

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ИСХОДНОГО ПОРОШКА ОКИСИ ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕТАЛЯХ ГТД

© 2015 А.А.Мельников, В.Ю.Христосова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Статья поступила в редакцию 06.11.2015

В данной статье исследовано влияние исходных порошков окиси циркония на структуру и свойства теплозащитного покрытия на деталях ГТД.

Ключевые слова: теплозащитное покрытие, порошок окиси циркония, структура теплозащитного покрытия.

Производство авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) представляет одну из наиболее сложных и наукоемких отраслей машиностроения. Одним из наиболее напряженных узлов современных газотурбинных двигателей является газовая турбина. В процессе эксплуатации лопаток газовых турбин существенно возрастает повреждаемость поверхностных слоев от газовой коррозии. Поэтому их защита от разрушающего воздействия газового потока является важнейшим условием обеспечения их высокой надежности. Эта задача успешно решается благодаря использованию новых, более эффективных материалов, технологий изготовления деталей и узлов, поверхностного упрочнения и нанесения покрытий [1].

К таким приоритетным технологиям, в частности, относятся технологии нанесения функциональных и защитных покрытий [2].

Стойкость защитного покрытия к воздействию высокотемпературного газового потока зависит от его структуры и наличия дефектов поверхностного слоя.

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния исходных материалов на структуру и свойства теплозащитного покрытия.

В данной работе исследовался порошок окиси циркония стабилизированный иттрием в исходном состоянии, после обработки плазмой, образцы теплозащитного покрытия, полученные из порошков разного фракционного состава.

Для исследований микроструктуры использовался металлографический микроскоп Carl Zeiss AxioImager M2m, с моторизованным устройством фокусировки. Исследование структуры строения

покрытия и элементный анализ проводились на электронном растровом сканирующем микроскопе TESCAN Vega SB, а также на CamScan CS44 Scanning Electron Microscope.

Теплозащитное покрытие состоит из двух слоев: внешнего керамического и внутреннего жаростойкого. Наиболее широкое распространение в качестве материала керамического слоя теплозащитного покрытия получил диоксид циркония стабилизированный иттрием. Его достоинством является низкая теплопроводность. В качестве подслоя для керамического покрытия используется четырехкомпонентный жаростойкий сплав системы Ni-Co-Cr-Al-Y.

Для выяснения поведения порошка под действием плазменной струи, был исследован порошок в исходном состоянии и после напыления в воду. Исследованиям подвергались образцы порошка $ZrO_2+8\%Y_2O_3$, используемого для нанесения теплозащитных покрытий.

Внешний вид исходного порошка оксида циркония представлен на рис. 1-а. Как видно, частицы исходного порошка обладают гладкой поверхностью и правильной шарообразной формой. Изредка встречаются дефектные частицы. Размер частиц колеблется в диапазоне 30 - 90 мкм.

В порошке после обработки плазмой присутствуют полые фракции и фракции с растрескавшейся внешней оболочкой. Увеличилось количество частиц неправильной формы (рис. 1-б). Это можно объяснить тем, что в процессе напыления более мелкие частицы расплавляются полностью и обволакивают более крупные не расплавившиеся до конца частицы. Также видны полуразрушенные от соударения частицы. Размер частиц колеблется в диапазоне 30-90 мкм.

Основную функциональную роль несет внешний керамический слой композиции $ZrO_2-8\%Y_2O_3$. Для выявления его структуры и свойств были проведены исследование пористости и элементный анализ.

С целью контроля химической однородности внешнего керамического слоя теплозащитного покрытия был проведен элементный анализ (рис. 2).

