

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОЦЕССЫ ИЗНОСА ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ВАКУУМА

Национальный авиационный университет

Изучено влияние внешних воздействий на процессы износа детонационных покрытий в условиях вакуума. Показано, что формирование в процессе контактного взаимодействия защитного слоя вторичных структур, расширяющих диапазон нормального трения, является инвариантным ко всем конструкционным материалам и областям их использования.

Введение. В различных отраслях машиностроительного комплекса как в стране, так и зарубежном возрастает необходимость нанесения защитных покрытий на детали, работающие в условиях трения, для повышения их износостойкости. Анализ отказов и неисправностей трущихся сопряжений подтверждает, что износостойкость поверхностного является основным фактором, определяющим их долговечность. Для повышения износостойкости пар трения разработано много методов, позволяющих изменять строение и свойства поверхностных слоев; все они направлены на ограничение возможности пластической деформации за счет торможения процессов генерации и взаимодействия дислокаций, образование вторичных структур, что способствует понижению трибоактивации рабочих слоев. Снижение степени трибоактивации за счет применения смазки и образования вторичных структур, экранирующих взаимодействие поверхностей, уменьшает возможности развития процессов схватывания, благодаря чему повышается износостойкость пар трения. Проблема трущихся пар в условиях разреженного воздуха имеет весьма актуальное самостоятельное значение, так как даже в условиях незначительного вакуума вследствие отсутствия оксидных пленок вторичных структур энергии, развиваются процессы схватывания [1].

Постановки задачи настоящего исследования – изучение структуры и триботехнических параметров детонационных покрытий системы SiC–Al₂O₃–Cr₂O₃ в условиях отсутствия кислорода и формирование механизмов противостояние износу при нагружении трением.

Методика эксперимента и результаты исследований. Качественные изменения процесса в связи с разряжением воздуха обуславливают значительные количественные изменения, которые обусловлены внешними воздействиями и прежде всего находят свое выражение в тенденции к уменьшению износостойкости.

При исследовании процессов трения и изнашивания детонационных покрытий из композиционных порошков для сравнения при таких же условиях и по аналогичным программам испытывались образцы с напыленными покрытиями из порошка вольфрамосодержащего сплава ВК 15 и нержавеющей аустинитной стали, при этом скорость скольжения изменялась от 0,1 до 1,0 м/с, нагрузка при этом составляла 1МПа.

Толщина покрытий после доводки составляла 0,18 – 0,20 мм, шероховатость поверхности $R_a = 0,63 - 0,32$ мкм.

Главными факторами, от которых зависят закономерности определяющие протекание процессов трения и изнашивания, являются воздействия, которые обуславливают степень и градиенты упругопластической деформации, температуру, уровень активирования, что в конечном счете определяют ведущий вид изнашивания.

Результаты, полученные при испытаниях на износостойкость исследуемых детонационных покрытий в условиях трения в вакууме, представлены на рис. 1 и 2. Из сравнения кривых видно, что интенсивность изнашивания детонационного покрытия на основе карбида кремния (кривая 5) несколько ниже, чем у вольфрамосодержащего покрытия ВК15 (кривая 4), и почти постоянная по всему диапазону скоростей скольжения. Для покрытия на основе нержавеющей стали (кривая 3) наблюдается изменение интенсивности изнашивания в зависимости от скорости скольжения. При малых скоростях скольжения (до 0,1 м/с) развивается процесс схватывания, вызванный атермической пластичностью и отсутствием достаточно прочных защитных пленок.

При увеличении скорости до 0,5 м/с повышение температуры в зоне контакта приводит к увеличению пластичности и снижению прочности тончайших поверхностных слоев, в связи с чем происходит локализация процесса разрушения в этих слоях и интенсивность изнашивания схватыванием (атермическое схватывание) уменьшается. Кроме этого, надо учитывать и то обстоятельство, что даже в вакууме имеется определенное количество кислорода, которое при данных

условиях трения и термическом состоянии поверхностных слоев может образовывать тончайшие пленки продуктов взаимодействия с кислородом, в некоторой степени предохраняющих трущиеся поверхности от интенсивного развития процессов схватывания.

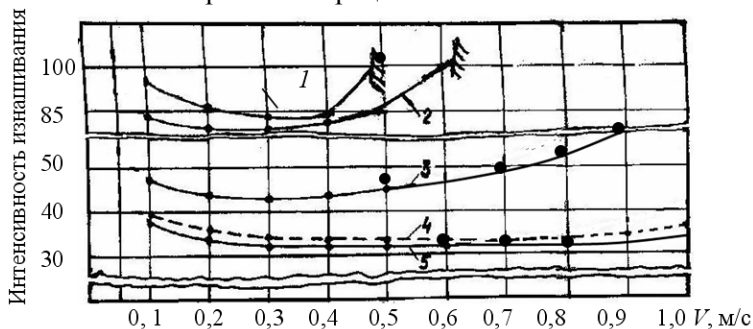


Рис.1 Зависимость интенсивности изнашивания от скорости скольжения: 1 – закаленной стали 45; 2 – закаленной стали 30ХГСА; 3 – покрытия на основе нержавеющей аустенитной стали; 4 – покрытия из твердого сплава ВК15; 5 – покрытия на основе карбида кремния

