

Создание новых высокотехнологичных способов защиты элементов турбоустановок, эксплуатирующихся при совокупном воздействии газоабразивного потока и высоких температур

Работа проведена в 2015 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 г.г.» в период с 01 января 2015г. по 30 июня 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0011 от 17 июня.2014г. (Этап 2)

Научный руководитель проекта: ст.научн.сотр. НЦ «Износостойкость», к.т.н. А.Ф. Медников

Ответственный исполнитель: инженер НЦ «Износостойкость» А.Б. Тхабисимов

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Создание новых высокотехнологичных способов защиты элементов турбоустановок, эксплуатирующихся при совокупном воздействии газоабразивного потока и высоких температур.

2. Основные результаты ПНИ

В ходе выполнения ПНИ в 2015 году в рамках 2 этапа установлены основные параметры кинетики процесса абразивного износа, при которых наблюдается максимальный износ для каждой лопаточной стали: скорость газоабразивного потока частиц – 170 м/с; угол соударения газоабразивного потока частиц с поверхностью образца – 30°; температура поверхности образца – 550 °С. При проведении исследований при данных параметрах получено, что покрытие на основе Cr-CrC увеличивает стойкость к абразивному износу стали 20X13 в 3,7 раза, стали 15X11МФ в 4 раза. Проведенные исследования динамики разрушения поверхности образцов показали, что травмированность поверхности образцов проявляется наличием резких пиков и впадин. Высота выступов профиля R_p и глубина впадин профиля R_v в течение всего времени экспонирования у образцов без покрытий в 1,5-3,5 раза больше, чем у образцов с покрытиями. На начальном этапе процесса абразивного износа происходит процесс упрочнения приповерхностного слоя основного материала под покрытием с последующим накоплением и развитием трещин в приповерхностном слое. Наличие продольных трещин вдоль слоев у многослойных покрытий, показавших лучшие результаты по абразивной стойкости, свидетельствуют о постепенном процессе разрушения покрытия слой за слоем. В свою очередь разрушение покрытий, показавших стойкость близкую к стойкости материала подложки, происходит поперек слоев с постепенным разрушением покрытия целиком. Существующая разница в динамике разрушения поверхности образцов без покрытия и образцов с покрытиями (начало возникновения, размер и глубина «абразивного» следа) наглядно демонстрируется на полученных 3-D картах и профилограммах их поверхностей (лучшие типы покрытий продлевают время до наступления разрушения поверхности и появления четкого «абразивного» следа на обеих подложках). Изменение микротвердости поверхности всех исследуемых образцов носит циклический и периодический характер. В центральной области «абразивного следа» на начальном этапе воздействия газоабразивного потока происходит увеличение микротвердости поверхности образцов, как с покрытиями, так и без покрытий. Дальнейшее воздействие приводит к снижению микротвердости. Затем вновь наблюдается рост микротвердости поверхности. В периферийных областях «абразивного следа» также происходит увеличение микротвердости поверхности, но при увеличении времени экспонирования. В течение процесса абразивного износа поверхность образцов из сталей 20X13 и 15X11МФ с покрытиями и без покрытий упрочняется и разупрочняется с определенной закономерностью, связанной с удалением разупрочненного слоя и последующего упрочнения низлежащего слоя. Покрытия на стали 15X11МФ по сравнению с покрытиями на стали 20X13 имеют лучшие характеристики с точки зрения стойкости к царапанию при скрэтч-тестировании. В области «абразивного следа» в приповерхностном слое зафиксирован тонкий модифицированный слой с более мелким зерном, возникающий в приповерхностном слое всех исследуемых образцов.

Толщина модифицированного приповерхностного слоя у образцов с покрытиями с увеличением времени экспонирования растет и достигает значения $15\div 20$ мкм, как и у образцов без покрытия. Лучшие результаты по относительной стойкости к абразивному износу (увеличение в 6-7 раз) при увеличении толщины покрытий показали покрытия на основе Cr-CrC и TiAl-TiAlN. Покрытие на основе Cr-CrC толщиной 11 мкм будет сформировано в качестве экспериментального образца защитного покрытия на лопатке турбины (компрессора).

За счет софинансирования из внебюджетных источников:

- выполнены работы по обоснованию и выбору лабораторного оборудования, используемого для проведения исследований абразивной стойкости образцов из лопаточных сталей 20Х13, 15Х11МФ без покрытий и с защитными покрытиями;
- выполнены работы по обоснованию и выбору расходных материалов и их приобретению для системы пробоподготовки.

Промежуточные результаты II этапа были представлены на 21 ежегодной МНТК «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА», 26-27 февраля, 2015 года в «НИУ «МЭИ», Москва.

Созданы два технических решения (поданы две патентные заявки), направленные на повышение качества защитных покрытий, в том числе абразивостойких, элементов турбоустановок (например, лопаток турбин или компрессоров), подвергающихся совокупному воздействию газоабразивного потока и высоких температур. Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Проверка на патентную чистоту показала, что патентов, нарушающих права авторов данных технических решений, не выявлено.

Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

3. Область применения результатов ПНИ

Область использования результатов ПНИ – теплоэнергетика и топливно-энергетический комплекс. Практические результаты выполненных исследований найдут широкое применение в тепловой и атомной энергетике, газовой промышленности и др.

4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту.

Результаты, полученные на втором этапе выполнения Соглашения, дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи и результаты ПНИ найдут широкое применение в промышленности.