

термостабилизаторов. Использование указанных мер позволяет снизить величину порогового сигнала при использовании полупроводниковых лазеров до 5%.

Проведены экспериментальные исследования по определению отражательных характеристик поверхностного слоя в зависимости от материала, вида его обработки, температуры поверхностного слоя с учетом пространственно-временных характеристик зондирующего излучения

Физическое моделирование процессов обнаружения и распознавания при дистанционном зондировании осуществлялось на стенде лазерной локации с помощью фотометрических моделей. Испытательный стенд обеспечивает идентичность углов облучения и приема по сравнению с реальной измерительной системой. Используемые фотометрические модели цели должны подробно воспроизводить в масштабе копии объект локации и имитировать характеристики рассеяния его покрытий

Изображения моделей КА при подсветке зондирующим лазерным импульсом и имитаторов солнца регистрировались с помощью телекамеры WAT-231S. Для анализа полученных изображений был применен стандартный пакет программ *MATLAB 7.5* (пакет *Image Processing Toolbox*). По результатам анализа гистограмм распределения интенсивности в

изображениях рассчитывалась величина контрастности изображения по зависимости: Полученные зависимости показывают, что с ростом угла падения излучения в диапазоне 30...45 при скважности, равной 6, контрастность возрастает в 1,5 раза, а при скважности, равной 2 – в 2 раза. С ростом длины волны с 0,56 мкм до 0,63 мкм сначала происходит снижение контрастности на 10...15%, а затем ее рост на 15...20%.

С использованием разработанного стенда лазерной локации получены зависимости контрастности изображения от длины волны, угла падения излучения и скважности импульсов. Показано, что с ростом длины волны в диапазоне 0,56...1,06 мкм и угла падения излучения в диапазоне 30...45° контрастность изображений возрастает. С увеличением скважности импульсов с 2 до 6 контрастность изображений снижается. Коэффициент правдоподобия обнаружения объекта зависит от его конструкции при неизменном составе группы материалов внешней компоновки.

Библиографический список

1. Сазонникова, Н.А., Исследование переотражения излучения в элементах поверхности [Текст] / Н.А. Сазонникова // Компьютерная оптика, М.: МЦНТИ, 2002, выпуск 22, С..23-28.

УДК 621.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК ГТД ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ, ОТРАБОТАВШИХ НАЗНАЧЕННЫЙ РЕСУРС

Тарасенко Ю.П., Царева И.Н., Кривина Л.А.

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

RESEARCH OF THE POSTOPERATIONAL CONDITION OF THE RESTORED COMPRESSOR SHOVELS OF GTD GAS-TRANSFER OF THE UNITS WHICH HAVE FULFILLED THE APPOINTED RESOURCE

Tarasenko Y.P., Tsareva I.N., Krivina L.A. In work results of researches of a condition of compressor shovels gas turbine engines gas-transfer the units which have fulfilled the appointed

resource (~ 50 000 hours) after carrying out of repair-regenerative processing with application of ionic-plasma coverings of nitride of the titan are resulted.

Для повышения надежности и ресурса компрессорных лопаток весьма перспективными являются полифункциональные ионно-плазменные покрытия нитрида титана, которые могут быть использованы в составе ремонтно-восстановительных и упрочняющих технологий.

Результаты исследований

С целью разработки восстановительно-упрочняющей технологии для компрессорных лопаток газотурбинных двигателей были проведены комплексные исследования постэксплуатационного состояния материала (ст.12X13, 20X13) рабочих лопаток осевого компрессора газотурбинных двигателей импортных газоперекачивающих агрегатов ГТК-25И, ГТК-10И (производства компании «Nuovo Ripone») с разной фактической наработкой (58 000, 60 000, 80 000, 110 000 часов).

Проведены исследования структуры и физико-механических свойств материала рабочих лопаток разных ступеней с увеличением наработки. Особое внимание было уделено лопаткам 5 ступени, испытывающим наибольшие удельные рабочие нагрузки. Установлено, что в процессе эксплуатации фазовый состав стали не меняется и представляет собой сорбитообразный перлит. Однако, обнаружены изменения в микроструктуре, проявляющиеся в коагуляции карбидной фазы, и наличии микропористости, характерной для первой стадии накопления повреждений при развитии усталостных процессов.

Установлено, что после эксплуатации в течение 58000-60000 часов материал лопаток находится в стадии деформационного упрочнения, когда происходит перестройка дислокационной структуры, сопровождающаяся укрупнением субзеренных блоков, возрастанием величины микродеформаций, увеличением (на порядок) плотности дислокаций в субзернах α -Fe, повышением микротвердости поверхности (до 35 %) и предела текучести (на 20 %) перовой части лопаток. При увеличении наработки (до

80000-110 000 часов) в результате протекания процессов пластической деформации происходит размельчение субзеренных блоков феррита, релаксация микронапряжений, и как следствие, снижение предела микропластичности.

