

05;12
©1993

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЦ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ТРЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Ю.А.Фадин, О.В.Полевая, И.Н.Попов

В процессе трения по одному и тому же пути в контактирующих поверхностях возникают периодические структурные изменения [1]. Этот вывод был сделан при изучении изменений напряженного состояния поверхностных слоев методами рентгенографии, определения микротвердости и электросопротивления. Использование указанных методов возможно только при прерывании экспериментов по трению. В то же время в процессе трения происходит разрушение контактирующих поверхностей, сопровождающееся появлением частиц разрушения. Можно ожидать, что изучение частиц разрушения по форме, размерам и количеству при условии их непрерывного сбора позволит получить информацию о всех структурных изменениях в зоне контакта в течение всего времени испытания [2].

В настоящей работе изучалось сухое трение, проводимое по схеме "вращающийся диск (сталь-35) — неподвижный палец (латунь Л-68)". При сухом трении в начальный момент контактирования слой латунного контртела активно переносится на сталь. В дальнейшем фрикционный контакт происходит фактически между двумя латунными поверхностями. Контакт пары осуществлялся внутри специальной кюветы. Частицы разрушения, образовавшиеся на поверхностях контакта, под действием центробежных сил слетали с поверхности вращающегося диска и попадали на смазанную тонким слоем масла (для фиксации частиц) поверхность прозрачной пленки, закрепленной на дне неподвижной кюветы (рис. 1). Пленка была закрыта кожухом со щелью в виде сектора и могла дискретно поворачиваться под щелью на заданный угол. Время экспозиции выбиралось в зависимости от интенсивности трения (количества частиц разрушения в единицу времени), которая зависит от линейной скорости v и давления P . Например, для $v \sim 1$ м/с время экспозиции составило одну минуту. За 1 мин частицы разрушения покрывали лишь специально предназначенный для этого сектор на прозрачной пленке. Следующая экспозиция происходила уже в другом секторе. Варьируя время экспозиции и размеры щели, можно собрать на одной пленке

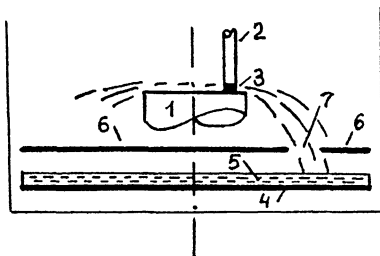


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — стальной вращающийся диск, 2 — неподвижный латунный палец, 3 — исследуемый контакт, 4 — прозрачная пленка, 5 — слой масла, 6 — кожух, 7 — щель.

большинство частиц, образовавшихся в течение всего эксперимента без его прерывания. После сбора частиц пленка помещалась на столик оптического микроскопа, работающего в просвечивающем режиме. Оптическая система микроскопа соединялась через видеокамеру с системой автоматической обработки изображения "Видеолаб-2" [3]. Эта система позволяет определять общее количество частиц N в поле микроскопа, площадь контурной поверхности S , периметр l , размер d и фактор формы $f = 4\pi S/l^2$ для каждой частицы, суммарную площадь и периметр всех частиц, все средние значения $\langle S \rangle$, $\langle l \rangle$, $\langle d \rangle$, $\langle f \rangle$, а также проводить суммирование по многим полям.

На рис. 2 показаны экспериментальные зависимости N , S и $\langle d \rangle$ от общего времени трения. Каждая экспериментальная точка на рис. 2 включает в себя обсчет 400–500 индивидуальных частиц разрушения. Полученные периодические зависимости отражают процесс структурных изменений в поверхностных слоях металлов при трении. Этот процесс не является случайным. Об этом свидетельствуют корреляционные зависимости между исследованными параметрами частиц. Такой анализ был проведен, поскольку общее коли-

