

УДК 621.793.74

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯНаталья Сергеевна Наумова⁽¹⁾, Денис Александрович Александров⁽²⁾*Студент 5 курса⁽¹⁾,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**ведущий инженер ВГУП ВИАМ⁽²⁾**Научный руководитель: К.О. Базалева,**кандидат наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

В данной работе объектом исследования являются износостойкие покрытия. Данные покрытия находят свое применения в различных областях машиностроения и используются в различных парах трения и в режущем инструменте. Температурный диапазон работы таких покрытий в зависимости от задачи составляет от 200 до 800 °С. Одной из областей применения таких износостойких покрытий является авиационное двигателестроение. Газотурбинный двигатель (ГТД) имеет большое количество деталей, в том числе и пары трения, одни из которых являются щеточными или пальчиковыми уплотнениями.

Щеточные (или пальчиковые) уплотнения применяются для снижения утечки охлаждающего воздуха в турбине. Ликвидация непроездных утечек газа и охлаждающего воздуха представляет собой одну из наиболее важных и наиболее значительных по получаемому эффекту задач при проектировании турбины. Работа уплотнений происходит в контакте с титановыми и никелевыми роторами, разделяющими полости газоздушного тракта турбины и компрессора ГТД, приводя к износу роторов и увеличению зазора между ротором (валом) и уплотнительными элементами, что снижает эффективность работы уплотнительного соединения и приводит к потерям охлаждающего воздуха.

Была предпринята попытка подобрать покрытия оптимального состава для никелевого ЭП742 (Ni-14%Cr-10%Co-5%Mo-2%Nb-2.6%Al-2.6%Ti-0.08%C) и титанового ВТ8 (Ti-6.3%Al-3.3%Mo-0.3%Si-0.3%Fe-0.15%Zr-0.1%C)

На исследуемые были образцы нанесены системы износостойких высокотемпературных покрытий для никелевого ЭП742 и титанового ВТ8 сплавов: TiNC, TiN (по различным технологиям), СДП-2 (Cr-20%, Al-12%, Y-0,5%), ВЖЛ-2 (Ni, Cr, W, Mo, Ti, Al), (ВЖЛ-2)С, CrC+Cr. Нанесение покрытий на образцы, после предварительной подготовки поверхности, проводилось на ионно-плазменной установке МАП-3, в процессе нанесения были заданы параметры тока дуги, напряжения смещения на деталях, время осаждения и давление в камере при нанесении покрытия с реакционным газом.

Испытания покрытий на износ проводились при температуре 20°С и 450°С согласно ASTM G 99-05 на трибометре UMT-3 фирмы CETR (США). Результаты испытаний на износ приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1. Результаты испытаний на износ образцов титанового сплава ВТ8 с износостойкими покрытиями

Основа + покрытие	Тип обработки поверхности	Линейный износ, мкм (при 20° С /450 ° С)	Износостойкость покрытия относительно основы, раз
ВТ8, без покрытия	шлифовка	10/17	-
ВТ8+TiN-Ti-TiN	шлифовка	1/1	10/17
ВТ8+ВЖЛ-2*	шлифовка	8/10	1,25/1,7

Основа + покрытие	Тип обработки поверхности	Линейный износ, мкм (при 20° С /450 ° С)	Износостойкость покрытия относительно основы, раз
BT8+TiNC	шлифовка	1/0,8	10/21,25
BT8+TiN	шлифовка	0,5/0,8	20/21,25

*-ВЖЛ-2(Ni, Cr, W, Mo, Ti, Al)

Таблица 2. Результаты испытаний на износ образцов никелевого сплава ЭП742 с износостойкими покрытиями

Основа + покрытие	Тип обработки поверхности	Линейный износ, мкм (при 20° С /450 ° С)	Износостойкость покрытия относительно основы, раз
ЭП742, без покрытия	шлифовка	15/15	-
Cr ₃ C ₂ -Cr	шлифовка	2/5	7,5/3
ВЖЛ-2	шлифовка	7/8	2,1/1,8
(ВЖЛ-2)С	шлифовка	1,5/1,5	10/10
СДП-2**	шлифовка	3/12	5/1,25
TiAlN	шлифовка	9/10	1,6/1,5

**- СДП-2 (Cr-20%, Al-12%, Y-0,5%)

Металлографические исследования, проведенные на микроскопе GX 500 фирмы Olympus при увеличениях 500 и 1000 крат, показали, что толщина нанесенных покрытий составляет от 9 до 22 мкм. Толщины износостойких покрытий приведены в таблице 3.

Таблица 3. Толщины износостойких покрытий

Основа+покрытие	мкм
BT8+TiNC	11
BT8+ВЖЛ-2	17
BT8+TiN	9
ЭП742+ ВЖЛ-2	22
ЭП742+ TiAlN	3

Результаты испытаний на износ при 450 °С показывают, что наиболее износостойкими покрытиями на сплаве BT8 являются системы на основе титана: TiN+Ti+TiN, TiN, TiNC, повышающие износостойкость сплава BT8 в 17-21 раз. На образцах из сплава ЭП742 с покрытием (ВЖЛ-2)С достигнуто повышение износостойкости в 10 раз.

Также установлено, что на износостойкость системы «основа-покрытие» в большей степени влияет состав покрытия, и в меньшей его толщина.

Литература

1. Каблов Е. Н., Мубояджян С. А., Будиновский С.А., Помелов Я. А. Ионно-плазменные защитные покрытия для лопаток газотурбинных двигателей, 1999 г. Конверсия в машиностроении 2, стр. 42-47.
2. Панфилов Ю.В., Беликов А.И., Гладышев И.В, Каменева А.Л., Демин Д.Ю., Кирюханцев-Корнеев Ф.В., Трофимова Л.А., Оборин А.П., Трофимов Е.М., Ужегов П.А. Наноструктурированные износостойкие многокомпонентные тонкопленочные покрытия, 2005, Упрочняющие технологии и покрытия, №4, с.30-34.
3. T.S. Li, H. Li, F.Pan. Microstructure And Nanoindentation Hardness Of Ti/Tin Multilayered Films // Surface Coating and Technology, 137 (2001), pp. 225-229.
4. Мигранов М. Ш. Триботехнические характеристики инструментов с износостойкими покрытиями. // Уфимский государственный авиационный технический университет// 2011-стр. 93-97.

5. Каблов Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей: сплавы, технологии, покрытия. 2-е изд. – М.:Наука, 2006.-632 с.
6. Углов В.В., Приходько Ж.Л., Ходасевич В.В., Приходько И.И., Эйзнер А.Б. Влияние состава на механические свойства покрытий, сформированных методом конденсации с ионной бомбардировкой, 2003, Физика и химия обработки материалов, №5, с.48-52