

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Лапицкий, С. М. Макин, Г. М. Дымшакова, Ж. общ. химии, 34, 2564, 1964.
2. Г. А. Лапицкий, С. М. Макин, А. Е. Преснов, Г. А. Федорова, ЖВХО им. Д. И. Менделеева, 11, 584, 1966.
3. Beilst. Handbuch. Organ. Chem., 13, 63, 215, 1930.
4. О. Я. Федотова, М. Л. Кербер, И. П. Лосев, Высокомолек. соед. 6, 452, 1964.
5. Г. С. Колесников, А. С. Малошицкий, Высокомолек. соед., 2, 1119, 1960.
6. Г. А. Лапицкий, С. М. Макин, ЖВХО им. Менделеева, 9, 116, 1964.

УДК 678.744:678.01:53

## О РОЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ТРЕНИИ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

*А. И. Елькин, В. Н. Николаев*

При исследовании трения полиметилметакрилата нами было обнаружено, что в атмосфере наблюдается рост силы трения с увеличением числа циклов испытания до определенного значения, в то время как в вакууме с увеличением числа опытов сила трения практически не изменяется. При каждом цикле испытания образец из полиметилметакрилата, находящийся под нагрузкой, скользил по полированной стальной поверхности со скоростью  $v = \text{const}$  на некотором пути  $S$ , а затем с той же скоростью возвращался в исходное положение. Разобщение поверхностей трения при этом исключалось.

В работе была поставлена цель выяснить зависимость роста силы трения в процессе скольжения в атмосфере от возникающей электризации полимера.

Влияние электризации на внешнее трение известно из работ Дерягина и Смилги [1], Дубинина [2, 3] и других авторов [4—6]. Однако этот вопрос остается малоизученным.

В данной работе были сопоставлены зависимости силы трения и потенциала электрического поля от числа циклов испытания при скольжении полиметилметакрилата по металлической поверхности в вакууме и в атмосфере.

Исследования проводили на вакуумном трибометре [7]. Потенциал электрического поля, пропорционального появляющимся на поверхностях фрикционной пары зарядам, измеряли на приборе, разработанном Раевским [8].

На рис. 1 представлена зависимость силы трения ( $F$ ) от числа циклов испытания ( $n$ ) в атмосферных условиях. При первом цикле испытания сила трения имеет значение  $F_0$ . При каждом новом цикле трение возрастает. Однако сила трения после определенного числа испытаний достигает насыщения и при дальнейших опытах не превышает значения  $F_\infty$ . Если поверхности трения разъединить и разрядить, то сила трения при последующих испытаниях начинает опять возрастать от значения  $F_0$  до  $F_\infty$  (кривая 2, рис. 1).

Аналогичный вид имеет зависимость потенциала электрического поля вблизи поверхности образца полимера в условных единицах от числа циклов испытания (рис. 2, кривая 1). Насыщение силы трения и электрического потенциала наступает приблизительно после одинакового числа испытаний ( $8 \div 12$ ).

Электризация диэлектриков в процессе каких-либо воздействий на них имеет при данных постоянных внешних условиях предельную интенсивность [9]. В процессе трения полимера по стальной поверхности (рис. 2,

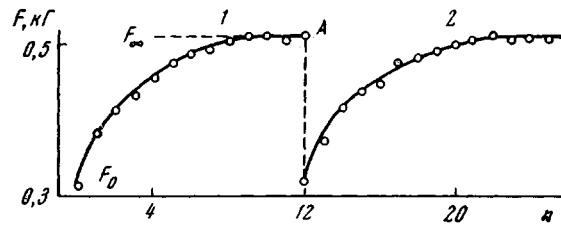


Рис. 1

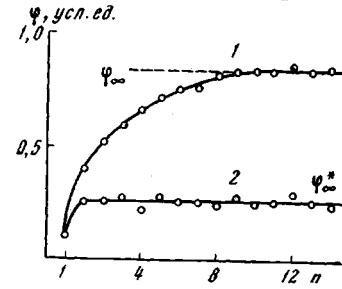


Рис. 2

Рис. 1. Зависимости силы трения ( $F$ ) полиметилметакрилата по стали от числа циклов испытания ( $n$ ). Точка  $A$  соответствует моменту разъединения поверхностей трения пары, разряженной их и приведению опять в контакт; скорость скольжения 125 мм/мин; нормальная нагрузка 2 кг; площадь номинального контакта 2,3 см<sup>2</sup>; 1 и 2 — циклы испытания

Рис. 2. Зависимость потенциала электрического поля от числа циклов испытания в атмосфере (1) и в вакууме (2)

кривая 1) происходит непрерывное заряжение образцов полимера до определенной интенсивности, зависящей от природы взаимодействующих поверхностей, температуры и др.

