

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Б. П. МИТРОФАНОВ

(Представлено научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Рассмотрим некоторые особенности деформации материала поверхностных слоев двух контактирующих твердых тел, обнаруженные нами при экспериментальном изучении контакта.

Ниже приводятся результаты опытов, проведенных на приборе с увеличением деформации в 25000 раз, конструкция которого и образцы описаны в [1].

Касание двух контактирующих твердых тел обычно имеет дискретный характер, обусловленный шероховатостью их поверхностей. При взаимном нажатии происходит деформация отдельных микронеровностей, вследствие чего тела сближаются. Первичная деформация микронеровностей обычно протекает пластически, вторичная (при тех же нагрузках) упруго.

Геометрическое место всех возможных фактических площадей контакта принято называть [2] номинальной площадью. Деформационная способность контакта зависит от величины указанной площади. На рис. 1 показан график изменения вторичной деформации шероховатой поверхности образца из стали 3 в зависимости от величины номинальной площади. Шероховатость ($H_{cp} = 1,0 \text{ мк}$) и давление на образец (10 кг) сохранялись постоянными. Микронеровности образца сжимались тщательно отполированной плоскостью специального деформатора, изготовленного из закаленной стали ШХ-15.

Приведенный график показывает, что с уменьшением номинальной площади касания деформация поверхности увеличивается. Начиная с области некоторой точки А, это увеличение является особенно резким.

В дальнейших исследованиях нами использовалась номинальная площадь касания, равная 125 мм^2 .

Сложная геометрическая форма шероховатой поверхности обычно заменяется в расчетах более простой.

Как правило, поверхность представляют как множество единичных выступов, расположенных на основном материале — основании.

И. В. Крагельский [3] моделирует шероховатую поверхность в виде стержней различной длины, поставленных на гладкое, абсолютно жесткое основание.

И. Ф. Арчард представляет шероховатую поверхность в виде множества сферических выступов, Н. Б. Демкин [4] — сферическими высту-

нами постоянного радиуса, задавая распределение выступов по высоте степенной функцией.

Анализ существующих расчетных моделей шероховатой поверхности приводит, в частности, к необходимости определения влияния деформации основания на сближение тел.

Это влияние было оценено в опытах, проведенных со специальными образцами. Образец представлял диск [1] из стали 3, на деформируемую часть которого наносился слой олова толщиной 0,5 мм. Перед каждым

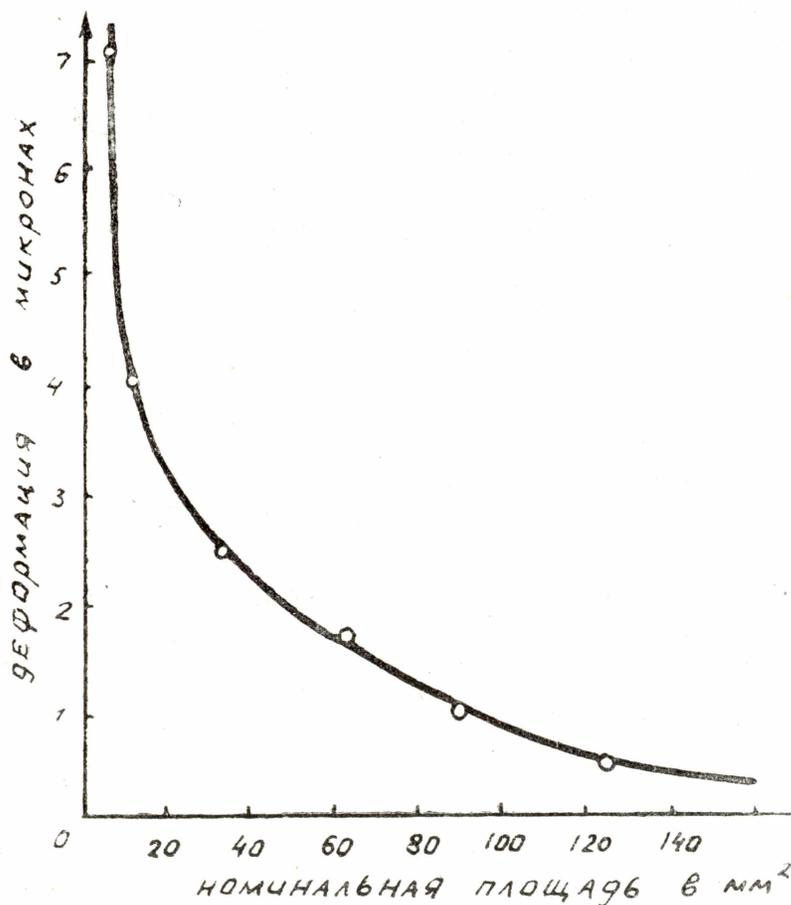


Рис. 1.

испытанием толщина нанесенного слоя уменьшалась путем сошлифования. Шероховатость поверхности олова сохранялась постоянной ($H_{\text{ср}} = 6$ мк). Наибольшая нагрузка в опытах достигала до 40 кг.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Они свидетельствуют о значительном влиянии толщины слоя материала, являющегося основанием для микронеровностей (начиная со слоя толщиной 0,4 мм) на величину первичной деформации. В меньшей степени изменялось при этом значение вторичной деформации.

Учет этого обстоятельства требует уточнения существующих расчетных моделей шероховатой поверхности. Последние необходимо представлять в виде осесимметричных выступов, расположенных на деформируемом основании.

