

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЖАРСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ Y–Al–O И Ti–Al–C*

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

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

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

Описаны результаты исследований фазового состава жаростойких покрытий на основе системы Ti–Al–C и системы Y–Al–O при помощи рентгеноструктурного анализа. Покрытия были нанесены на образцы из молибдена методом катодно-дугового осаждения с двух однокомпонентных катодов из титана и алюминия в смеси ацетилена и аргона. Результаты исследования фазового состава показали, что после осаждения покрытия обеих систем имеют аморфную структуру. После термообработки в покрытии системы Ti–Al–C формируется MAX-фаза Ti₂AlC, а также интерметаллиды Ti–Al, в покрытии системы Y–Al–O формируются оксиды Y₂O₃, YAlO₃, Y₄Al₂O₉.

Ключевые слова: плазменная обработка, вакуумно-дуговое осаждение, MAX-фаза, жаростойкое покрытие, рентгеноструктурный анализ.

Введение

Современные теплозащитные покрытия для никелевых и кобальтовых сплавов представляют собой многослойную систему, состоящую из подслоя MCrAlY/Pt–Al и внешнего теплобарьерного слоя ZrO₂·Y₂O₃ (6–8 вес.%). Однако возможности этого покрытия на сегодняшний день практически исчерпаны и ограничены рабочей температурой 1200 °С, выше которой керамика быстро теряет стабильность из-за спекания, вследствие чего повышается теплопроводность покрытия [1]. Поэтому с момента исчерпания физических возможностей теплозащитной керамики YSZ (оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия 6–8 мас.%) идут поиски новых керамических соединений, способных длительное время работать при температуре выше 1200 °С на поверхности. Активно изучаются алюминаты, силикаты и цирконаты редкоземельных металлов наподобие иттрия, иттербия, лантана, гадолиния и др. С появлением и активным изучением высокотемпературных керамоматричных композитов появился новый класс покрытий – environmental barrier coatings (ЕВС), главная задача которых заключается не в снижении температуры на поверхности детали, а защита керамоматричного композита от деградации под воздействием водяных паров и расплавленных частиц песка. Однако многие ЕВС являются отличными теплоизоляторами с высокой стойкостью к окислению, поэтому они перспективны и в качестве жаростойких и термобарьерных покрытий для лопаток газотурбинных двигателей (ГТД).

Одними из перспективных для исследования являются алюминаты иттрия Y–Al–O, особенно соединение YAlO₃, обладающие относительно небольшой плотностью, умеренным коэффициентом теплового расширения и низкой теплопроводностью, причем это покрытие перспективно как в качестве теплобарьерного, так и в качестве жаростойкого. Для соединения YAlO₃ средний коэффициент термического расширения равен $(6–7) \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, модуль Юнга – 316 ГПа, плотность – $5.35 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Однако наиболее перспективное свойство YAlO₃ заключается в отсутствии фазовых превращений и связанных с этим изменений в объеме в диапазоне температур от комнатной вплоть до точки плавления при 1913 °С, что позволяет предположить отличную стабильность покрытия при термоциклировании и отсутствие напряжений и изменения объема при фазовых переходах, от чего страдают многие другие керамические системы. Помимо перовскита в системе Y–Al–O также существуют соединения Y₃Al₅O₁₂, активно применяемое в лазерах, и Y₄Al₂O₉. Работы, посвященные системе Y–Al–O, в большинстве своем затрагивают исследования при помощи математического моделирования и исследование соединений YAlO₃ и Y₃Al₅O₁₂ с точки зрения лазерных технологий. В настоящее время имеются единичные публикации о применении покрытий на основе системы Y–Al–O, полученных методами атмосферного плазменного напыления и напыления плазмотроном в вакууме [2, 3]. Тем не менее первичные результаты демонстрируют,

* 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>