

В. Д. ЕВДОКИМОВ

ОБ ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ЭФФЕКТЕ РЕВЕРСА И СПОСОБЕ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 18 V 1971)

Проведенные ранее исследования показали, что свойства поверхностных и глубинных слоев металлов при трении в значительной степени определяются реверсивностью скольжения (<sup>1</sup>). При этом было обнаружено, что реверсивность скольжения специфически сказывается на упругих и пластических деформациях, упрочнении и напряженном состоянии как поверхностных, так и глубинных слоев, приводит к постоянной переориентации структуры, дополнительному генерированию дефектов, развитию новых поверхностей и интенсификации физико-химических процессов. Знакопеременное протекание сдвиговых деформаций с бурным развитием дефектов структуры, разупрочнением, более интенсивными усталостными процессами и явлениями схватывания приводит к формированию отрицательного эффекта реверса (<sup>2</sup>), повышенному по сравнению с односторонним скольжением износу. Дальнейшие наши исследования в этом направлении, проведенные по методике (<sup>2</sup>, <sup>4</sup>), показали зависимость износа пар трения от частоты реверса и применяемых смазок. Остановимся на полученных результатах.

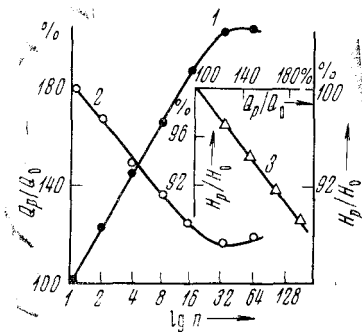


Рис. 1. Зависимость относительной износостойкости  $Q_p/Q_0$  (1) и микротвердости  $H_p/H_0$  (2) стали 25 от частоты реверса  $n$  при трении без смазки. Скорость 1,5 м/сек, нагрузка 30 кг, путь 725 м

Из рис. 1 видно, что при переходе в идентичных условиях от одностороннего трения без смазки к реверсивному износ возрастает более чем в два раза. При этом с ростом частоты реверса при постоянной базе пути трения происходит разупрочнение поверхностных слоев и резкое снижение их износостойкости вплоть до экстремальных значений на перегибах кривых 1 и 2. На этом участке наблюдается линейная зависимость между отношениями микротвердостей ( $H_p/H_0$ ) и износов ( $Q_p/Q_0$ ) (рис. 1, 3):

$$H_p/H_0 = -a_1(Q_p/Q_0) + b_1.$$

Наличие линейной взаимосвязи между потерей износостойкости и разупрочнением рабочих поверхностей с ростом частоты реверса указывает на существенную роль разупрочнения поверхностных слоев в процессах, формирующих износ при реверсивном трении. Для практических целей особый интерес представляет кривая 1, которая показывает, как меняется износостойкость при переходе от одностороннего трения к реверсивному с ростом частоты реверса  $n$  или числа реверсивных циклов в постоянной базе пути трения. Кривая 1 (рис. 1) может быть выражена до приближения к предельному значению уравнением

$$Q_p/Q_0 = an^2 + bn + c.$$

Данные рис. 1 получены при трении обезжиренных стальных образцов. Однако при трении в инактивном вазелиновом масле наблюдается значительное снижение износостойкости с ростом частоты реверса (рис. 2а, 1).

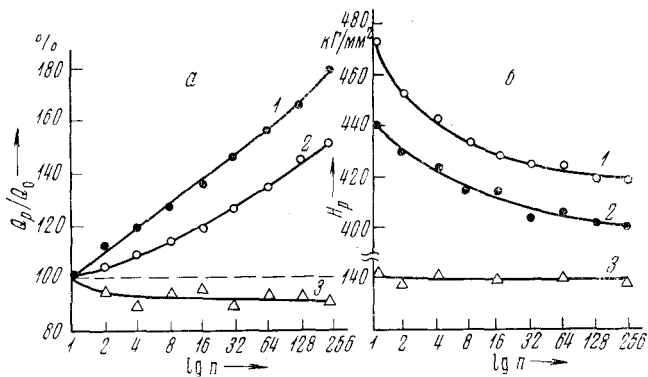


Рис. 2. Зависимость относительной износостойкости  $Q_p / Q_0$  (а) и микротвердости  $H_p$  (б) стали 25 от частоты реверса  $n$  при различных смазках: 1 — вазелиновое масло; 2 — вазелиновое масло + 2% октилового спирта; 3 — вазелиновое масло + 2% олеиновой кислоты. Скорость 1,5 м/сек, нагрузка 60 кг, путь  $23,2 \cdot 10^3$  м

Аналогичная закономерность имеет место и для автола 18 при трении бронзы по закаленной стали (рис. 3, 1, 2).

