

О НЕКОТОРЫХ ЯВЛЕНИЯХ В СЖАТО-СДВИГАЕМОМ ДИСКРЕТНОМ КОНТАКТЕ

И. Р. КОНЯХИН, Б. П. МИТРОФАНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

В работах авторов [1, 2, 3] приведены экспериментальные результаты исследования предварительного смещения дискретного контакта двух твердых тел и предложена феноменологическая теория для упругого предварительного смещения.

В настоящей работе излагаются и анализируются некоторые новые экспериментальные факты.

Исследование явлений, протекающих в дискретном контакте при одновременном изменении сжимающей и сдвигающей усилий, представляет практический интерес, так как подобные явления часто наблюдаются в реальных контактах.

Экспериментальные факты, рассмотренные ниже, получены на дискретных контактах металлических образцов [1] в условиях упругого предварительного смещения.

Ранее было показано [1, 2], что процесс нагрузки и разгрузки сжатого контакта сдвигающей силой P может быть представлен в виде зависимости величины предварительного смещения Δs от сдвигающей силы. На рис. 1, *a* ветвь OA соответствует нагрузке, ветвь AB — разгрузке.

Среди возможных способов разгрузки существует такой, при котором не происходит взаимного смещения образцов. Этот способ, заключающийся в одновременном изменении сжимающей и сдвигающей усилий, на рис. 1, *a* представлен прямыми AC , 1—1, 2—2, 3—3, 4—4.

Заслуживает внимания регистрируемая при этом зависимость сдвигающей силы от сжимающей. На рис. 1, *b* показаны графики таких зависимостей, причем кривые 1, 2, 3, 4 получены после частичного удаления сдвигающей силы, а кривая 5 после полного.

Для объяснения такого характера кривых можно использовать модель единичного выступа [3] сжато-сдвигаемого контакта. Действительно, эпюра касательных напряжений для единичного выступа в момент деформации, соответствующей точке B на рис. 1, *a*, будет двухзначной, рис. 1, *b*. Размеры зон проскальзывания для отдельного единичного выступа будут зависеть от соотношения сил сдвига и сжатия соответствующего выступа. При уменьшении сжимающей силы N в условиях отсутствия взаимного перемещения контактирующих тел (рис. 1, *b*) понадобится специальная сдерживающая сила P , которая компенсирует нарушение равновесия горизонтальных сил контакта.