Одной из особенностей деформирования шероховатой поверхности является тот факт, что величина вторичной (упругой) деформации представляет значительную часть от первичной (пластической). Так, в наших опытах вторичная деформация шероховатой поверхности стали 3 состав-

ляла до 50% первичной, в опытах И. Р. Коныхина [1] для чугуна эта же величина составляла 70%. Аналогичные результаты получены П. Е. Дьяченко [5] для сталей 45 и 15.

Результаты приведенных опытов получены при номинальных давлениях до $0,35 \text{ кг/мм}^2$ и с шероховатостью 1—7 классов чистоты поверхности.

Способность шероховатой поверхности накапливать значительное количество «упругой» энергии можно объяснить объемным напряженным состоянием материала поверхности. Если шаровая часть тензора напряжения значительна по сравнению с девиаторной, то, как известно,

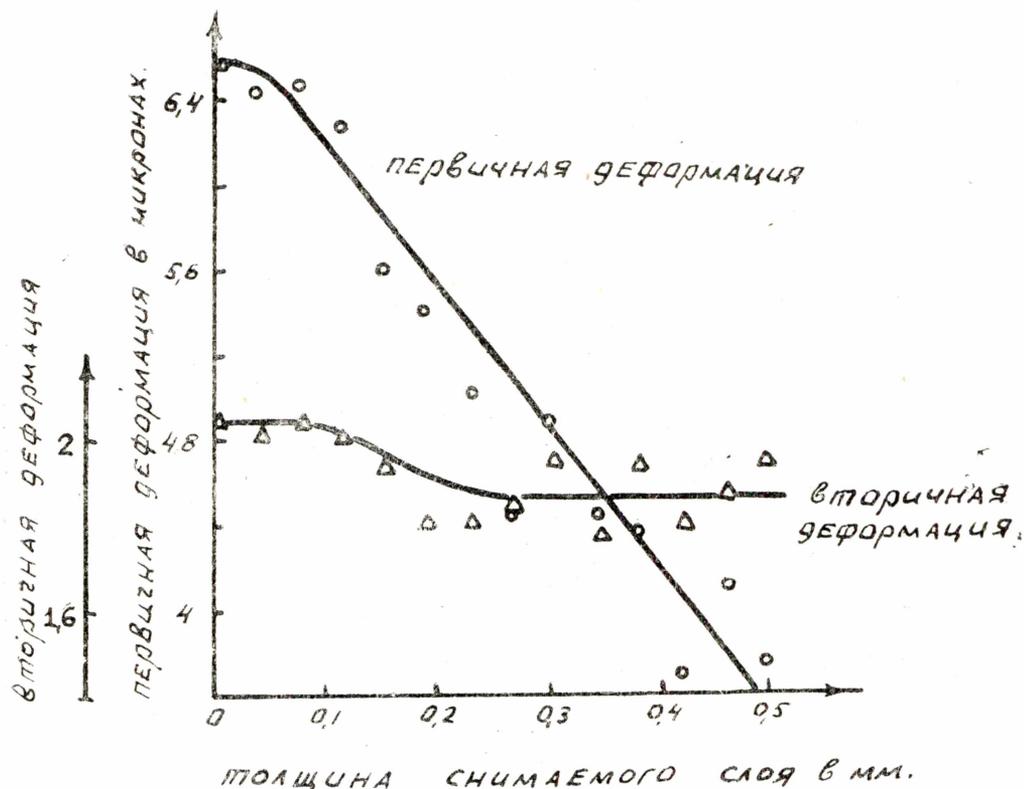


Рис. 2.

можно получить пластическую и упругую деформацию одного порядка. Экспериментальное подтверждение этому можно найти в работе [6], в которой авторы определяли глубины проникновения шариков твердой стали в плоские металлические поверхности.

Проведенные нами исследования по вдавливанию шариков диаметром 10 мм из закаленной стали в плоские поверхности сталей 20Х, 45, 3 показали, что с увеличением нагрузки на шарик отношение упругой деформации материала к полной уменьшается. Очевидно, это следует ожидать и при деформировании шероховатой поверхности с большими номинальными давлениями.

Характерно, что в диапазоне номинальных давлений до $0,35 \text{ кг/мм}^2$ для шероховатых поверхностей ряда металлов (сталь, медь, чугун и др.) независимо от шероховатости и давления обнаруживается постоянство отношения вторичной деформации к первичной.

Объяснение этого явления — необходимый шаг для уточнения теории деформации шероховатой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Р. Коняхин. Метод нормальной микродеформации для определения пластической характеристики материала. Известия вузов СССР, Машиностроение, № 10, 1959.
 2. И. В. Крагельский, Н. Б. Демкин. Определение фактической площади касания. Трение и износ в машинах, сб. XIV, АН СССР, Институт машиноведения, 1960.
 3. И. В. Крагельский. Трение покоя двух шероховатых поверхностей. Трение и износ в машинах, сб. IV, АН СССР, Институт машиноведения, 1949.
 4. Н. Б. Демкин. Упругое контактирование шероховатых поверхностей. Ж. Известия вузов СССР, Машиностроение, № 6, 1959.
 5. П. Е. Дьяченко, Н. Н. Толкачева, К. Н. Горюнов. Определение площади фактического контакта поверхностей. Изучение износа деталей машин при помощи радиоактивных изотопов, АН СССР, Институт машиноведения, 1957.
 6. Journal of Applied Mechanics (Transactions of the ASME, series E), XII, vol. 27, № 4, p. 717-725, 1960.
-