

Фотоэлектроника: элементная база и технологии

УДК 621.37/39-181.4

Исследование антифрикционных упрочняющих покрытий для применения в парах трения микрокриогенных систем

А. И. Еремчук, А. В. Самвелов, Д. А. Широков

Рассмотрены методы упрочняющих антифрикционных покрытий, способы их формирования применительно к деталям трения микрокриогенных систем Стирлинга.

PACS: 85.60.Gz

Ключевые слова: микрокриогенная система, антифрикционное покрытие, исследование.

Введение

Детали с покрытием нашли самое широкое применение в машиностроении и механических производствах и решили гамму технологических задач по повышению износостойкости и надежности деталей [1—4].

Несмотря на существенное улучшение эксплуатационных свойств детали с покрытием, впрочем, как и без него, до настоящего времени остаются слабым звеном конструкции изделий. Это предопределяет целесообразность дальнейших разработок по совершенствованию методологии проектирования деталей с покрытием, поиску новых составов, структуры, архитектуры и свойств покрытий, совершенствованию методов и процессов их получения.

В мировой практике производства деталей с твердым и износостойким покрытием наиболее широкое применение получили процессы химического (ХОП-CVD) и физического (ФОП-PVD) осаждения покрытий. Процессы ФОП-PVD наиболее адаптивны для реализации новейших принципов формирования покрытий различного функционального назначения.

Среди существующих принципов создания функциональных покрытий различного назначения наиболее перспективной является концепция

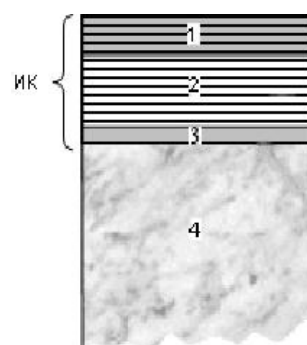
многослойной архитектуры покрытий, так как подобные покрытия способны удовлетворять целой гамме зачастую противоречивых требований. В частности, при использовании данной концепции можно создать конструкцию покрытия, состоящую из отдельных слоев различного функционального назначения, обеспечивающих максимальное снижение интенсивности изнашивания деталей в различных условиях применения.

В статье рассмотрены тенденции совершенствования и новейшие достижения в разработке покрытий деталей, а также методология создания функциональных покрытий на основе многослойной архитектуры при использовании модифицированных процессов вакуумно-дугового синтеза.

Объект и цель исследований

Рассмотрим особенности создания покрытия детали пары трения (поршня) микрокриогенной системы интегрального исполнения ротационного типа привода.

Покрытие, показанное на рисунке, состоит из износостойкого слоя 1, барьерного слоя 2, адгезионного подслоя 3, субстрата (материала детали) 4 и износостойкого слоя (ИС).



Систематизация общих требований к покрытиям, исходя из его двойственной природы

Еремчук Анатолий Иванович, главный технолог — начальник производства.

Самвелов Андрей Витальевич, начальник НТЦ-МКС.

Широков Денис Анатольевич, инженер-конструктор 1-й категории. ФГУП «НПО "Орион"», ГНЦ РФ.

Россия, 111402, Москва, ул. Косинская, 9.

Тел. (499) 374-94-00. E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 22 мая 2011 г.

© Еремчук А. И., Самвелов А. В., Широков Д. А., 2012

Цель исследования — подбор типа покрытия и методология его нанесения на деталь пары трения.

Принцип исследования типов покрытий детали пары трения состоит в подборе типа покрытия, его анализе, изучении взаимодействия с ответной деталью, оптимизации свойств покрытия в целях повышения износостойкости покрытия, его противoadгезионных свойств по отношению к ответной детали, межслойной адгезии покрытия детали и повышении антифрикционных свойств покрытия.

Методика исследований подразумевает выбор и анализ типа конкретного покрытия нанометрической толщины (общая толщина слоев заведомо меньше 100 мкм).

Состав покрытия должен соответствовать условиям максимально возможного снижения вероятности адгезии (схватывания) между сопрягаемой деталью и покрытием. При выборе состава покрытия необходимо обеспечивать достаточно большую прочность адгезии между материалами покрытия и детали. Требуемая работоспособность детали с покрытием может быть обеспечена при оптимальных значениях основных параметров покрытия (толщина, соотношение толщин слоев, микротвердость, фазовый состав, структура и т. д.).

Синтезируются наноструктурированные многослойные покрытия со слоями наноразмерной толщины с использованием вакуумно-дуговых процессов получения покрытий следующими методами:

- путем бомбардировки осаждаемого конденсата (импульсно или постоянно) металлическими или газовыми ионами, имеющими различные энергии, причем с повышением энергий ионов от 1,0—10 до 100—200 кэВ существенно увеличивается вероятность формирования наноразмерных структур покрытий;
- методом "смешивания" осаждаемого конденсата воздействием высокоэнергетических ионов;
- имплантацией в осаждаемый конденсат элементов внедрения (ионов металла или газа), сдерживающих рост зерен при температурах синтеза покрытия;
- понижением температуры формирования покрытий за счет повышения степени ионизации конденсируемого ионного потока, что позволяет сдерживать рост размеров зерен.

Результаты исследований

Исследования показали, что свойства и параметры покрытия заметно зависят от количества слоев, определяющих общий объем внутренних граничных поверхностей в покрытии. Можно считать доказанным, что оптимальные свойства и наиболее благоприятные параметры покрытий достигаются при количестве слоев равном 1000 и использовании вакуумно-дуговых процессов получения покрытий. С помощью многослойных покрытий с наноразмерной толщиной каждого из слоев можно активизировать различные виды процессов поглощения энергии, что при оптимальной структуре и правильно выбранной архитектуре покрытия приводит к повышению вязкости и прочности материала покрытия лишь при незначительном снижении твердости (обеспечение сбалансированного соотношения твердость/вязкость).

Заключение

Использование комплексных наноструктурированных многослойных покрытий в парах трения микрокриогенных систем, в которых ресурс работы главным образом зависит от интенсивности износа цилиндрово-поршневых групп, является на сегодняшний день особенно актуальным технологическим решением.

Комбинированием по составу структур и методам формирования можно достигнуть оптимального соотношения твердости, коэффициента трения к ответной детали, высокой адгезии и низкой теплопроводности слоев покрытия и, тем самым, довести ресурс работы микрокриогенной системы до 15 000—20 000 ч.

Литература

1. Верещака А. С., Верещака А. А., Чумиков А. Б., Дюбнер Л. Г. // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн. техн. сборник. — Харьков: НТУ "ХПИ", 2002. Вып. 62. С. 12.
2. Верещака А. С. Вопросы механики и физики процессов резания и холодного пластического деформирования: Сб. науч. труд. Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины. Сер. Г: Процессы механической обработки, станки и инструменты. — Киев, 2002. С. 301.
3. Верещака А. С. // СТИН. 2000. № 9. С. 33.
4. Верещака А. С., Верещака А. А. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 9. С. 9.

Exploration of frictionproof hardening coatings for application in friction pairs of microcryogenic systems

A. I. Eremchuk, A. V. Samvelov, D. A. Shirokov

Orion Research-and-Production Association.

9 Kosinskaya str., Moscow, 111402, Russia

E-mail: orion@orion-ir.ru

Considered are ways of creating the friction proof coatings, manners of their formation with regard to other friction details of Stirling microcryogenic systems.

PACS: 85.60.Gz

Keywords: microcryogenic system, antifriction coating, exploration.

Bibliography — 4 references.

Received May 22, 2011