

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Митрофанова Андрея Леонидовича «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»

Термобарьерные покрытия, позволяющие значительно снизить температуру подложки, широко используются для защиты деталей газотурбинных двигателей от воздействия высоких температур. Однако имеется насущная необходимость еще большего повышения мощности и эффективности газотурбинных двигателей, достигаемых использованием при экстремальных значениях их рабочих температур. В настоящее время происходит изучение процесса замены суперсплавов, традиционно применяемых при изготовлении деталей, работающих в экстремальных условиях, различными керамиками или металлокерамическими композитами, способными выдерживать более высокие температуры эксплуатации. Однако детали из этих материалов требуют защиты их поверхности от воздействия окружающей среды. В настоящее время проводятся интенсивные исследования в направлении создания подобных покрытий для керамики. В то же время применение металлов и сплавов для определенного интервала температур пока широко используется и также имеется необходимость их защиты от экстремальных температур. Применяемый обычно в промышленности для этих целей стабилизированный оксидом иттрия диоксид циркония не может решить этих задач из-за наличия фазового перехода при рабочих температурах, что делает невозможным их дальнейшее повышение. Решение указанных задач может быть найдено на пути поиска новых, в том числе альтернативных материалов покрытий. В связи с этим диссертация А.Л. Митрофанова, посвященная разработке и исследованию новых термобарьерных порошковых покрытий, безусловно является актуальной.

При проведении диссертационных исследований А.Л. Митрофановым получен ряд новых научных результатов.

Впервые с использованием высокочастотного переплава в холодном тигле получены и исследованы порошки гибридных составов на базе системы  $ZrO_2-Al_2O_3$ , исследованы их химические и фазовые составы.

Благодаря использованию метода индукционного переплава в холодном тигле впервые удалось понизить минимальное значение содержания  $CaO$  в  $ZrO_2-CaO$ , необходимое для полной стабилизации  $ZrO_2$ .

При нанесении методом атмосферного плазменного напыления покрытий системы  $ZrO_2-Al_2O_3$  обнаружены существенные изменения фазового состава.

Установлено, что после испытаний на жаростойкость при температуре  $1200\text{ }^{\circ}C$  происходит изменение фазового состава покрытий системы  $ZrO_2-Al_2O_3$ .

Методом высокотемпературной рентгеновской съемки показано, что покрытия, полученные атмосферным плазменным напылением порошка  $Yb_2Si_2O_7$  на подложки из сплава X20H80 и ситалла, имеют в интервале температур  $900 - 1000\text{ }^{\circ}C$  полную кристаллизацию аморфной фазы покрытия  $Yb_2Si_2O_7$  с образованием моноклинной фазы  $\beta-Yb_2Si_2O_7$ .

Практическая значимость полученных результатов исследований.

Разработана типовая технологическая схема высокочастотного переплава в холодном тигле оксидов тугоплавких и керамических материалов.

Полученные в работе данные по структурно-фазовым характеристикам покрытий могут быть использованы при конструировании новых многокомпонентных защитных покрытий.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Непонятна логика выбора подложек.
2. Не указаны толщины нанесенных покрытий.
3. Нет доказательств объяснения того, что изменение ТКЛР при повышении температуры связано с пористой структурой покрытия и его спеканием в процессе измерения.
4. Отсутствуют испытания жаростойкости для  $\text{Yb}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ .

Заключение о диссертационной работе. Указанные замечания не снижают практической значимости диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и по актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует 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».

Ведущий научный сотрудник лаборатория  
физикохимии и технологии покрытий  
ИМЕТ РАН им. А.А. Байкова, к.т.н.  
" 19 " ноября 2025г.



Комлев Дмитрий Игоревич

Подпись Комлева Д.И. удостоверяю

Ученый секрет

ИМЕТ РАН

к.т.н.



Ольга Николаевна Фомина

М.П.

Адрес организации: 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН)

Электронный адрес: imet-lab25@yandex.ru

Телефон: +7(499)135-86-61