ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 63, № 9 ФИЗИКА 2020

УДК 539.211:620.193 DOI: 10.17223/00213411/63/9/72

В.П. СЕРГЕЕВ, М.П. КАЛАШНИКОВ, А.Р. СУНГАТУЛИН, О.В. СЕРГЕЕВ, С.Ю. ЖАРКОВ

О МЕХАНИЗМЕ ПОНИЖЕНИЯ АДГЕЗИОННОГО ИЗНОСА МЕДНОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ В ИНЕРТНОЙ АТМОСФЕРЕ МЕТОДОМ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ АЗОТА *

Исследованы механизмы повышения стойкости медных образцов, обработанных высокоэнергетическим пучком ионов азота, к адгезионному изнашиванию при трении в паре с медным контртелом в инертной атмосфере аргона. Показано, что увеличение износостойкости носит комплексный характер и связано с действием таких механизмов, как твердорастворное упрочнение, измельчение размеров зерен меди, выделение тонкодисперсной фазы CuN_3, повышение плотности дислокаций в поверхностном слое и внутренних микронапряжений второго рода. Максимальное повышение износостойкости и микротвердости (примерно в 4 и 2.6 раза соответственно по сравнению с исходной медью) наблюдается в области значения флюенса ионов $9{\cdot}10^{17}$ ион/см^2. Дальнейшее повышение флюенса приводит к снижению износостойкости и микротвердости за счет укрупнения пор, образующихся в поверхностном слое меди в результате имплантации ионов азота.

Ключевые слова: *ионная имплантация, адгезионный износ, медная пара трения, ионы азота, микроструктура, упрочнение.*

Введение

Адгезионное схватывание деталей фрикционных узлов является актуальной проблемой современного машиностроения. Традиционными средствами борьбы с возникновением адгезионного взаимодействия между деталями трибосистемы служат применяемые смазочные материалы (жидкие, пластичные и твердые). Однако существует ряд изделий машино- и приборостроения, где использование смазок проблематично в силу специфических условий эксплуатации (например, низкая или высокая температура окружающей среды, космическое пространство) или особенностей функционального назначения изделий (в частности, слаботочные скользящие контакты с низким удельным сопротивлением). Повышения износостойкости таких деталей при практически неизменной электропроводности в контакте можно достичь с помощью поверхностной модификации ионными пучками с высокой энергией [1]. При изучении процессов трения ионно-имплантированных цветных металлов с ГЦК-структурой, для которых обычно характерен адгезионный механизм изнашивания, установлено, что основными путями повышения износостойкости таких пар трения являются повышение твердости рабочих поверхностей [2], образование вторичных фаз и структурные изменения в поверхностных слоях [3–8]. Однако в подавляющем числе экспериментов триботехнические испытания проводятся в воздушной атмосфере, в результате чего поверхность трения обычно окисляется, а образованный оксидный трибослой может влиять на процесс изнашивания. Поэтому для корректного установления механизмов повышения стойкости металлов к адгезионному изнашиванию посредством ионной имплантации важно провести исследование процесса трения в инертной атмосфере.

Исходя из вышесказанного, цель настоящей работы – изучение механизмов повышения износостойкости металлов методом имплантации ионов азота в условиях адгезионного изнашивания на примере трения медь по меди в атмосфере инертного газа – аргона.

Материалы и методики исследования

В качестве объекта исследования использовались параллелепипеды размером 5×5×15 мм, вырезанные из листовой меди марки М1 с химическим составом (табл. 1), определенным методом рентгенофлуоресцентного спектрального анализа на приборе S4 Pioneer («Bruker GmbX»). В пределах экспериментальной погрешности он соответствовал ГОСТ 859-2001. Рабочая поверхность (грань 15×5) образцов механически шлифовалась и полировалась до шероховатости $R_a = 0.32$ мкм с помощью стандартного металлографического набора шлифовальных бумаг и алмазных паст на приборе пробоподготовки LSA Remet. С помощью съемки в сканирующем электронном микро-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.1.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725