

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

Работа проведена в 2014 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 г.г.»

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0011 от 17.06.2014г. (Этап 1).

Научный руководитель проекта: вед.инженер 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 ПНИР

В 2014 году в рамках 1 этапа:

Проведен аналитический обзор современной научно-технической проблемы абразивного износа элементов турбомашин. Выявлено, что основополагающими факторами, влияющими на интенсивность абразивного износа лопаточного аппарата, являются: размер и твердость абразивных частиц, их скорость и угол соударения с рабочими поверхностями, а также температура газоабразивного потока.

Показано, что одним из эффективных способов защиты рабочей части лопаток от абразивного износа является формирование на их поверхности 2D нанокompозитных покрытий методом вакуумного ионно-плазменного напыления. Выявлено, что для создания новых типов покрытий перспективно применение следующих материалов: титана, алюминия, хрома, никеля, молибдена и др., а также их соединений с азотом и углеродом. На основании проведенного анализа выбраны составы формируемых защитных покрытий на основе титан-алюминиевого сплава TiAl, хрома Cr, никель-хромового сплава NiCr и их соединений с азотом и углеродом.

Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Показано, что подавляющее число выявленных изобретений направлено на упрочнение поверхностных слоёв элементов оборудования и создание износостойких покрытий. Столь высокий интерес со стороны изобретателей из различных стран мира (и, соответственно, потребителей) к созданию разработок в рамках данного технического направления совершенствования объекта прикладного научного исследования означает, что это направление является крайне перспективным.

Изготовлены образцы из лопаточных сталей 20X13 и 15X11МФ. С использованием современного лабораторного оборудования на изготовленных образцах из лопаточных сталей 20X13 и 15X11МФ сформированы три типа защитных покрытий: покрытие № 1 на основе TiAl-TiAlN; покрытие № 2 на основе Cr-CrC; покрытие № 3 на основе NiCr/Cr-NiCrC/CrC.

Проведены комплексные исследования сформированных на образцах из лопаточных сталей 20X13 и 15X11МФ трех типов защитных покрытий. Проведенные комплексные исследования показали, что сформированные на образцах из лопаточных сталей 20X13 и 15X11МФ защитные покрытия являются многослойными, общая толщина покрытий составляет от 6,8 до 11,8 мкм. Микротвердость покрытий ($H_{0,05}$) составляет от 1100 до 1400 HV. Для рассмотренных покрытий характерно наличие столбчатой и зеренной структуры, в сочетании со слоистой структурой. Размер зерен покрытий находится в пределах от 20 до 100 нм. Выявлено, что формирование покрытий не приводит к увеличению шероховатости поверхности образцов. Определено, что рассмотренные типы защитных покрытий не изменяют трибологические характеристики

образцов относительно исходных материалов и разрушение покрытий происходит без отслоения покрытия. Показано, что сформированные покрытия обладают стойкостью к ударно-динамическим воздействиям сравнимой и превышающей стойкость лопаточных сталей.

Разработана методика исследований абразивной стойкости при высоких температурах (до 550° С) образцов из лопаточных сталей 20Х13 и 15Х11МФ без покрытий и с защитными покрытиями, которая включает в себя исследования влияния параметров абразивных испытаний на кинетику процесса абразивного износа, динамики разрушения поверхности образцов, взаимосвязи толщины и состава защитных покрытий и их абразивной стойкости.

Полученные новые составы защитных покрытий, обладающие уникальными свойствами и разработанная методика исследований абразивной стойкости при высоких температурах (до 550 °С) соответствуют лучшим мировым образцам подобных разработок.

3. Область применения результатов ПНИР

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