Директор Научно-учебного центра СВС МИСиС-ИСМАН,

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
член-корреспондент РАН, профессор,

доктор технических наук

(01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв,
физика экстремальных состояний вещества),



Левашов Евгений Александрович
e-mail: levashov@shs.misis.ru

«16» 11 2025 г.

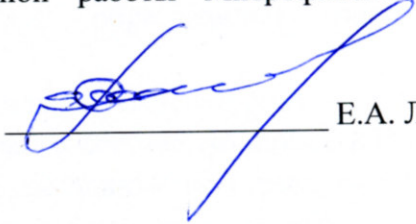
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4, стр. 1

Тел.: (499)237-22-22, (495) 638-44-34

e-mail: personal@misis.ru

Веб-сайт: <https://misis.ru>

Я, нижеподписавшийся, даю согласие на включение моих персональных данных в
документы, связанные с защитой диссертационной работы Митрофанова Андрея
Леонидовича, и их дальнейшую обработку



Е.А. Левашов



Подпись
заверяю

Зам. начальника
отдела кадров

Левашова Е.А.



Кузнецова А.Е.

«16» 11 2025 г.