

**УПРУГОЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СМЕЩЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ  
ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ****Б. П. МИТРОФАНОВ, В. И. МАКСАК**

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

При взаимодействии шероховатых тел, как известно, наблюдается деформация поверхностного слоя в зоне дискретного соприкосновения. В зависимости от характера действующих сил наблюдаемые при этом перемещения называют сближением или предварительным смещением [1, 2].

Обычно поверхности контактирующих тел разделены тонкими адсорбционными слоями различной природы и происхождения, имеют частицы основного материала, оставшиеся при обработке поверхности следы масла и т. д. При экспериментальном исследовании деформаций поверхностных слоев используют различные методы очистки поверхностей [1, 3].

С другой стороны, исследование деформаций дискретного контакта при наличии тонкого промежуточного слоя представляется теоретически интересным и практически важным, так как этот слой существенно влияет на развитие многих явлений и технических процессов.

Вещество, распределенное тонким слоем на поверхности твердого тела, приобретает свойства, отличные от обычных наблюдаемых в большом объеме. Так, например, жидкость в тонком слое на поверхности твердого тела обладает упругостью формы, переходя в иное агрегатное состояние — квазитвердое [3].

С целью выяснения влияния тонкого промежуточного слоя на характер деформации дискретного контакта была проведена серия опытов с контактами из следующих пар материалов: закаленная сталь — закаленная сталь, медь — медь, закаленная сталь — свинец.

Образцы и прибор для измерения перемещений описаны в [4]. В качестве промежуточных слоев использовались следующие материалы: солидол, вода, машинное масло, дисперсный мел, канифоль и графит. Контактующие поверхности образцов обрабатывались абразивной бумагой. В опытах измерялось сближение и упругое предварительное смещение.

Анализ опытных результатов позволяет сделать следующее утверждение:

1. Жидкие промежуточные слои весьма слабо влияют на величину сближения контактирующих тел (рис. 1).

2. Наличие промежуточного слоя не изменяет характера зависимости сила сдвига — смещение, но сильно сказывается на величине предельной силы сдвига, т. е. на коэффициенте трения покоя (рис. 2).

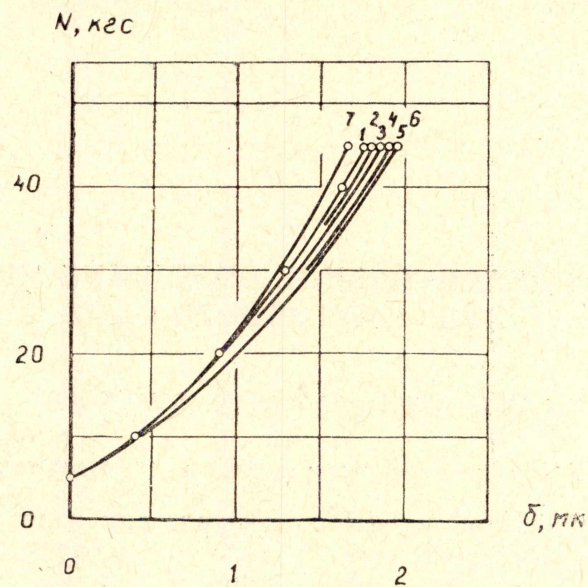


Рис. 1. Зависимость между сближением  $\delta$  и силой сжатия  $N$  для контакта закаленных образцов из стали 45. 1 — без промежуточного слоя; 2 — слой канифоли; 3 — слой солидола; 4 — слой воды; 5 — слой мела; 6 — слой графита; 7 — слой масла