На основании результатов анализа постэксплуатационного состояния была разработана ремонтно-восстановительная технология для компрессорных лопаток газотурбинных двигателей, включающая комплекс технологических операций: электролитноимпульсную обработку, механическую обработку, восстановительную термообработку, нанесение ионно-плазменного полифункционального покрытия на основе нитрида титана (методом КИБ).

С целью оптимизации режима напыления покрытий исследованы структура, физико-механические свойства TiN, полученных в широком интервале технологических параметров (парциальное давление реакционного газа, ток дуги, опорное напряжение). Разработаны наноструктурированные покрытия TiN с кубической кристаллической решеткой, размером субзерна $D \sim 30$ нм, обладающие оптимальным сочетанием микротвердости (~ 1500 кгс/мм²) и коэффициента пластичности ($\delta_H = 0,8$).

В результате применения восстановительной ионно-плазменной технологии на лопатках, отработавших назначенный ресурс, достигнуто: повышение микротвердости рабочей поверхности в 5-7 раз, улучшение антикоррозионных свойств по показателю питтингостойкости в 3-5 раз, восстановление упруго-пластических свойств материала на 90 %, повышение эрозионной стойкости рабочей поверхности на 25 %, восстановление предела выносливости и продление общего срока службы компрессорных лопаток в 1,8-2 раза.

Разработанная технология через ООО НПЦ «Трибоника» была внедрена на предприятиях ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород» и ООО «Севергазпром» ОАО «Газпром» для продления срока службы рабочих и направляющих лопаток

осевого компрессора газотурбинных двигателей ГТК-25И, ГТК-10И. По данной технологии было восстановлено и поставлено в эксплуатацию 32 комплекта компрессорных лопаток, которые в настоящее время отработали второй назначенный ресурс.

В данной работе проведены исследования постэксплуатационного состояния покрытия нитрида титана и материала компрессорных лопаток, отработавших после восстановления второй назначенный ресурс (~50 000 часов) в реальных условиях эксплуатации на газоперекачивающей станции ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород». Визуальным осмотром установлено, что покрытие сохранило свою целостность на всех ступенях ротора компрессора (с 0-вой по 15-ю ступень). Не обнаружено отслоений, сколов и износа покрытия TiN в то время, как до ремонта исходное

гальваническое никелевое покрытие сохранялось после такой же фактической наработки только на 10-20 % площади лопаток. Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что основной фазой в покрытии является δ -TiN (К). На лопатках 9-12 ступеней, подверженных наибольшему термическому воздействию обнаружено окисление нитридного покрытия. Методом физического моделирования показано, что температура на этих ступенях достигала 450°C.

Внедрение комплексной ремонтно-восстановительной технологии с применением ионно-плазменных покрытий TiN подтвердило эффективность ее применения для повышения надежности и ресурса как новых компрессорных лопаток газотурбинных двигателей, так и отработавших назначенный ресурс.

УДК 622.691

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ОЧИСТКИ И ОСУШЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Тонконог В.Г.¹, Арсланова С.Н.¹ Серазетдинов Ф.Ш.², Мифтахова А.Р.²

¹Казанский государственный технический университет имени А.Н.Туполева

²ООО НПП «Авиагаз- Союз+», г. Казань

PIPELINED GAS TREATMENT: DRAINAGE AND PURIFICATION FACILITY DESIGN

Tonkonog V.G., Arslanova S.N. Serazetdinov F. S., Miftakhova A. R. The paper summarises methods for purification and drainage of pipelined natural gas. Special tools are designed to influence gas flood resulting in its purification and drainage. These tools are tested in real conditions and proved to be highly effective.

Природный газ, транспортируемый по магистральным трубопроводам, содержит примеси, которые в общем случае представлены твердыми частицами, сконденсированной фракцией различных углеводородов и водой в жидкой и паровой фазах. Твердые частицы представляют собой смесь различных веществ (песок, глина, щебень), попавших в газопровод при его эксплуатации. Сконденсированные углеводороды и влага поступают в трубопровод в процессе добычи и вследствие широко применяемых технологий подземного хранения газа.

Примеси, содержащиеся в газе, транспортируемом по трубопроводам, существенно ухудшают его потребительские качества, снижают ресурс работы регулирующих устройств и могут приводить к отказам в работе энергооборудования и аварийным ситуациям.

С целью улучшения потребительских характеристик природного газа, повышения надежности работы энергооборудования и предотвращения аварийных ситуаций необходимо проводить очистку и осушение природного газа. Такая задача является