

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЯ И РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Y–Al–O*

А.Ю. Назаров¹, А.М. Хусаинова¹, А.А. Маслов¹, К.Н. Рамазанов¹,
М.С. Сыртанов², А.А. Николаев¹, А.А. Тулина¹, Э.Л. Варданян¹

¹Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Представлены результаты исследований покрытий системы Y–Al–O, полученные вакуумно-дуговым методом при одновременном осаждении из двух электродуговых испарителей с однокомпонентными катодами Y и Al. Были подобраны три различных режима осаждения. После осаждения покрытия образцы были отожжены в вакуумной печи при температурах 800 и 1200 °С с целью установить влияние температуры отжига на фазообразование. При всех режимах термообработки образуется фаза YAlO₃. С повышением температуры образуются более сложные соединения Y₃Al₅O₁₂ (YAG) и Y₄Al₂O₉ (YAM). Рентгеноструктурный анализ показал, что температура термообработки и режим нанесения влияют на фазовый состав покрытия, также было установлено, что после осаждения покрытие имеет аморфную структуру. Изучена структура с использованием растрового электронного микроскопа. На образцах после термообработки при температуре 1200 °С наблюдается диффузия подслоя покрытия в основу.

Ключевые слова: вакуумно-дуговое осаждение, многослойные покрытия, термобарьерные покрытия, плазменная обработка.

Введение

При создании двигателей нового поколения основной задачей является увеличение температуры газа перед турбиной, что необходимо для повышения КПД, мощности и топливной экономичности [1, 2]. Температура газа перед турбиной является одним из основных параметров напряженного состояния в деталях турбины, приводящей к разрушению в результате окисления и коррозии [3, 4]. При изготовлении деталей газотурбинных двигателей (ГТД) широко используются жаропрочные монокристаллические суперсплавы на основе никеля, рабочая температура которых на основании прочностных характеристик составляет до 1150 °С, что в результате эксплуатации при более высоких температурах приводит к уменьшению срока службы деталей в результате термоусталостных разрушений [5–7]. Поэтому на сегодняшний день широко применяют многослойные термобарьерные покрытия, особенно для защиты высоконагруженных деталей ГТД, работающих при высоких температурах газов сгорания, в агрессивных средах и при высоких механических нагрузках [8, 9]. Покрытия являются многослойными, поскольку на поверхность детали наносят жаростойкий связующий слой, обычно это составы систем MCrAlY (M = Ni, Co) и Ni(Pt)–Al [10]. Поверх жаростойкого связующего сплава наносят теплобарьерный керамический слой, который обеспечивает защиту сплава от высоких температур ≈ 1200 °С [5, 9, 11–13]. Наиболее часто используемым является покрытие на основе оксида циркония, стабилизированного иттрием. Оно обладает рядом преимуществ перед другими термобарьерными покрытиями (ТБП), имеет самый низкий из всех керамических материалов коэффициент удельной теплопроводности при повышенной температуре (≤ 2.3 Вт/(м·К) при 1000 °С), также имеет относительно высокий температурный коэффициент линейного расширения 11·10⁻⁶ К⁻¹, что способствует снижению напряжений, являющихся результатом рассогласования термического расширения между керамическим покрытием и материалом лопатки [6, 10, 12, 14–17]. Однако имеется и ряд недостатков, таких как допустимая температура эксплуатации, составляющая 1200 °С вследствие большой концентрации вакансий кислорода, которые при высоких температурах способствуют диффузии кислорода и окислению связующего покрытия на границе раздела керамика – связующее покрытие, что приводит к отколу керамики. Кроме этого, снижается его способность сопротивлению деформациям, при температуре выше 1200 °С покрытие теряет свою фазовую стабильность, что приводит к спеканию и раннему разрушению [6, 7, 11, 12, 18–20]. Поиск нового покрытия, которое придет на

* Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 22-19-20119

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>