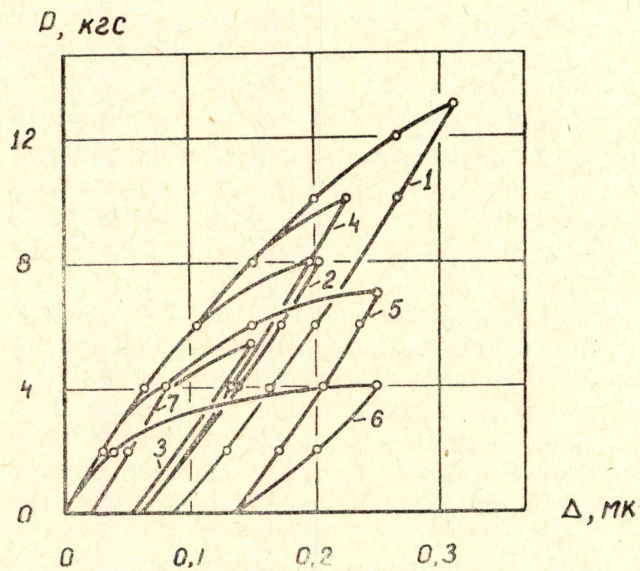


Рис. 2. Зависимости между предварительными смещениями  $\Delta$  и сдвигающими силами  $P$  для контакта закаленных образцов из стали 45. Сила сжатия 45 кг. Образцы соприкасались по кольцевой плоскости шириною 2 мм и средним диаметром 20 мм. 1 — без промежуточного слоя; 2 — слой канифоли; 3 — слой солидола; 4 — слой воды; 5 — слой меди; 6 — слой графита; 7 — слой масла

Характерно, что при малых усилиях сдвига величина смещения не зависит от наличия промежуточного слоя.

Перечисленные здесь утверждения позволяют следующим образом представить особенности упругого предварительного смещения с промежуточными слоями.

Величина деформации тонких промежуточных слоев жидких материалов, находящихся в квазитвердом состоянии, незначительна по сравнению с деформацией поверхности контактирующих тел. Однако влияние этих слоев на деформацию поверхности велико и проявляется по-видимому через пластифицирующее воздействие [5] на объемы металла, испытывающие локальную пластическую деформацию [6]. В опытах это фиксировалось как уменьшение коэффициента трения. Тогда для анализа упругого предварительного смещения при наличии промежуточного слоя можно использовать зависимости, изложенные в работе [6], учтя влияние промежуточного слоя через изменение коэффициента трения.

Проанализируем некоторые теоретические зависимости, используя формулу сдвига для единичного выступа [6]

$$\Delta = \frac{3(2-\mu)}{8Ga} fN \left[ 1 - \left[ 1 - \frac{P}{fN} \right]^{\frac{2}{3}} \right],$$

где  $\Delta$  — относительное касательное перемещение единичного выступа контактирующих тел,

$\mu$  — коэффициент Пуассона,

$G$  — модуль сдвига,

$a$  — радиус круга давления,

$f$  — коэффициент трения,

$N$  — сжимающее усилие,

$P$  — сдвигающее усилие.

Отсюда податливость  $\frac{d\Delta}{dP}$  будет  $\frac{d\Delta}{dP} = \frac{2-\mu}{4Ga} \left[ 1 - \frac{P}{fN} \right]^{-\frac{1}{3}}$ . Следова-

тельно, начальная податливость, равная  $S_0 = \frac{2-\mu}{4Ga}$  не зависит от коэффициента трения, т. е. от наличия промежуточного слоя, что подтверждается опытами, (рис. 2).

Величина предельного предварительного смещения будет пропорциональна коэффициенту трения:

$$\Delta_{пр} = \frac{3(2-\mu)}{8Ga} fN.$$

Этот факт так же согласуется с опытами.

В заключение отметим, что влияния промежуточных слоев из материалов типа графит, мел, канифоль и т. п. на предварительное смещение и сближение могут быть иными, чем рассмотренное выше. Это объясняется тем, что в данном случае толщина слоев может быть больше. Величина деформации таких слоев будет так же большей, соизмеримой с деформацией поверхности металла или даже превышать ее.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Б. Демкин. Фактическая площадь касания твердых поверхностей. Изд. АН СССР, 1962.
2. И. В. Крагельский, В. С. Щедров. Развитие науки о трении. Изд. АН СССР, 1956.
3. А. С. Ахматов. Молекулярная физика граничного трения, Физматгиз, 1963.
4. И. Р. Коняхин. Теория предварительных смещений применительно к вопросам контактирования деталей. Изд. Томского университета, 1965.
5. В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Г. В. Карпенко. Влияние поверхностно-активной среды на процессы деформации металлов. Изд. АН СССР, 1954.
6. Б. П. Митрофанов. Упругое предварительное смещение. Изв. вузов, Машиностроение, № 5, 1965.