

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖАРОСТОЙКИХ ГАЗОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ NiCrCoAlY/ZrO₂ ДЛЯ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тарасенко Ю.П., Царева И.Н., Бердник О.Б., Фель Я.А.

Нижегородский филиал Учреждения Российской Академии Наук
Института машиноведения им.А.А. Благоднарова РАН, г. Нижний Новгород

STRUCTURE AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF HEAT RESISTANT GAZOPLAZMENNYYH COATING NiCrCoAlY/ZrO₂ FOR TURBINE BLADES OF GAS TURBINE ENGINES

Tarasenko Y.P., Tsareva I.N., Berdnik O.B., Fel Y.A. In the results of research structure, physico-mechanical properties and heat-resistance characteristics of combined heat-resistant coatings NiCrCoAlY/ZrO₂ obtained by gas evaporation method using plasma torch Coverage introduced improved design., consisting of repair or replacement work and technology extension resource guide vanes of turbine power plants.

Введение

Жаростойкие покрытия предназначены для защиты от высокотемпературной газовой коррозии рабочей поверхности турбинных лопаток газотурбинных двигателей различного назначения. Исследованные в данной работе газоплазменные комбинированные покрытия, состоящие из жаростойкого интерметаллидного покрытия системы «NiCrCoAlY» и теплозащитного покрытия на основе диоксида циркония, используются в составе ремонтно-восстановительной технологии для продления ресурса длинноразмерных турбинных лопаток энергетических газотурбинных установок тепловых электростанций.

Результаты исследований

В данной работе для нанесения покрытий использован метод газоплазменного напыления, модифицированный за счет использования плазмотрона усовершенствованной конструкции, выполненного по линейной схеме с секционированной межэлектродной вставкой, которая служит для фиксации длины дуги между катодом и анодом. Таким образом достигается стабилизация параметров плазменной струи, увеличение напряжения дуги и повышение мощности плазмотрона. Регулируя силу тока, расход и состав плазмообразующего и защитного газов, можно изменять структуру и физико-механические характеристики покрытия.

Исследования выполнены на образцах из жаропрочного никелевого сплава ЭИ 893 с жаростойким интерметаллидным подслоем системы «NiCoCrAlY», полученным из порошковой смеси марки ПНХ20К20Ю13-1 (40/80) и термобарьерным покрытием ZrO₂, формируемым из порошка двуокиси циркония, стабилизированного окисью иттрия.

При проведении экспериментальных исследований использованы методы рентгеноструктурного и дериватографического анализов оптической и электронной металлографии, измерений плотности, пористости, твердости, испытаний жаростойкости.

В работе приведены результаты исследований структуры и физико-механических свойств покрытий системы «NiCoCrAlY/ZrO₂», полученных при варьировании технологических параметров процесса газоплазменного напыления (ток дуги, напряжение, дистанция, давление плазмообразующего газа).

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что фазовый состав порошковой смеси ПНХ20К20Ю13-1 представляет собой интерметаллидное соединение NiAl (β -фаза). Покрытие, полученное из данной порошковой смеси, в результате протекания фазового превращения вследствие высокотемпературного воздействия плазменного потока содержит

два интерметаллидных соединения: NiAl (β -фаза) и Ni₃Al (γ - фаза). Электронно-микроскопические исследования показали, что подслоя системы «NiCoCrAlY» имеет слоистую микроструктуру с вытянутой формой зерен, границы которых окаймлены оксидными фазами алюминия и хрома.

При разработке технологии напыления термобарьерного газоплазменного покрытия была выбрана порошковая смесь марки ЦрОИ-7 (40/90) по фазовому составу представляющая собой ZrO₂ с тетрагональным типом кристаллической решетки и небольшим количеством остаточной фазы моноклинного типа. Фазовый состав формируемого из данной порошковой смеси керамического покрытия представляет собой совокупность тетрагональной и кубической фаз. Установленное фазовое превращение обусловлено термическим воздействием плазменного потока. Кроме того под действием высокоэнергетической плазмы происходит оплавление граней частиц порошка и, как следствие, формирование микроструктуры поверхности покрытия ZrO₂

Установлен оптимальный режим газоплазменного напыления (ток дуги I = 190 А, напряжение 220 В, давление плазмообразующего газа (воздух) P_в=2 атм, давление транспортирующего газа (аргон) P_{Ar}=0,1 атм), обеспечивающий формирование керамического покрытия ZrO₂ с общей

пористостью П=9,5 %, плотностью $\rho = 7,1$ г/см³ и твердостью H_V= 930 кгс/мм².

По результатам высокотемпературных (при 850 °С в течение 500 часов) сравнительных испытаний наибольшее окисление материала, сопровождающееся ростом и отслоением окислов, установлено на образцах без покрытия. Нанесение интерметаллидного подслоя «NiCoCrAlY» способствует повышению жаростойкости материала поверхности с образованием стабильных окислов. Изучены закономерности протекания высокотемпературной газовой коррозии в интерметаллидном подслое по механизму фазовых превращений: NiAl ----- Ni₃Al ----- Ni-тв. раствор + (NiO+Al₂O₃). Наибольшая стабильность с точки зрения окислительных процессов установлена на образцах с комбинированным покрытием «NiCoCrAlY/ZrO₂» с сохранением микроструктуры слоев и их целостности.

Комбинированное покрытие системы «NiCrCoAlY/ZrO₂» апробировано при изготовлении новых рабочих лопаток 1 ступени ротора турбины ГТЭ-45, а также в составе ремонтно-восстановительной технологии с целью продления срока службы направляющих и рабочих лопаток 1,2,3 ступеней ротора турбины ГТЭ-35 и ГТЭ-45. В настоящее время лопатки с разработанными покрытиями находятся в эксплуатации.

УДК 621

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛОПАТОК ИЗ СПЛАВА ЭИ893 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПРОДЛЕНИЯ ИХ РЕСУРСА

Тарасенко Ю.П., Бердник О.Б., Царева И.Н.

Нижегородский филиал Учреждения РАН
Института машиноведения имени А.А. Благодного, г. Нижний Новгород

OPTIMIZATION MODES REPLACEMENT HEAT TREATMENT ALLOY BLADES OF ЭИ893 AFTER LONG OPERATION IN ORDER TO PROLONG THEIR RESOURCE
Tarasenko Y.P., Berdnik O.B., Tsareva I.N. To work was to examine material working conditions postekspluatacionnogo blades of gas turbine engines After a long service life and determining their maintainability. Looking for studies of chemical composition, microstructure, phase, physical and mechanical properties of heat-resistant nickel alloy. High-temperature treatment regimes were developed alloy (ЭИ893) to save articles.