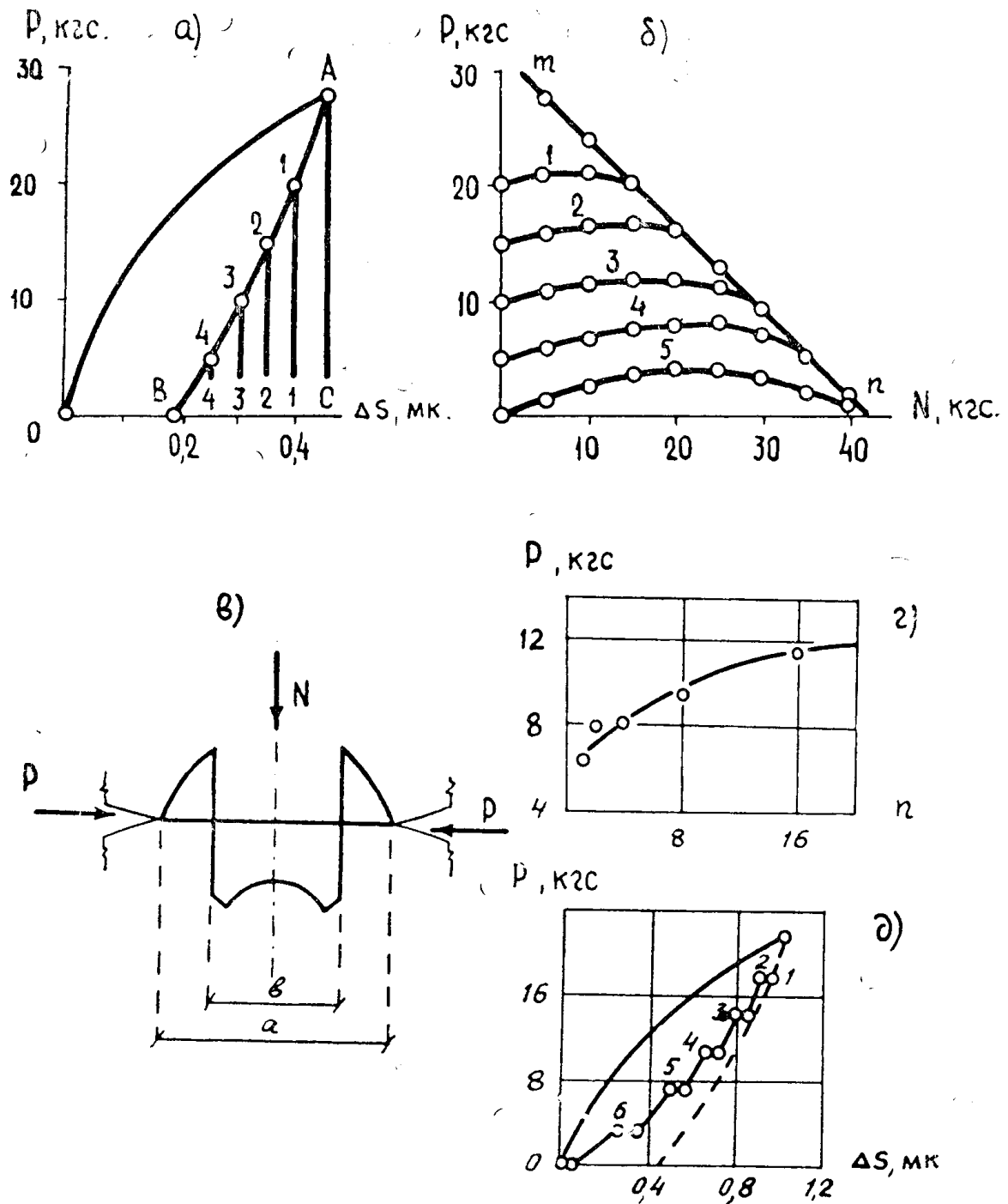


Рис. 1.

Заметим, что в момент разгрузки контакта, соответствующий точке B (рис. 1, a), указанные силы самоуравновешены.

Понятен и характер кривых 1, 2, 3, 4, 5.

В начале и в конце совместного уменьшения сил сжатия и сдвига контакта из соприкосновения выходят зоны, для которых сила сдвига пропорциональна силе сжатия [3]. Этим объясняется равенство по абсолютному значению величин $\frac{dP}{dN}$ в началах и концах кривых 1, 2, 3, 4, 5 (рис. 1, b).

Изменение $\frac{dP}{dN}$ между началами и концами кривых объясняется, в частности, влиянием зоны b контакта (рис. 1, $в$).

Максимальное значение силы P_0 на кривой 5 равно сумме касательных сил, имеющих одинаковое направление в момент, соответствующий точке B . Если после удаления сдвигающей силы (точка B рис. 1, a) одновременное изменение сжимающей и сдвигающей сил для неподвижного контакта производить ступенями так, что после каждой ступени полученная сила P снимается, то суммарная сдвигающая сила при большом числе ступеней стремится к удвоенной величине P_0 . На рис. 1, $г$ приведены результаты таких испытаний для контакта закаленная сталь — медь при различных ступенях разгрузки n .

Приведем еще один пример из проведенных опытов.

После упругого предварительного смещения дискретного контакта сдвигающая сила уменьшилась ступенями, после каждой из которых также уменьшалась сила сжатия. Последнее приводило к взаимному перемещению образцов (например, 1—2 на рис. 1, $д$), которое при некотором значении сжимающего усилия изменяло знак. В этот момент уменьшение сжимающего усилия прекращалось. Затем изменения сдвигающей и сжимающей проводились аналогично, что дало возможность получить точки 3, 4, 5, 6.

Указанные точки соответствуют моменту, когда устранены зоны обратного проскальзывания и все контактирующие выступы полностью проскользнули.

Это подтверждается тем, что отношение силы сдвига контакта к силе сжатия в моменты, соответствующие точкам 2, 3, 4, 5, 6 (рис. 1, $д$), равно коэффициенту трения.

Необходимо отметить, что если контакт обладает значительными адгезионными свойствами, то рассмотренные выше зависимости изменяются. Так, например, в опытах с образцом из цинка кривая 5 (рис. 1, $б$) получалась возрастающей на всем диапазоне уменьшения сжимающей нагрузки.

