

НОВЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВЫХ ТУРБИН ПОКРЫТИЯМИ ОТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Христосова В.Ю., Романов А.А., Живушкин А.А., Тихомирова Е.А.
АО «ОДК-Климов», г. Санкт-Петербург, hristosova@mail.ru

Ключевые слова: покрытия, жаропрочные никелевые сплавы, термоусталость.

В авиационном двигателестроении широко известны способы защиты рабочих лопаток турбин с помощью нанесения на профильную часть рабочих лопаток или сопловых аппаратов покрытий, обладающих высокой жаростойкостью, термической стабильностью и необходимым комплексом физико-химических свойств в контакте с жаропрочными сплавами на никелевой основе. Покрытия применяются как в однослойном варианте с использованием для их осаждения сплавов, содержащих различные легирующие добавки, так и в виде двухслойной композиции с внешним слоем на основе алюминидов никеля.

Новые технологические приемы отличаются тем, что предложены способы защиты лопаток газовых турбин или сопловых аппаратов из жаропрочных литейных никелевых сплавов, включающие последовательное плазменное напыление наружной поверхности детали жаро- и коррозионностойкими никелевыми (кобальтовыми) покрытиями с последующим осаждением материала на основе алюминия шликерным, порошковым диффузионным или ионно-плазменным способом со степенью насыщения 15 - 60 г/м² и вакуумный отжиг. Высокотемпературная вакуумная термическая обработка проводится с целью формирования плотного защитного двухслойного жаро- и коррозионностойкого покрытия для защиты от высокотемпературного окисления и газовой коррозии поверхности лопаток турбин или сопловых аппаратов из никелевых жаропрочных сплавов.

Предложенные способы защиты, в отличие от аналогов, позволяют повысить ресурс работы лопаток в условиях интенсивных теплосмен и термостойкость композиции сплав-покрытие в целом.

В качестве примеров в работе показаны варианты защиты сплавов ЖС6К и ЖС26 комплексными покрытиями, соответственно, ВКНА+ВСДП-11 и ПНХ20К20Ю13 + ВСДП-11, где для напыления основного слоя покрытия использовался плазменный способ на промышленной установке Sulzer Metco, а для напыления дополнительного слоя использовался ионно-плазменный способ, реализуемый на установке МАП-1М.

Для формирования двухслойного алюминидного покрытия с внешним наружным слоем применялся вакуумный отжиг.

Образование в конечном итоге двухслойного алюминидного покрытия с внешним наружным слоем позволяет увеличить жаростойкость, коррозионную стойкость и термическую циклическую долговечность от действия теплосмен комбинированного покрытия в целом при сохранении жаропрочности защищаемого материала.

Для оценки уровня свойств образцов с покрытием было выбрано два вида испытаний - длительная прочность и термоциклирование. Испытания на длительную прочность проводились на стандартных образцах с покрытием и без него до разрушения.

Для оценки термической усталости была разработана специальная форма конструктивно-подобного образца, которая была апробирована на образцах сплавов с разными покрытиями и без них. Метод заключается в осуществлении циклических возвратно-поступательных движений образцов в термическую печь с заданной температурой термоцикла 950↔20°С. Дополнительно для подтверждения начала образования микротрещин проводился капиллярный, фрактографический и металлографический контроль.

Помимо испытаний на жаропрочность и термостойкость оценивалась жаростойкость и коррозионная стойкость. Жаростойкость деталей с покрытием на примере соплового аппарата ТНД из сплава ЖС6К с покрытием ВКНА + алитирование оценивалась на огневом стенде при фиксированной температуре 1100°С; при этом допускались кратковременные инерционные

забросы температур до 1200°C, контроль температур пирометрический. Визуально и металлографическими методами было исследовано состояние покрытия в поле пятна нагрева. Коррозионная стойкость жаро-коррозионностойкого покрытия оценивалась на образцах под слоем синтетической золы газотурбинного топлива толщиной 10-15 мг/см² и на газодинамическом стенде при солевой нагрузке 0,2 г/м²·час и температуре 740°C.

Испытаниями и исследованиями установлено, что в отличие от аналогов разработанные покрытия обладают следующими преимуществами:

- покрытия обладают высокими жаростойкими и жаро-коррозионно-защитными свойствами в агрессивной среде;
- позволяют жаропрочному сплаву более длительное время сохранять свой элементный и фазовый состав, а значит и жаропрочные свойства в целом;
- адгезионный (основной) слой покрытия сохранен, плотный, без признаков расслоения и интенсивного окисления, что способствует повышению защитных свойств в целом и не требуется сложной поверхностной технологической обработки для выравнивания остаточных напряжений;
- при удовлетворительной в соответствии с НД длительной прочности, существенно повышается термостойкость образцов с покрытиями за счет «срабатывания» дополнительного наружного слоя без видимых микротрещин основного металла по границе сплав-покрытие;
- технологические способы нанесения покрытий экономичны и доступны в части оборудования и материалов, и могут применяться как для основного производства, так и для ремонта.

Список литературы

1. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. – ОАО – Авиадвигатель. Пермь, 2006. – 398 с.
2. Абраимов Н.В., Елисеев Ю.С. Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 622 с.
3. Будиновский С.А. Многослойные жаростойкие покрытия для лопаток ГТД из жаропрочных литейных никелевых сплавов на рабочие температуры до 1200°C и ионно-плазменные технологии и оборудование для их нанесения и ремонта: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2011.

Сведения об авторах

Христосова В.Ю., ведущий инженер – руководитель группы. Область научных интересов: материаловедение, защитные покрытия, жаропрочные никелевые сплавы.

Романов А.А., начальник участка. Область научных интересов: металлургия и технологии металлообработки.

Живушкин А.А., ведущий специалист-руководитель группы. Область научных интересов: материаловедение, защитные покрытия и никелевые суперсплавы.

Тихомирова Е.А., к.т.н., начальник лаборатории. Область научных интересов: материаловедение, испытание механических свойств и на термоусталость.

NEW WAYS TO PROTECT GAS TURBINE PARTS WITH COATINGS FROM HIGH-TEMPERATURE OXIDATION

Hristosova V. Yu., Romanov A. A., Givyskin A.A., Tikhomirova E.A.
JSC “UEC-Klimov”, St. Petersburg, hristosova@mail.ru

Keywords: coatings, nickel superalloy, thermal fatigue.

Protection's methods of gas turbine parts made of cast nickel superalloys are proposed, including sequential plasma spraying on the part's outer surface with heat-resistant and corrosion-resistant nickel (cobalt) coatings, followed by deposition of an aluminum-based material by slip, powder diffusion or ion-plasma methods.