

А. А. КАНАЕВ, В. Н. ЛЬВОВ, С. Я. ВЕЙЛЕР, академик П. А. РЕБИНДЕР

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ТОНЧАЙШИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ГРАНИЧНОМ ТРЕНИИ

Смазочные среды оказывают существенное воздействие на усталостные явления, протекающие в поверхностных слоях металлов, особенно при реверсивном, как это было показано в ⁽¹⁾, трении скольжения. Однако в проведенных ранее опытах площадь соприкосновения трущихся тел была относительно большой, вследствие чего деформация и диспергирование поверхностного слоя образца осуществлялись одновременно под действием множества микровыступов, расположенных на контактной поверхности ползуна ⁽¹⁾. Указанная модель не позволяет дифференцированно исследовать пластическую деформацию и тонкое диспергирование поверхностных слоев трущихся тел.

В данной работе исследуются особенности пластической деформации тончайшего поверхностного слоя металла под действием единичного микровыступа при циклических знакопостоянных и знакопеременных нагрузках в условиях граничного трения.

Алмазным ползуном, выполненным в виде конуса с углом 150° и радиусом закругления при вершине $0,2 \mu$, на поверхности полированного медного образца наносились риски (канавки), глубина которых зависела от нагрузки на ползун, граничных условий в зоне контакта и числа проходов ползуна по одной и той же риске. Нагрузки на ползун подбирались такими, чтобы глубина indentирования оставалась в пределах от $0,2$ до 1μ . Способ нанесения рисков со столь малыми глубинами, а также методы их измерения описаны в работе ⁽²⁾. Делительная машина, которой наносились риски, позволяла осуществлять многократное проезжание ползуна по одной и той же риске с очень высокой точностью без нарушения симметрии поперечного сечения риски.

Износ поверхностного слоя твердого тела при трении обычно происходит в результате пластической деформации и очень тонкого диспергирования. В качестве критерия износа нами было выбрано изменение глубины риски, образуемой на поверхности образца ползуном. Наблюдения показали, что в данном случае не происходило диспергирования. Образование рисков осуществлялось только за счет пластической деформации металла. Форма алмазного ползуна не изменялась.

Нами исследовалось влияние смазочных сред на глубину риски в зависимости от числа проходов ползуна в условиях как одностороннего, так и реверсивного трения скольжения. Результаты опытов показали, что при всех использованных нагрузках на ползун глубина риски монотонно увеличивается с возрастанием числа проходов ползуна по одной и той же риске вследствие развития пластической деформации. Реверсивное движение ползуна способствовало значительной интенсификации процесса углубления риски по сравнению с односторонним движением.

Смазочные среды оказывают существенное влияние на износ поверхности образца как при одностороннем, так и при реверсивном движении индентора. Сравнение результатов микродеформирования со смазкой и без смазки показало, что в области малых нагрузок в процессе усталостного

износа можно выделить две стадии. На первом, относительно коротком этапе, характеризующем приработку трущихся тел, смазки способствуют интенсивному износу поверхности. Этот износ можно условно назвать полезным. На второй стадии, соответствующей длительной эксплуатации узла трения, износ в присутствии смазок сильно уменьшается (рис. 1). Это справедливо как для реверсивного, так и для одностороннего движения ползуна. Реверсивное движение значительно сокращает первоначальный этап приработки, что согласуется с результатами работы (1).

Необходимо отметить, что с увеличением глубины риски происходит уменьшение давления ползуна на металл. Это связано с возрастанием пло-

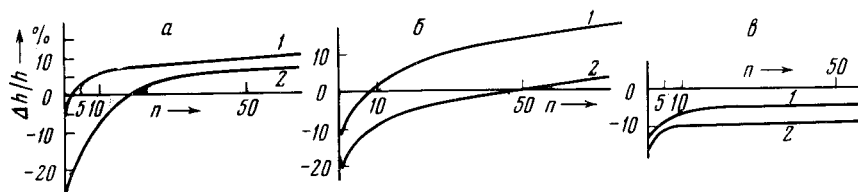


Рис. 1. Зависимость относительного изменения глубины риски $(h_0 - h_n) / h_0$ от числа проходов индентора n (h_n — глубина риски, образовавшейся со смазкой (олеиновая кислота), h_0 — без смазки) при различной нагрузке на индентор: а — 2 г; б — 5 г; в — 20 г. 1 — реверсивное, 2 — одностороннее движение ползуна

щади контакта при неизменной нагрузке на ползун. Естественно, что при поддержании постоянного давления все эффекты были бы выражены более ярко.

На рис. 1б видно, что с увеличением нагрузки на индентор возрастает число циклов n , при котором кривая $\Delta h / h_0 = f(n)$ переходит в область положительных значений. Это соответствует удлинению периода приработки, что, по-видимому, связано с увеличением объема очага деформации и большими энергетическими затратами на перестройку структуры металла.

Описанные выше результаты были получены при сравнительно малых нагрузках на индентор, моделирующих граничные условия в узлах трения различных механизмов. Еще большее увеличение нагрузки позволяет перейти от моделирования нормального износа к моделированию обработки металлов давлением. В этом случае реверсивное движение ползуна также способствует интенсификации пластической деформации по сравнению с односторонним движением (рис. 1в).

Нами был проделан также следующий опыт. На поверхности образца наносились две риски, каждая из которых была образована двухкратным проезжанием ползуна. В одном случае первый проход ползуна был осуществлен без смазки, а второй со смазкой. В другом случае ползун оба раза осуществлял микродеформацию со смазкой. Результаты опытов показали, что глубина образовавшейся риски в первом случае была больше, чем во втором. Это связано с тем, что при деформации без смазки поверхность образовавшейся риски имеет большую микродефектность, чем при деформации со смазкой. Проявление адсорбционного эффекта понижения прочности твердых тел (3) связано с дефектностью структуры деформируемого тела. Естественно, что при повторной деформации наибольшее понижение прочности под влиянием поверхностно-активной среды произошло на той риске, где заранее подготовленная дефектность поверхности оказалась больше.

Таким образом, прямыми опытами, в условиях элементарного взаимодействия единичного микровыступа с поверхностью образца показано, что поверхностно-активные смазочные среды оказывают большое влияние на усталостные процессы при пластической деформации тончайшего по-

верхностного слоя металла. Смазочные среды сначала ускоряют приработку трущихся поверхностей, связанную с перестройкой структуры поверхностных слоев, а потом существенно замедляют стационарный износ. Знакопеременные воздействия интенсифицируют процесс износа на обеих стадиях работы узла трения.

Институт физической химии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
17 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Д. Евдокимов, П. А. Ребиндер, ДАН, 185, № 6 (1969). ² А. А. Касав, В. Н. Львов и др., ДАН, 187, № 2 (1969). ³ П. А. Ребиндер, Докл. на VI съезде физиков, М., 1928; П. А. Ребиндер, Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской Социалистической Революции, Изд. АН СССР, 1947.