В заключение рассмотрим явление, которое наблюдалось в следующих условиях. При постоянной силе сжатия производились последовательно два предварительных смещения в противоположные стороны, причем сдвигающее усилие первого смещения было больше второго. После разгрузки от сдвигающей силы производилось уменьшение сжимающей нагрузки и регистрация взаимного перемещения образцов. На рис. 2, $б$ показаны графики зависимости перемещений образцов от силы сжатия.

Линия 1 соответствует однозначному изменению сдвигающей силы — OAB (рис. 2, a), кривая 7 — двухзначному $OABCD$. Последовательно проводимые различными усилиями двухзначные сдвиги соответствуют кривым 2, 3, 4, 5, 6. Характерной особенностью перемещений, представленных последними кривыми, является их двухзначность. Так, например, если после двух последовательных сдвигов OAB и BEK (рис. 2, a) уменьшать сжимающую нагрузку, то мы зарегистрируем

сначала перемещение KL одного направления, а затем LO — противоположного направления. Причем направление первого перемещения противоположно направлению последнего сдвига. Последнее объясняется тем, что при уменьшении сжимающей нагрузки **вначале** устранялись зоны проскальзывания, возникшие при разгрузке EK . Происходящее при этом нарушение равновесия приводило к **взаимному** перемещению образцов KL . Дальнейшее уменьшение сжимающей нагрузки приводило к устранению зон проскальзывания, возникших при разгрузке EK , и к изменению направления перемещения.

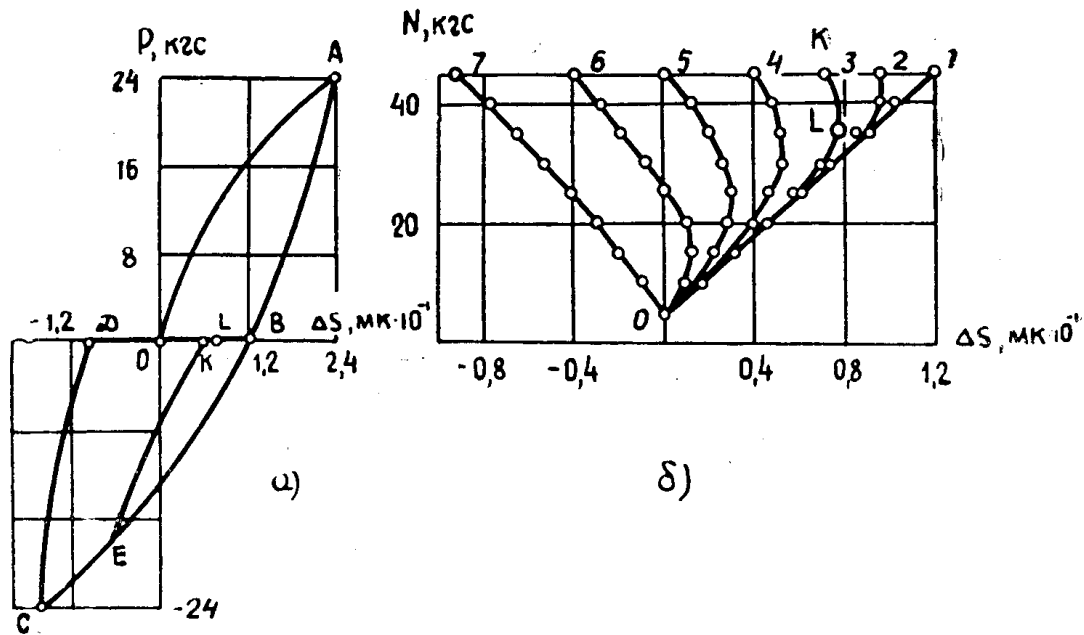


Рис. 2.

Изложенные в настоящей работе экспериментальные факты по изучению упругого предварительного смещения согласуются с ранее предложенным объяснением природы этого явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Р. Коняхин и Б. П. Митрофанов. Определение потерь на механический гистерезис. Физика металлов и металловедение. Изд-во Наука, т. 17, вып. 6, 1964.
2. И. Р. Коняхин и Б. П. Митрофанов. Processe disipative in cazul deplasarii pzealabile in limitele elasticitatii. Studii si cercetari de Mecanica Aplicata, № 1, t. 15, 1964.
3. Б. П. Митрофанов. Природа упругого предварительного смещения. Известия вузов, Машиностроение, № 5, 1965.