*Мельников Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и авиаматериаловедения. E-mail: melnikov.alex@yandex.ru.
Христосова Виктория Юрьевна, магистр 1 года инженерно-технологического факультета.
E-mail: hristosova@mail.ru*

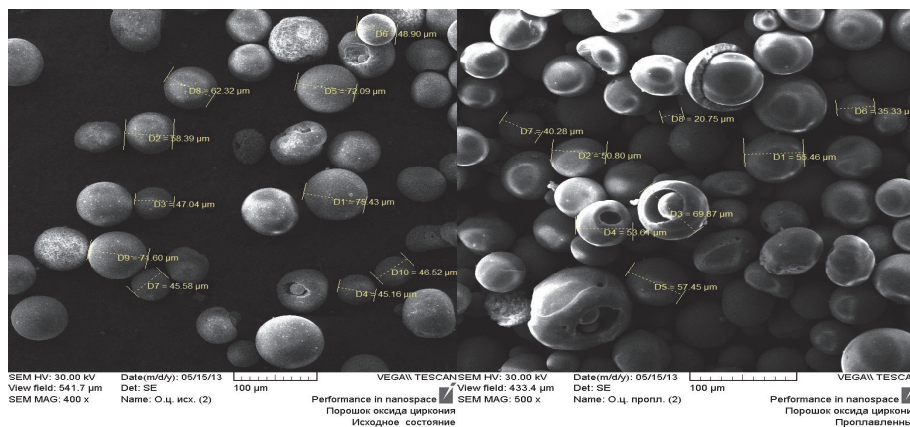


Рис. 1. Внешний вид частиц порошка $ZrO_2+8\%Y_2O_3$: а – в исходном состоянии; б – после обработки плазмой

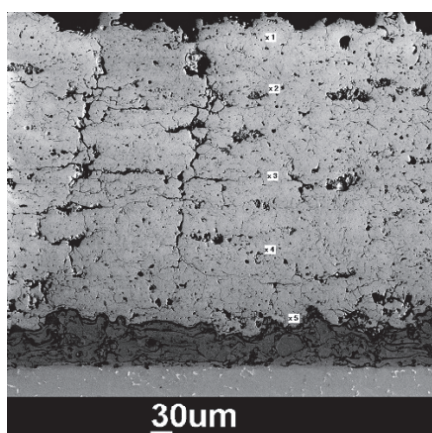


Рис. 2. Микроструктура внешнего керамического слоя теплозащитного покрытия

Таблица 1. Элементный состав по зонам внешнего керамического слоя теплозащитного покрытия

Зона	Содержание элемента, %						
	Zr	Y	Al	Cr	Co	Ni	O
x1	59,19	9,29	0	0	0	0	31,51
x2	56,42	7,93	0	0	0,1	0	35,55
x3	56,75	9,19	0	0	0,01	0,12	33,93
x4	59,57	9,12	0	0	0	0	31,31
x5	60,91	9,27	0	0,05	0,01	0,05	29,71

По результатам анализа можно сделать вывод, что покрытие химически однородно, при этом состав покрытия не отличается от состава исходного порошка.

Большинство физических, механических и эксплуатационных свойств покрытий зависит от такой важнейшей характеристики покрытий, как пористость. С увеличением пористости улучшается термостойкость, теплозащитные свойства покрытия, в частности, сопротивляемость растрескиванию, но ухудшаются коррозионные свойства, уменьшается адгезия, что приводит к снижению эрозионных свойств. Таким образом, по величине пористости косвенно можно судить о качестве покрытия [3].

Для определения пористости теплозащитного слоя был использован микроскопический (металлографический) метод.

Влияние грануляции на свойства покрытий представляет большой интерес не только из-за существенной разницы кинетического и теплового состояния частиц различных диаметров при осаждении на основу, что оказывает влияние на формирование и свойства покрытий, но и в связи с тем, что сепарация потока в плазменной струе приводит к необходимости выбора узкой фракции порошкового материала для

обеспечения однородности свойств напыленного слоя.

В связи с вышесказанным, исследование пористости проводилось на образцах покрытия, полученного из порошков разного фракционного состава. Напыляемые порошки просеивались через сита для получения фракций ≤ 40 мкм, 40-80 мкм, 80-100 мкм.

Металлографические исследования теплозащитного слоя образцов показали, что покрытие, полученное из порошка с фракцией – 40 мкм, имеет длинные сегменты расслаивания и много трещин, идущих от подслоя к поверхности теплозащитного слоя (рис. 3-а). Расслоений между подслоем и защитным слоем не наблюдается, поры мелкие равномерно распределенные.

Образец покрытия, полученного из порошка с фракцией от 40 до 80 мкм, также имеет трещины, которые по своим размерам больше, чем у предыдущего образца. Между подслоем и защитным слоем присутствуют отслаивания (рис. 3-б). Кроме мелких, наблюдаются крупные поры.