Режим испытания	Область I (до максимума)	Область II (в максимуме)
$v = 0.3$ м/с $P = 1$ МПа	+0.186	-0.436
$v = 0.9$ м/с $P = 1$ МПа	+0.434	-0.567
$v = 0.9$ м/с $P = 3$ МПа	+0.818	-0.232

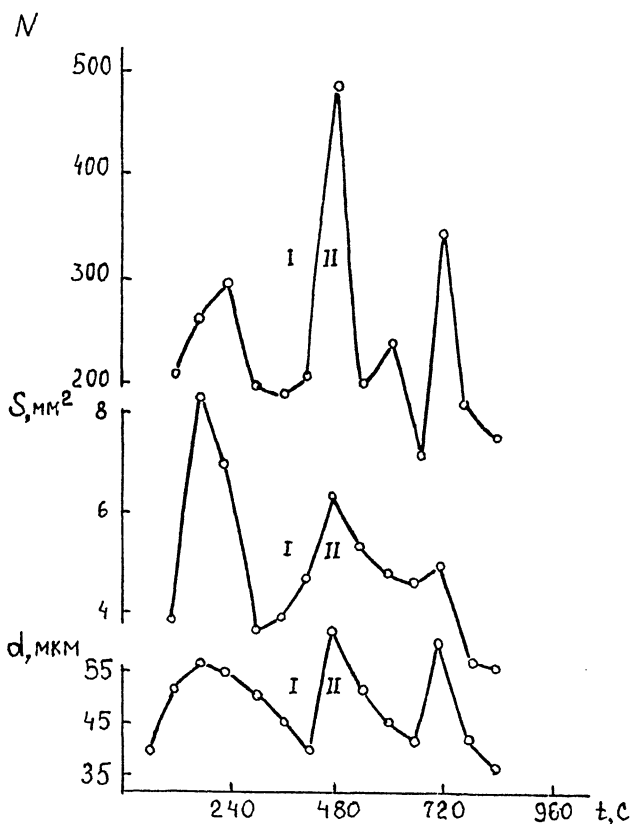


Рис. 2. Зависимости числа частиц N , среднего размера частиц d , общей площади поверхности S от времени испытания $t, v = 1$ м/с, $P = 3$ МПа.

чество частиц велико и можно легко образовать необходимое для расчетов количество представительных числовых выборок. Для построения числовых выборок для каждой временной экспозиции использовалась следующая процедура. Рассматривалось одинаковое количество полей, например, двадцати, расположенных вдоль радиуса пленки. В каждом поле определялись средние значения параметров N, S, d, f и затем анализировались соответствующие пары числовых выборок. Коэффициенты корреляции r_{ij} определялись по известной формуле [4]:

$$r_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sigma_i \sigma_j},$$

где K_{ij} — корреляционный момент, а σ_i и σ_j — средние квадратические отклонения выборок $\{i\}$ и $\{j\}$. Было проанализировано шесть пар выборок и определены их коэффициенты — r_{Sd} , r_{Sf} , r_{SN} , r_{df} , r_{fN} . Большинство значений коэффициентов корреляции не превышает интервала $0.5 < |r_{ij}| < 0.9$. Наибольший интерес представляет коэффициент r_{Sf} . В таблице представлены значения r_{Sf} , полученные для трех режимов испытания и соответствующие областям I и II (рис. 2). Из таблицы видно, что коэффициент корреляции r_{Sf} в области II, соответствующей областям максимума N , S или d меняет знак, что говорит о принципиально различных физических процессах, действующих в областях I, II.

Список литературы

- [1] Марченко Е.А. О природе разрушения поверхности металлов при трении. М.: Наука, 1979. 118 с.
- [2] Маркова Л.В., Мышкин Н.К. // Трение и износ. 1988. Т. 9. В. 5. С. 1109–1118.
- [3] Сасов А.Ю. // Микропроцессорные средства и системы. 1988. В. 5. С. 58–62.
- [4] Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.

Институт проблем
машиноведения РАН

Поступило в Редакцию
30 июля 1993 г.