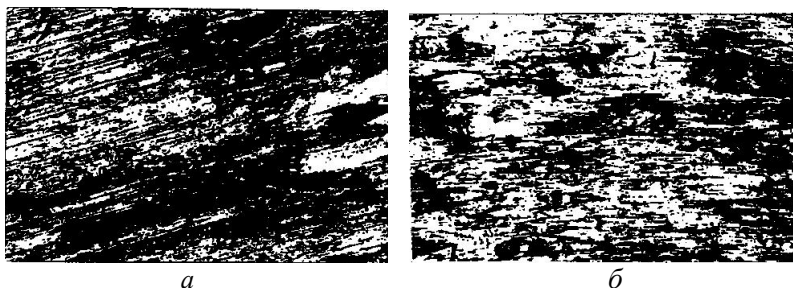


Рис.2. Микрофотография поверхностей трения покрытий на основе карбида кремния, испытанных при скоростях скольжения: а – 0,5 м/с; б – 0,7 м/с; $\times 320$

Влияние скорости скольжения на параметры трения в условиях вакуума рассматриваются в ряде работ [3; 1; 6; 4; 5]. В работе [1] в частности отмечается взаимосвязь механических свойств материалов с температурой на поверхности. Аналогичные предположения высказываются в работах [3; 4], согласно которым основное воздействие скорости скольжения на износ заключается в повышении температуры в точках контакта, и фактор температуры в силу характера теплопередачи, обусловленного вакуумом, выявляется резче.

Для покрытия на основе нержавеющей аустенитной стали дальнейшее увеличение скорости скольжения обуславливает развитие процесса схватывания (термическое схватывание). Микрофотографии характерных участков поверхности трения.

Возрастание интенсивности изнашивания при этом обусловлено за счет большего выделения теплоты и повышения температуры, приводящим к пластической деформации в более толстых поверхностных слоях покрытия показаны на рис. 2.

Результаты испытаний закаленных сталей 45 и 30ХГСА приведены на рис. 1 (кривые 1 и 2). На поверхностях трения образцов наблюдаются значительные следы повреждения, ведущим процессом является износ схватыванием.

Механизм взаимодействия при изнашивании схватыванием в условиях вакуума выражается в возникновении металлических связей между контактирующими участками поверхностей вследствие большой пластической деформации поверхностных слоев, образования текстуры с благоприятным расположением кристаллографических плоскостей, обнажения ювенильных поверхностей и их достаточного сближения. Контакт активированных ювенильных поверхностей вызывает процессы взаимной диффузии атомов сопряженных металлов, в результате чего достигается метастабильное состояние: образуются локальные узлы схватывания. Силы трения при этом определяются микрорельефом поверхностей, площадью фактического контакта и прочностью возникших металлических связей.

Кроме того, на основании методов физико-химического анализа детанонационных покрытий было установлено, что при трении в вакууме существует такой диапазон внешних воздействий, при котором в поверхностных слоях покрытий формируются вторичные структуры особого типа, что приводит к снижению коэффициента трения и значительному увеличению износостойкости. Вторичные структуры, образование которых при трении в вакууме вызывает снижение интенсивности изнашивания, обусловлены фазовыми превращениями в активном поверхностном слое и это является принципиальным отличием их от структур, которые образуются в кислородной среде.

Выводы.

Формирование в процессе контактного взаимодействия защитного слоя вторичных структур, расширяющих диапазон нор-

мального трения, является инвариантным ко всем конструкционным материалам и областям их использования.

Для детонационных покрытий системы $\text{SiC-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ при трении в вакууме в результате фазовых и структурных изменений в поверхностном слое образуются вторичные структуры высокой прочности, что обуславливает переход от интенсивного изнашивания к поверхностному разрушению, которое локализуется при определенных условиях в слое вторичных структур. И состав композиционных покрытий, и режимы их формирования должны отвечать структурной приспособляемости в защитных условиях трения.

Список литературы

1. Гамуля Г. Д. Трибонхические свойства материалов, предназначенных для работы в экстремальных условиях/Г.Д. Гамуля, Е.Л.Островская, Т.П.Юхно // Порошковая металлургия, 2001, –С. 47–57.

2. Зенкин И.А., Копыков В.И. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов путем оптимизации упрочняющих технологий. / И.А.Зенкин, В.И. Копыков – К.: ГСД, 2002, – 252 с.

3. Айбиндер С.Б. Исследование трения и сцепления твердых тел. Обзор работ / С.Б.Айбиндер – Рига: Изд-во Латв. ССР, 1966. – 98 с.

4. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.

5. Кислик В.А. Износ деталей паровозов. - М.: Трансжилдоридат, 1958.– 332 с.

6. Носовский И. Г. Влияние газовой среды на износ металлов./ И. Г. Носовский –К.: Техніка, 1968. – 180 с.

Фараджаллах М. А. Вплив зовнішніх впливів на процеси зношування детонаційних покриттів в умовах вакууму // Проблеми тертя та зношування: наук. техн. зб. – К: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 54– С.213–217.

Вивчено вплив зовнішніх впливів на процеси зношування детонаційних покриттів в умовах вакууму. Показано, що формування в процесі контактної взаємодії захисного шару вторинних структур, що розширюють діапазон нормального тертя, є інваріантним до всіх конструкційних матеріалів і областей їхнього використання.

Farahallah M.A. The effect of external influences on the processes wear of detonation coatings under vacuum.

The effect of external influences on the processes wear of detonation coatings under vacuum is considered. The formation process of contact interaction of the protective layer of secondary structures that extend the range of normal friction, is invariant to all areas of construction materials and their use.

Стаття надійшла до редакції 27.10.2010