Образец покрытия, полученного из порошка с фракцией от 80 до 100 мкм, имеет множество больших и мелких пор, но при этом отсутствуют трещины и отслаивания (рис. 3-в).

Для количественного сравнения был произведен расчет пористости, представленный в табл. 2.

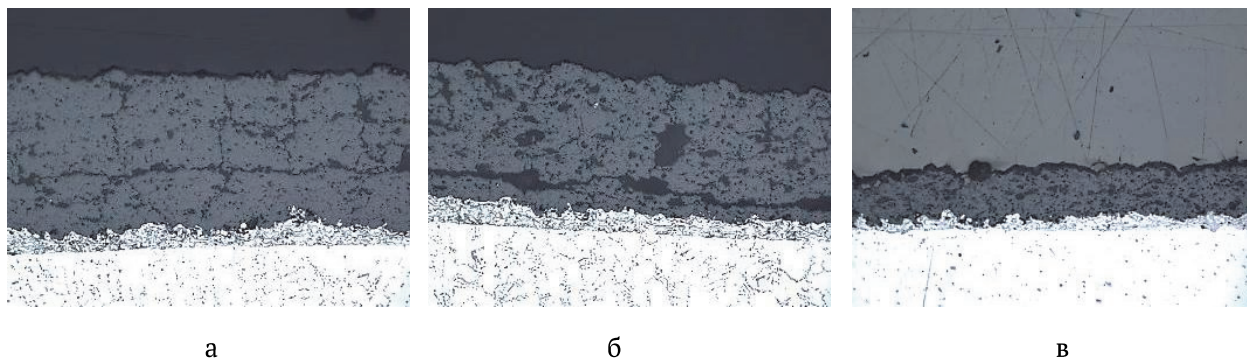


Рис. 3. Микроструктура покрытия, полученного из порошков различных фракций:
а – меньше 40 мкм; б- от 40 до 80 мкм; в – больше 80 мкм

Таблица 2. Пористость покрытия в зависимости от гранулометрического состава исходных порошков

Гранулометрический состав порошка, мкм	Пористость, %
< 40	17.3
40-80	30.5
> 80	36.7

По результатам исследований пористости керамического слоя покрытия на образцах покрытия, полученного из порошков разного фракционного состава, можно сделать вывод, что с уменьшением размеров частиц порошка меньше 40 мкм происходит уменьшение пористости покрытия и появляются трещины, что может привести к ухудшению его теплозащитных характеристик.

По результатам проведенной работы можно сказать, что покрытие, полученное из исходного порошка с размером частиц 40-80 мкм, является оптимальным.

Рациональный подбор фракционного состава используемого порошка позволяет уменьшить расход исходных материалов, обеспечить необходимый уровень пористости и отсутствие трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Елисеев Ю.С. и др.* Технология производства авиационных газотурбинных двигателей [текст]: Учебное пособие для вузов / Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, Л.А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
2. *Абраимов Н.В. и др.* Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении: Учеб. пособие для вузов / Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов. – М.: Высш. шк., 1999. – 525 с.
3. *Чичков Б.А.* Рабочие лопатки авиационных ГТД. Часть 1. Эксплуатационная повреждаемость рабочих лопаток: Учеб. пособие / Б.А. Чичков. – М.: МГТУ ГА, 72 с.

THE RESEARCH OF THE EFFECT OF THE PARTICLE SIZE OF THE ZIRCONIUM OXIDE STARTING POWDER ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE THERMAL BARRIER COATINGS ON THE DETAILS OF THE GAS TURBINE ENGINES

© 2015 A.A. Melnikov, V.Yu. Hristosova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov
(National Research University)

In this article we investigated the effect of starting powders zirconium oxide on the structure and properties of the thermal barrier coating on the details of GTE.

Keywords: thermal barrier coating, powder of zirconium oxide, structure of thermal barrier coating.

*Alexey Melnicov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Technology of Metals and Aviamaterials Department.
E-mail: melnickov.alex@yandex.ru
Viktoria Hristosova, Masters of First Year.
E-mail: hristosova@mail.ru*