Насыщение силы трения при больших скоростях скольжения достигается быстрее, чем при меньших (рис. 3, кривые 1, 2), что связано с

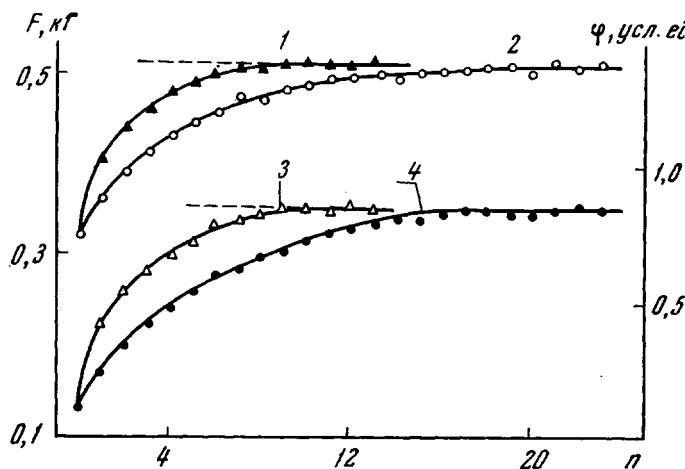


Рис. 3. Зависимость силы трения  $F$  (кривые 1 и 2) и потенциала электрического поля  $\varphi$  (кривые 3 и 4) от числа циклов испытания  $n$ :

1 и 3 — скорость скольжения 12 мм/мин; 2 и 4 — скорость скольжения 125 мм/мин; нормальная нагрузка 2 кг

ускоряющим действием скорости на разделение зарядов при трении (рис. 3, кривые 3 и 4).

Вопросу о контактной электризации посвящены обстоятельные работы Дерягина [10, 11]. В этих работах показано, что при контакте любых двух тел как металлических, так и непроводящих, на границе раздела возникает двойной электрический слой; для разъединения таких поверхностей необходимо совершить работу против сил электрического поля,

пропорциональную поверхности плотности электрических зарядов ( $\sigma$ ) и квадрату разности потенциалов ( $U^2$ ).

Однако механизмы возникновения контактной разности потенциалов на границе раздела соприкасающихся тел при относительном покое и при скольжении различны. Возможные причины возникновения контактной разности потенциалов при трении отмечаются в работах Дубинина [2, 3], Леонарда и Лёба [4].

Всю площадь контакта в процессе трения можно представить как набор обкладок элементарных заряженных конденсаторов, на преодоление сил электрического поля которых в процессе тангенциального смещения необходимо затратить работу. Однако взаимодействие заряженных поверхностей действует как добавочная нагрузка. Таким образом, кроме молекулярного взаимодействия, действующего на площади фактического контакта, добавляется электрическое взаимодействие на всей площади номинального контакта.

Испытания в вакууме  $10^{-3}$  мм показали, что в этом случае наблюдается незначительный рост силы трения, которая быстро насыщается до значения  $F_{\infty}^*$ , практически равного  $F_0$  (рис. 4).

В условиях вакуума поверхности фрикционной пары тоже заряжаются. Однако возможность таунсендовского электрического разряда в вакууме



Рис. 4. Зависимость силы трения ( $F$ ) полиметилметакрилата по стали от числа циклов испытания ( $n$ ) в вакууме; скорость скольжения 125 мм/мин; нормальная нагрузка 2 кг

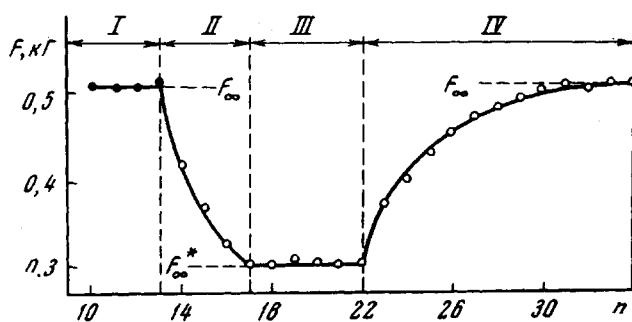


Рис. 5. Зависимость силы трения ( $F$ ) полиметилметакрилата по стали от числа циклов испытания  $n$ :

