

## ЧАСТИЦЫ ИЗНОСА В КОНТАКТНЫХ ПАРАХ

Швецов А.Н.

Владимирский государственный университет

Муромский институт

Муром

### «WEAR PARTICLES IN CONTACT (FRICTION) PAIRS»

Shvetsov A.N. Vladimir State University

Murom Institute

Murom

Один из путей повышения долговечности деталей машин является способ нанесения на их рабочие и основные поверхности гальванических покрытий твердого железа.

Новое направление о природе трения и износа, развиваемое на основе адсорбционного процесса, позволяет обоснованно подойти к выяснению роли дисперсных частиц износа в изнашиваемости твердого железа. По современным представлениям, высокодисперсные частицы в зоне контакта покрыты адсорбционными слоями смазки, за счет чего достигается сглаживание микронеровностей поверхностных контактирующих слоев.

Поставщиком дисперсных частиц, в основном, являются пленки, образующиеся на поверхностях контакта при трении. Пленки изучались методом снятия электронограмм. Поверхности для выявления рельефности пленок предварительно катодно подтравливались. Установлено, что характер образования пленок зависит от условий трения и величины генерируемых при этом температур. Увеличение удельных нагрузок сопровождается уменьшением приведенной площади пленок, незначительным увеличением их толщины, которая достигает 300 нм. В диапазоне нагрузок 6-12 МПа процесс трения имеет устойчивый характер, о чем свидетельствовала величина коэффициента трения.

Седиментационный анализ продуктов износа собранных при установившемся режиме трения ( $p = 3$  МПа), показал, что частицы во времени расслаиваются на высококонцентрированный слой дисперсной фазы и слой дисперсионной среды. Химический анализ позволил установить, что продукты износа состоят в основном из окислов  $Fe_3O_4$  и  $Fe_2O_3$ . Частицы износа имеют неправильную геометрическую форму с отношением длины к ширине, примерно 2:1, что предполагает наличие значительных адгезионных сил. Теоретические расчеты сил адгезии в системе железо-окисел подтвердили предположение о том, что сила адгезии частиц при равенстве их размеров (эквивалентный диаметр  $d''' = 20$  мкм) различна: для  $FeO$   $F_{ад} = 6,3 \cdot 10^{-5}$  Н; для  $Fe_2O_3$   $F_{ад} = 7,5 \cdot 10^{-5}$  Н; для  $Fe_3O_4$   $F_{ад} = 5,1 \cdot 10^{-5}$  Н.

Основными параметрами распределения частиц неправильной формы является медианная сила адгезии ( $F_{ад}$ ) и величина среднего квадратичного отклонения этой силы ( $\sigma$ ). Получено следующее распределение частиц износа по силам адгезии:

$d''',$ мкм	$l,$ Рад	$F_{ад} \cdot 10^{-5},$ Н	$\sigma$
До 20	1,03	10,720	2,96
30-50	0,15	1,410	1,45
60-90	2,85	0,071	1,24
100-120	2,21	0,016	1,14

Медианная сила адгезии  $F_{ад}$  возрастает с уменьшением эквивалентного размера частицы  $d'''$ . Особый интерес представляет характеристика отрыва частиц от поверхности в жидкой фазе, как отношение  $F_{ад}$  к весу частиц  $P$ . Были получены следующие результаты:

$d'''_{ср}$	До 20	40	70	115
$F_{ад}/P$	1,27	0,7	0,4	0,6

Методом экстраполяции установлено, что отношение  $F_{ад}/P = 1$  имеется у частиц с  $d''' = 25$  мм. Таким образом, медианная сила адгезии соизмерима с весом, укрупнением частиц, но при условии, что их эквивалентный диаметр более 25 мм.

При излишнем насыщении поверхности контакта смазочным материалом возникает нарушение кинетической устойчивости частиц износа. Из зоны контакта начинают выноситься преимущественно мелкие частицы износа вследствие снижения адгезионных сил. Крупные частицы с  $d''' > 25$  мкм остаются на поверхности контакта в большем количестве за счет более высоких адгезионных сил. С укрупнением частиц вероятнее их пребывание на поверхности контакта. Крупные частицы оказывают абразивное воздействие на трущиеся поверхности, что влечет за собой рост температуры, повышение коэффициента трения и скорости изнашивания. У исследованных сопряжений в количественном соотношении при трении образуется разное количество мелких и крупных частиц износа ввиду различия в характеристиках поверхностных пленок. У пар, с оптимальным сочетанием прочностных свойств, происходит более активное формирование мелких частиц износа, а поэтому оптимальные пары менее чувствительны к изменению количества смазочного материала. Таким образом, за счет образования более качественных поверхностных пленок износостойкость твердого железа в 2-3 раза превышает износостойкость закаленной стали 45 (HRC 45-50). Этому способствуют более качественные поверхностные пленки, которые при своем разрушении образуют дисперсные частицы износа, сглаживающие профиль поверхности контакта. Более отчетливо положительные свойства твердого железа проявляются при трении в условиях недостаточного количества смазочного материала, когда поверхности контакта могут насыщаться дисперсными частицами.

Следует признать, что механизм процесса изнашивания твердого железа пока далек еще от своего окончательного решения. Так до настоящего времени пока не ясна роль влияния на свойства контакта выделяющегося при трении из пор покрытия хлора, а из его коллекторов водорода, попадающего в структуру при электролизе.