

Зелинский В.В., Борисова Е.А.
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
 602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23

Механизм повышения износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами магнитным воздействием

Перспективным физическим методом повышения износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами является обработка магнитным полем (ОМП) относительно невысокой напряженности (до 800 кА/м). Однако механизм и закономерности влияния ОМП на процесс изнашивания изучены недостаточно. Ранее выполненные исследования, проведенные, в основном, в производственных условиях без анализа природы и причин изнашивания, без учета исходных показателей качества материалов трибосистемы, при наличии большого количества конструктивных и режимных факторов не позволили получить надежных рекомендаций по управлению эффектом ОМП. Таким образом, отсутствие научно обоснованных подходов в применении нового метода сдерживает его практическое применение для обрабатываемых инструментов и других тяжело нагруженных трибосистем с ферромагнитными материалами.

Целью работы является установление механизма влияния импульсного магнитного воздействия на величину износа трибосистемы «инструментальная сталь – конструкционная сталь» на основе многоуровневого подхода.

Микростроение материала на рабочей части инструмента представляет собой сложную многоуровневую структуру. Распределение структурных уровней и их элементов для инструментальных и конструкционных сталей с учетом размеров элементов можно представить следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 - Структурные уровни и структурные элементы инструментальных и конструкционных сталей

Структурные уровни	Микроструктурный	Дислокационный	Атомно-электронный
Структурные элементы	Кристаллиты, зерна отдельных фаз, посторонние включения, микропоры, легирующие добавки	Блоки кристаллической решетки, краевые и винтовые дислокации, границы дислокаций, дефекты упаковки	Ячейки решетки, атомы и ионы, электронные оболочки, атомные и молекулярные орбитали,
Размер элементов, (м)	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	$10^{-6} \dots 10^{-8}$	менее 10^{-8}

Воздействие трением проявляется на всех структурных уровнях. На микроструктурном и дислокационном уровнях происходят видоизменения структурных элементов и образуются новые (вторичные) микроструктуры и дислокационные структуры. На атомно-электронном уровне взаимодействуют составляющие сопряженных кристаллических решеток, формируются условия для образования тех или иных химических связей.

Влияние магнитного воздействия, в соответствии с современными положениями физики, реализуется на атомно-электронном уровне. Общим результатом трибовоздействия и магнитного воздействия на атомно-электронном уровне является образование различных электронных конфигураций с измененным энергетическим состоянием. На этом структурном уровне размеры элементов (атомов, орбиталей, оболочек) составляют от десятых долей до десяти нанометров. Поэтому можно принять, что они образуют наноструктуры.

При современном уровне развития физики твердого тела считается установленным, что свойства элементов наноструктур во многом не подчиняются законам физики макромира. На них в большей мере влияют особенности и закономерности квантово-механического строения атомов. С этой точки зрения наноструктуры при трении могут приобретать новые (вторичные) свойства, обусловленные квантовой природой взаимодействия веществ.

В развитие выдвинутой гипотезы проводилось экспериментальное моделирование процесса изнашивания в трибосистеме «инструментальная сталь – конструкционная сталь» в условиях

Секция 18. Техносферная безопасность

возрастающего магнитного воздействия в виде импульсов от 1 до 7 [1,2]. Намагничивание проводили с помощью установки, излучающей магнитное поле с заданной длительностью импульса. Материалами образцов являлись быстрорежущая сталь Р6М5 и легированная сталь ХВГ, прошедшие термообработку по соответствующим технологиям. По одному образцу каждой стали намагничиванию не подвергались, и они являлись контрольными (базовыми). Для опытов на изнашивание использовалась машина трения, предусматривающая испытания по схеме трения «ролик-образец». Контртелом для каждого образца служил отдельный закаленный ролик из стали 40Х. Величина износа образцов оценивалась по убыли веса.

Результаты опытов показали, что увеличение числа импульсов магнитного воздействия обеспечивает устойчивое снижение величины износа для обеих сталей. При этом для стали ХВГ кратность снижения величины износа наиболее намагниченного образца по сравнению с контрольным образцом лежит в пределах от 2,9 до 3,6. Для стали Р6М5 кратность снижения износа при намагничивании 7 импульсами по отношению к контрольному образцу составляет от 2,42 до 2,66.

Снижение величины износа у намагниченных образцов может объясняться формированием некоторой совокупности трибологически благоприятных параметров и свойств, обеспечивающих функционирование трибоконтакта как открытой термодинамической системы. Причем оптимальные для трибоконтакта параметры и свойства формируются благодаря совместному влиянию

- 1) внешнего магнитного воздействия на атомно-электронном уровне в соответствии с квантовыми закономерностями для наноструктур.
- 2) фрикционного воздействия на микроструктурном и дислокационном структурных уровнях, и самоорганизации трения за счет подстройки напряженного состояния поверхности,

Механизм влияния магнитного воздействия на атомно-электронном уровне состоит в следующем. Инструментальные и конструкционные стали являются ферромагнетиками – веществами, способными намагничиваться во внешнем магнитном поле и создавать собственное магнитное поле, которое может значительно превосходить внешнее. В соответствии с теорией квантово-механического строения атомов внешнее магнитное поле формирует на поверхности трения образца многоэлектронную наноструктуру с измененной энергией определенных электронных конфигураций. Это обуславливает снижение способности вещества к созданию сильной адгезионной связи. В условиях трения без внешнего магнитного поля созданная электронная наноструктура продолжает осуществлять противoadгезионные функции за счет подпитки энергией остаточного магнитного поля и энергией фрикционных явлений. При этом у системы трения «железо-железо» реализуются более слабые химические связи. Прочность очагов схватывания и масштабы последующих вырывов материала, образующих частицы износа, уменьшаются.

Полученные результаты использованы при разработке научно обоснованной технологии ОМП режущих инструментов.

Литература

1. Зелинский В.В. Борисова Е.А. Установление преобладающих видов и причин изнашивания режущих инструментов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 2(12). - С. 55-60.
2. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Атомно-электронный подход к повышению износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.