I — атмосфера; II — момент откачки; III — вакуум; IV — атмосфера; скорость скольжения 125 мм/мин; нормальная нагрузка 2 кг

кууме кладет предел увеличению разности потенциалов. На рис. 2 приведена зависимость потенциала в условиях вакуума. Величина  $\varphi_{\infty}^*$  в вакууме намного ниже  $\varphi_{\infty}$  атмосферного. Величина разрядной разности потенциалов ( $U$ ), согласно известному закону Пашена, зависит от произведения давления газа  $p$  на разрядный зазор  $h$ :

$$U = Bph/[C + \ln(ph)],$$

где  $C$  и  $B$  — константы, зависящие от рода газа и вещества электродов.

Закон Пашена справедлив как для однородных, так и для неоднородных полей, обусловленных геометрией разрядного промежутка [4].

Поскольку рост силы трения с увеличением циклов испытания связывается с увеличением потенциала  $\varphi$  до значения  $\varphi_{\infty}$ , а  $\varphi_{\infty}$  падает с уменьшением давления, то и сила трения должна падать с уменьшением давления. Для проверки этого проводились следующие опыты. После-

достижения в атмосфере максимального установившегося значения силы трения  $F_\infty$  воздух из камеры эвакуировали и измеряли в это время силу трения. С увеличением циклов испытания, при постепенном понижении давления в камере до  $10^{-3}$  мм наблюдалось плавное снижение силы трения от  $F_\infty$  до  $F_\infty^*$  (рис. 5).

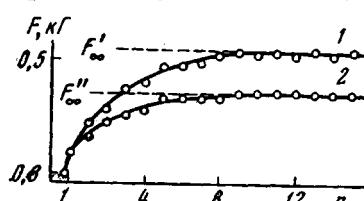


Рис. 6. Зависимость силы трения ( $F$ ) полиметилметакрилата по стали от числа циклов испытания ( $n$ ) при разных температурах:

1 —  $20^\circ$ ; 2 —  $80^\circ$ ; скорость скольжения 125 мм/мин; нормальная нагрузка 2 кг

ся,  $F_\infty'' < F_\infty'$ . Вероятно, дезориентирующее действие теплового движения с ростом температуры ведет к уменьшению поляризации полимера и к ослаблению эффективного электрического поля, в результате  $F_\infty$  с повышением температуры уменьшается.

Выражаем благодарность профессору Г. М. Бартеневу за внимание к работе.

### Выводы

1. С увеличением числа циклов испытания при возвратно-поступательном движении полиметилметакрилата по металлу сила трения в атмосферных условиях возрастает до установившегося значения. Возрастание силы трения связано с электризацией фрикционной пары до установившейся интенсивности.

2. В вакууме, в результате электрического разряда, установившаяся интенсивность электризации намного меньше, чем в атмосфере, поэтому в этих условиях возрастания силы трения практически не наблюдается.

3. Электризация фрикционной пары, возникающая при скольжении полиметилметакрилата по металлу, существенно влияет на величину силы трения.

Московский педагогический институт  
им. В. И. Ленина

Поступила в редакцию  
26 V 1966

### ЛИТЕРАТУРА

- Б. В. Дерягин, В. П. Смилга, О влиянии двойного электрического слоя на трение качения. Исследования в области поверхностных сил (сб. статей), изд-во «Наука», 1964.
- А. Д. Дубинин, Трение и износ в деталях машин, Машгиз, 1952.
- А. Д. Дубинин, Энергетика трения и износа деталей машин, Машгиз, 1963.
- В. Леопард, L. Leob, Static electrification, Berlin, Springer-Vert, 1958.
- Соул, Гейнер, Скиннер, Тр. Американского об-ва инженеров-механиков, № 8, 1957.
- Ш. М. Билик, Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах, изд-во «Машиностроение», 1966.
- Г. М. Бартенев, А. И. Елькин, Заводск. лаб., 29, 227, 1963.
- И. М. Раевский, Сб. Физ. эксперимент в школе, Учпедгиз, 1966.
- Н. Г. Дроздов, Статическое электричество в пром-сти, Госэнергоиздат, 1949.
- Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, Адгезия, Изд-во АН СССР, 1949.
- Б. В. Дерягин, Вестник АН СССР, 1954, № 7, 10.