

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

### Влияние намагничивания на изнашивание при схватывании в трибосистеме «сталь-сталь»

Изнашивание при схватывании (ГОСТ 27674-88) происходит в результате схватывания на микроучастках сопряженных поверхностей с последующим вырывом или срезом материала, переносом его с одной поверхности на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Такой вид изнашивания свойственен режущим и деформирующим инструментам при металлообработке, системе «колесо-рельс» подвижного состава железных дорог, системе «ролик-рельс» у железнодорожных путевых машин, взаимодействию рабочих органов горных и дорожных машин и др. Во всех перечисленных случаях взаимодействующие поверхности образуют трибосистемы «сталь-сталь». Одним из методов повышения износостойкости таких трибосистем является создание на поверхностях изнашивания особого энергетического состояния наноструктурных элементов кристаллической решетки металла за счет воздействия магнитным полем.

Целью данной работы является установление и оценка влияния магнитного воздействия на силу трения и величину износа в трибосистеме «сталь-сталь» в условиях изнашивания при схватывании.

В экспериментах на образцы воздействовали магнитным полем с количеством импульсов от 1 до 7 с длительностью импульса 2 секунды. Для моделирования изнашивания использовалась машина трения, предусматривающая испытания по схеме трения «ролик-образец». Образцы изготавливались из быстрорежущей стали Р6М5 и легированной стали ХВГ с соответствующей термообработкой, а также рельсовой стали в состоянии поставки (улучшение). В качестве контртела использовались подвижные образцы-ролики из стали 40Х, подвергнутые закалке до твердости 48-49 НRC. Уровень внешнего давления для всех образцов составлял 12 МПа. По одному образцу каждой стали намагничиванию не подвергались и являлись базовыми в сравнении.

В результате испытаний по приведенной методике наименьшие износы показали образцы, намагниченные числом импульсов равным 7. Данный режим обработки полем был принят как оптимальный.

Средние значения безразмерных характеристик в виде интенсивности изнашивания и коэффициента трения базовых и намагниченных в оптимальном режиме образцов для исследуемых сталей, полученные при длительности испытаний 30 минут, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики трения

Сталь	Интенсивность изнашивания			Коэффициент трения		
	Базовые образцы	Намагниченные образцы	Кратность снижения	Базовые образцы	Намагниченные образцы	Кратность снижения
ХВГ	$6,3 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	3,7	0,37	0,32	1,15
Р6М5	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	2,6	0,45	0,36	1,25
Рельсовая	$34 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-8}$	3,7	0,35	0,29	1,2

Влияние обработки магнитным полем в оптимальном режиме проявилось в снижении интенсивности изнашивания для сталей ХВГ, Р6М5 и рельсовой стали, соответственно, в 3,7, 2,6 и 3,7 раз и снижении коэффициента трения, соответственно, в 1,15, 1,25 и 1,2 раз.

В соответствии с современной трактовкой силу трения представляют в виде суммы деформационной и адгезионной составляющих. Деформационная составляющая силы трения вызвана сопротивлением при пропахивании мягкой поверхности микронеровностями сопряженной твердой поверхности. Эта составляющая уравнивается текущим давлением текучести мягкого

материала, действующим по общей площади сечения пропаянных канавок. По результатам измерения микротвердости намагниченных образцов инструментальной стали предварительная обработка магнитным полем не вносит существенных изменений в их механические свойства. Наибольший прирост микротвердости составил 5,5 %. Поэтому можно считать, что на деформационную составляющую силы трения магнитное поле влияния не оказывает.

Адгезионная составляющая силы трения  $F_{схв}$ , вызвана схватыванием с последующим вырывом или срезом материала новообразованного мостика схватывания в наиболее слабых тангенциальных площадках. Приняв среднюю прочность на срез в наиболее слабых плоскостях равной  $\tau_{ср}$  можно записать

$$F_{схв} = \tau_{ср} \cdot A_{схв}, \quad (1)$$

где  $A_{схв}$  – суммарная площадь фактических площадок контакта, на которых пластическое взаимодействие сменилось схватыванием.

Известно, что пластическое состояние в локальном объеме наступает, когда среднее касательное напряжение достигает максимального значения  $\tau_{max}$ . В соответствии с условием пластичности Треска принимаем

$$\tau_{max} = 0,5\sigma_s, \quad (2)$$

где  $\sigma_s$  - текущий предел текучести материала мостика схватывания, значение которого, вследствие деформационного упрочнения, может превышать предел текучести исходного материала поверхности трения.

В ранее выполненных авторами исследованиях [1,2] выдвинута гипотеза о противoadгезионной природе влияния магнитного поля на величину износа. В соответствии с теорией квантовомеханического строения атома внешнее магнитное поле изменяет энергетическое состояние молекулярных орбиталей взаимодействующих кристаллических решеток. При снятии поля остаточная намагниченность вместе с энергией фрикционных явлений поддерживает внесенные энергетические изменения. Созданная электронная система оказывается менее способной к образованию прочных адгезионных связей за счет взаимодействия валентных электронов. Определяющая роль взаимодействия этих электронов в условиях магнитного возмущения состоит в том, что они влияют не только на новое энергетическое состояние новообразованной электронной конфигурации в мостике схватывания, созданной в соответствии с квантовыми закономерностями, но и на силу и дальное действие сил химической связи в этой новой наноструктуре. В результате прочность адгезионных мостиков может быть уменьшенной.

Таким образом, в соответствии с изложенной моделью образования вещества очага схватывания при магнитном воздействии зависимость  $\sigma_s$  от силы связей валентными электронами необходимо учитывать уменьшающимся коэффициентом химической связи  $K_{св}$ . Тогда с учетом (1) и (2)

$$F_{схв} = 0,5\sigma_s \cdot K_{св} \cdot A_{схв}$$

Экспериментальная оценка коэффициента трения и интенсивности изнашивания базовых и намагниченных образцов исследуемых сталей показала, что результаты вполне соответствуют выводам теоретического моделирования.

#### Литература

1. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Опытная оценка влияния магнитной обработки на износостойкость инструментальных сталей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 3 (17), 2013,- С. 55-60.
2. Зелинский В.В. Борисова Е.А. Установление преобладающих видов и причин изнашивания режущих инструментов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 2(12), 2012, с. 55-60.