

Ш. М. БИЛИК, В. И. ДОНСКИХ, П. М. ЧЕРКАССКАЯ

СТРОЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ И ИХ КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРЕНИЯ ПО СТАЛИ

(Представлено академиком А. Ю. Ишлинским 7 V 1970)

Антифрикционные свойства полимерных материалов разных классов изучались на машине трения МИ-1М в отсутствие смазки при скорости скольжения 1 м/сек и нагрузке 6 кг/см². Перед испытаниями полимеры и стальные ролики (см. 45, V7) тщательно обезжиривались. Затем образцы прирабатывались до полного визуального контакта (коэффициент перекрытия составлял 1:6), после чего проводились замеры установившихся значений коэффициентов трения μ .

Сопоставляя значения коэффициентов трения разных полимеров (табл. 1) нетрудно заметить, что μ уменьшается с возрастанием плотности материала.

Анализируя строение и состав испытанных полимеров, нами было сделано предположение о том, что на величину μ , при данных условиях опыта, существенно влияет эффективная подвижность макромолекул*.

Для проверки этого предположения исследовался ряд полимерных материалов одного класса — алифатических полиамидов (табл. 2), макромолекулы которых отличаются между собой числом метиленовых групп, разделяющих амидные полярные группы.

Для сравнения был также испытан полиэтилен высокой плотности (в.п.), который, как известно, амидных групп не содержит. Во избежание разогрева поверхностей трения испытания проводились со скоростью относительного скольжения 0,5 м/сек, нагрузках 2—3 кг/см² и коэффициенте перекрытия 1:16.

Анализ полученных данных показал, что среди испытанных полиамидов наиболее плотный полимер — анид характеризуется меньшими значениями коэффициентов трения по сравнению с остальными материалами; максимальные значения μ наблюдаются в паре полиамид-12 — сталь.

В ряду полимеров анид — полиамид-12 число метиленовых групп —СН₂—, разделяющих полярные группы, увеличивается. Следовало бы ожидать уменьшения значений коэффициентов трения в этом ряду материалов, если сила трения в основном определяется наличием полярных групп и их адгезионным взаимодействием со сталью. Однако этого не происходит; по-видимому, полярные группы не оказывают решающего значения в формировании силы трения.

* Под эффективной подвижностью авторы понимают усредненные значения гибкости цепи без разделения подвижности макромолекул в аморфной и кристаллических фазах полимера.

Таблица 1

Значение коэффициентов трения и плотности полимеров

Материал	Плотность, г/см ³	Коэффициент трения
Политетрафторэтилен	2,20	0,150
Ароматический полиамид	1,42	0,240
Полиформальдегид	1,40	0,240
Поликарбонат	1,20	0,266
Поликапроамид	1,13	0,400
Полиамид-68	1,13	0,400

Увеличение числа метиленовых групп между полярными группами влияет на гибкость цепей макромолекул полимера. Гибкость цепи снижает теплостойкость полимеров, повышает скорость релаксационных процессов.

Сравнительную оценку эффективной подвижности макромолекул полимеров можно получить, изучая их термомеханические свойства. Зависи-

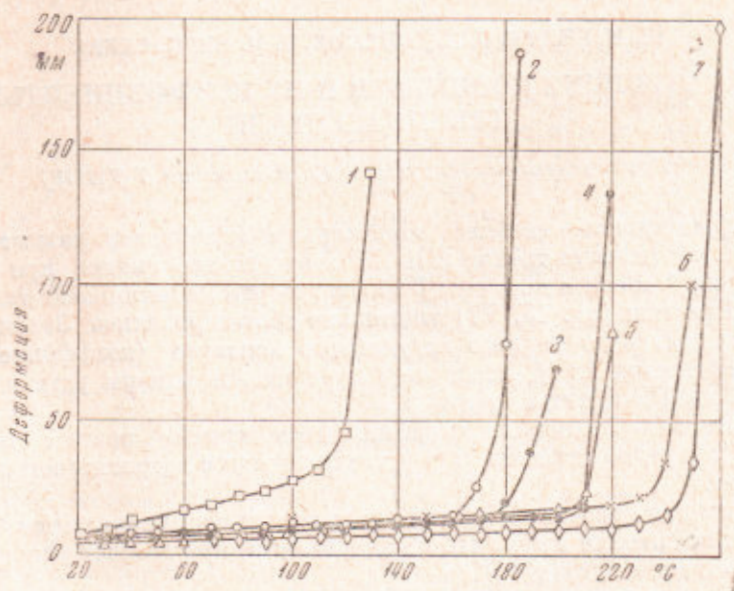


Рис. 1. Термомеханические кривые: 1 — полиэтилен в.п., 2 — полиамид-12, 3 — полиамид-11, 4 — полиамид-68, 5 — поликапроамид, 6 — АК-7, 7 — анид

мость деформации ($\Delta h \cdot 10^{-2}$) от температуры для алифатических полиамидов была определена на приборе Игонина (рис. 1). Испытания показали, что с увеличением числа метиленовых групп в макромолекулах полиамида

Таблица 2

Значение коэффициентов трения для полиамидов и полиэтилена в. п.

Материал	Структурная единица	Плотность, г/см ³	Коэффициенты трения при нагрузке	
			2 кг/см ²	3 кг/см ²
Анид	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_8\text{NH}-\text{CO}(\text{CH}_2)_8\text{CO}-$	1,451	0,32	0,35
АК-7	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{NHCO}(\text{CH}_2)_7\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{CO}-$	1,142	0,34	0,39
Поликапроамид	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{CO}-$	1,130	0,37	0,42
Полиамид-68	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_8\text{NHCO}(\text{CH}_2)_8\text{CO}-$	1,130	0,37	0,44
Полиамид-11	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_9\text{CO}-$	1,045	0,39	0,45
Полиамид-12	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_{11}\text{CO}-$	1,034	0,40	0,46
Полиэтилен в. п.	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	0,961	0,46	0,49

силы их молекулярной когезии уменьшаются и диапазон течения сдвигается в область более низкой температуры. Так, необратимая деформация полиамида-12 наступает при $\sim 175^\circ$, а анида при $\sim 245^\circ$. Наименее теплостойким из испытанных материалов является полиэтилен в.п. с температурой начала необратимой деформации $\sim 115^\circ$. Он же при нагрузке 2 кг/см² имеет наибольшее значение коэффициента трения 0,46. Увеличение нагруз-

ки до 3 кг/см^2 приводит к возрастанию значений μ для всех полимеров; наименьшее же приращение коэффициента трения наблюдается у полиэтилена в.п. (табл. 2). Это можно объяснить, по-видимому, тем, что с увеличением нагрузки повышается подвижность макромолекул в граничных слоях полимера и большее число полярных амидных групп взаимодействует со стальным телом. Иными словами, происходит увеличение адгезионной составляющей силы трения за счет появления более подвижных (чаще взаимодействующих с контртелом) полярных групп. Таким образом, гибкость цепи полимерных молекул способствует образованию большего числа фрикционных связей между сопряженными поверхностями, увеличению времени существования фрикционной связи с возрастанием скорости релаксационных процессов. Наличие полярных групп играет двойную роль: увеличивая энергию молекулярной когезии, они снижают гибкость цепей макромолекул, а при трении способствуют образованию более прочных фрикционных связей.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт железнодорожного транспорта
Москва

Поступило
29 IV 1970