Ранее было установлено <sup>(1)</sup>, что реверсивное скольжение благодаря знакопеременным сдвиговым деформациям интенсифицирует воздействие поверхностноактивной среды на металл больше, чем одностороннее трение, что значительно усиливает пластифицирующий эффект <sup>(2)</sup>, который, в свою очередь, облегчает условия реверсивного трения и экранирует поверхности от дальнейшего разрушения. Эта впервые обнаруженная особенность <sup>(3)</sup> взаимного воздействия реверса и поверхностноактивной среды наиболее ярко проявляется при изменении частоты реверса.

Как показали наши исследования (рис. 2, 3), применение в качестве присадки к смазке олеиновой кислоты полностью ликвидирует отрицательный эффект реверса и делает практически не зависимой величину износа от частоты реверса. Анализ кривых 3, 4 на рис. 2а и 3 также показывает, что износостойкость пар при реверсивном скольжении при наличии олеиновой кислоты оказывается даже выше, чем при идентичных условиях одностороннего трения, т. е. отношение  $Q_p / Q_0$  становится меньше единицы при общем значительном повышении износостойкости по сравнению с инактивной средой. При этом данные по износу хорошо подтверждаются измеренными значениями микротвердости (рис. 2б).

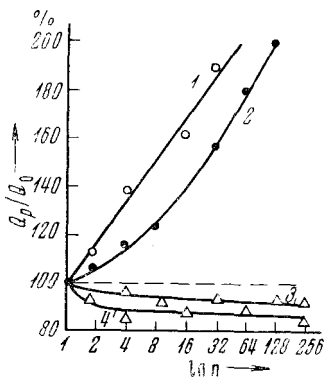


Рис. 3. Зависимость относительной износостойкости бронзы БрОЦН-6-6-3 (2, 4) и закаленной стали 45 (1, 3) от частоты реверса  $n$  при различных смазках: 1, 2 — автол 18; 3, 4 — автол 18 + 2% олеиновой кислоты. Скорость 0,9 м/сек, нагрузка 60 кг, путь  $13,5 \cdot 10^3$  м

Таким образом, установлено, что возникающий при различных условиях трения вредный для практики отрицательный эффект реверса усиливается с ростом частоты реверса. Показано, что этот эффект можно полностью ликвидировать надлежащим подбором поверхностноактивной при-

садки к смазке и значительно повысить износостойкость пар реверсивного трения, сделав ее практически независимой в изученных условиях от частоты реверса. На основе вскрытых закономерностей следует при определении реальной износостойкости пар трения скольжения вводить в соответствующие расчеты поправочные коэффициенты на знакомерность сдвиговых деформаций. Для сухого трения и обычных промышленных смазок коэффициент поправки на реверс составляет 1,5—2,5, а при применении способа ликвидации отрицательного эффекта реверса путем специально подобранной присадки к смазке в виде 1,5—2% олеиновой кислоты поправочный коэффициент можно брать равным 0,8—1,0.

Автор выражает благодарность Г. Е. Мовсесову за участие в экспериментах.

Одесский электротехнический институт  
им. А. С. Попова

Поступило  
18 V 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> В. Д. Евдокимов, П. А. Ребиндер, ДАН, 185, № 6, 1270 (1969). <sup>2</sup> В. Д. Евдокимов, ДАН, 143, № 1, 84 (1962). <sup>3</sup> П. А. Ребиндер, Докл. на VI съезде русск. физиков, Л., 1929, стр. 29. <sup>4</sup> В. Д. Евдокимов, ДАН, 175, № 4, 810 (1967).