

М. А. Мироевский, В. Я. Полуянович

РАЗРАБОТКА САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СМЕШЕНИЕМ ПОЛИМЕРОВ

Одним из путей модификации полимерных материалов является совмещение полимеров разной природы. Смешивая такие полимеры в различном соотношении, можно изменять свойства системы в нужном направлении. При этом прочность полимеров должна уменьшаться в меньшей степени, чем при модификации низкомолекулярными веществами.

Данные исследования были проведены с целью изучения влияния модификации полиамидов высокомолекулярными соединениями на их антифрикционные и физико-механические свойства.

В качестве матричных полимеров использовали полиамиды-6 (ПА-6) и-610 (ПА-610). Модифицирующими добавками являлись полиэтилен высокого давления (ПЭВД) марки 10803-020, полиэтилен среднего давления (ПЭСД) марки П-6020, полиэтилен низкого давления (ПЭНД) марки 20908-040, полипропилен (ПП), полибутен-1 (ПБ) и сополимер этилена с винилацетатом (севилен). Полиолефины обладают низкой химической активностью, несколько меньшей, чем полиамиды, прочностью, низким коэффициентом трения, но невысокой износостойкостью. Полиамиды имеют сравнительно высокую прочность, но высокий и нестабильный коэффициент трения.

С введением в ПА-6 и ПА-610 полиолефинов показатель текучести расплава композиционных материалов практически не изменяется по сравнению с немодифицированными полиамидами или увеличивается незначительно. Это связано с тем, что полиолефины плавятся при более низкой, чем полиамиды, температуре, но имеют более высокую вязкость. При достижении температуры плавления полиолефины переходят в вязко-

текущее состояние. Так, температура плавления ПА-6 составляет 488 К, ПЭВД – 378–381, ПЭНД – 398–405, ПП – 437–443 К. Температура переработки композиционного материала уменьшается на 5–10 К по сравнению с немодифицированными полиамидами, давление литья снижается до 100 МПа, технологический процесс переработки материала в изделия не усложняется. При модификации ПА-6 полиолефинами его плотность уменьшается (см. таблицу).

Таблица

Плотность ПА-6, модифицированного полимерами

Композиция	Массовая доля ω модификатора, %	Плотность, кг/м ³
ПА-6	—	1137
ПА-6 + ПЭНД	10	1092
ПА-6 + ПЭСД	10	1094
ПА-6 + ПЭВД	10	1091
ПА-6 + севилен	10	1110
ПА-6 + ПП	10	1090

При использовании полимеров с линейными молекулами (ПЭНД и ПЭСД) плотность ПА-6 понижается в меньшей степени, чем при добавке полимеров с разветвленной структурой (ПЭВД, ПП). Севилен, имеющий активные группы, еще меньше влияет на плотность ПА-6.

Изучение износостойкости композиционных материалов на основе полиамидов позволило установить, что при введении в ПА-6 полиолефинов значительно растет износостойкость

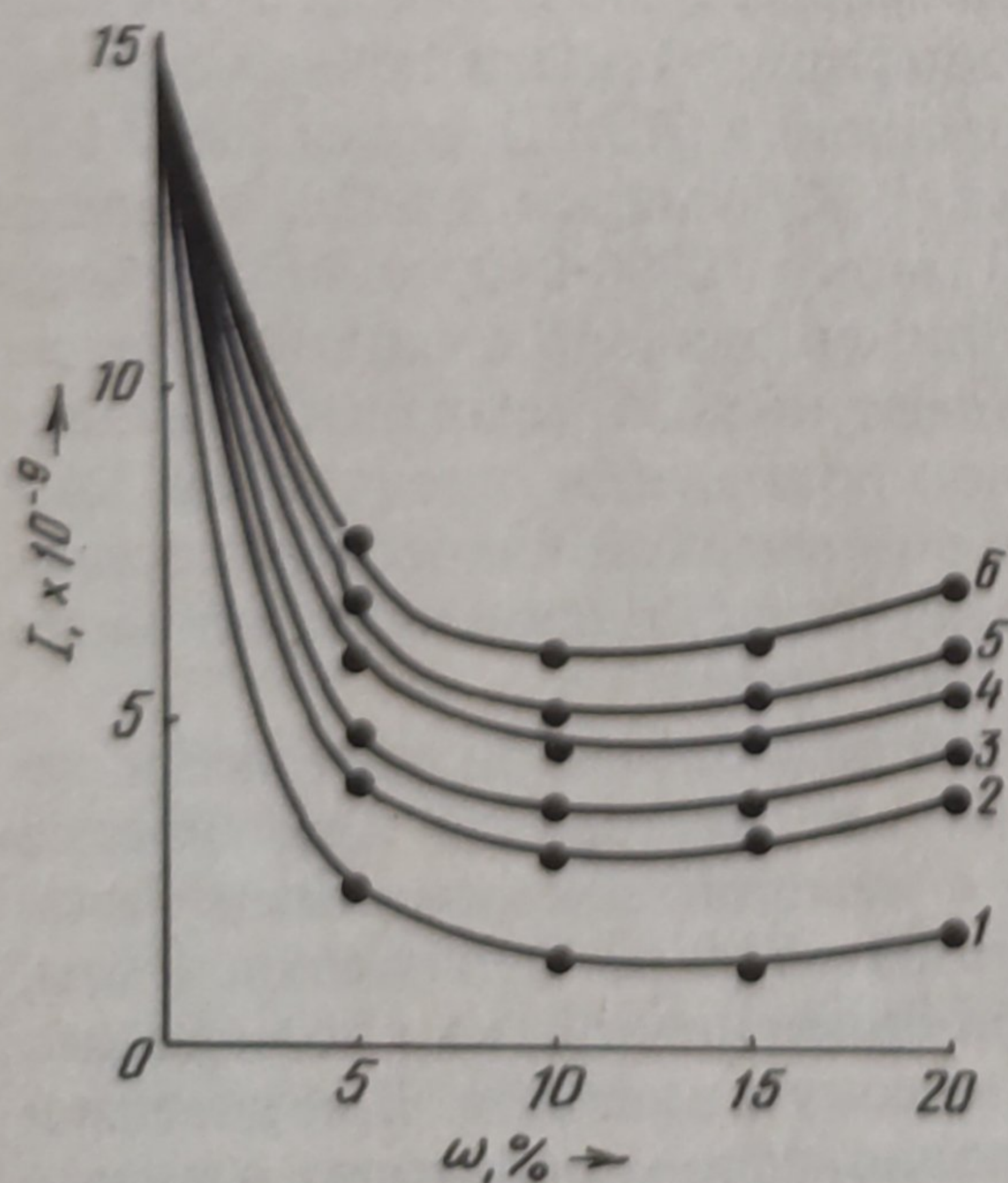
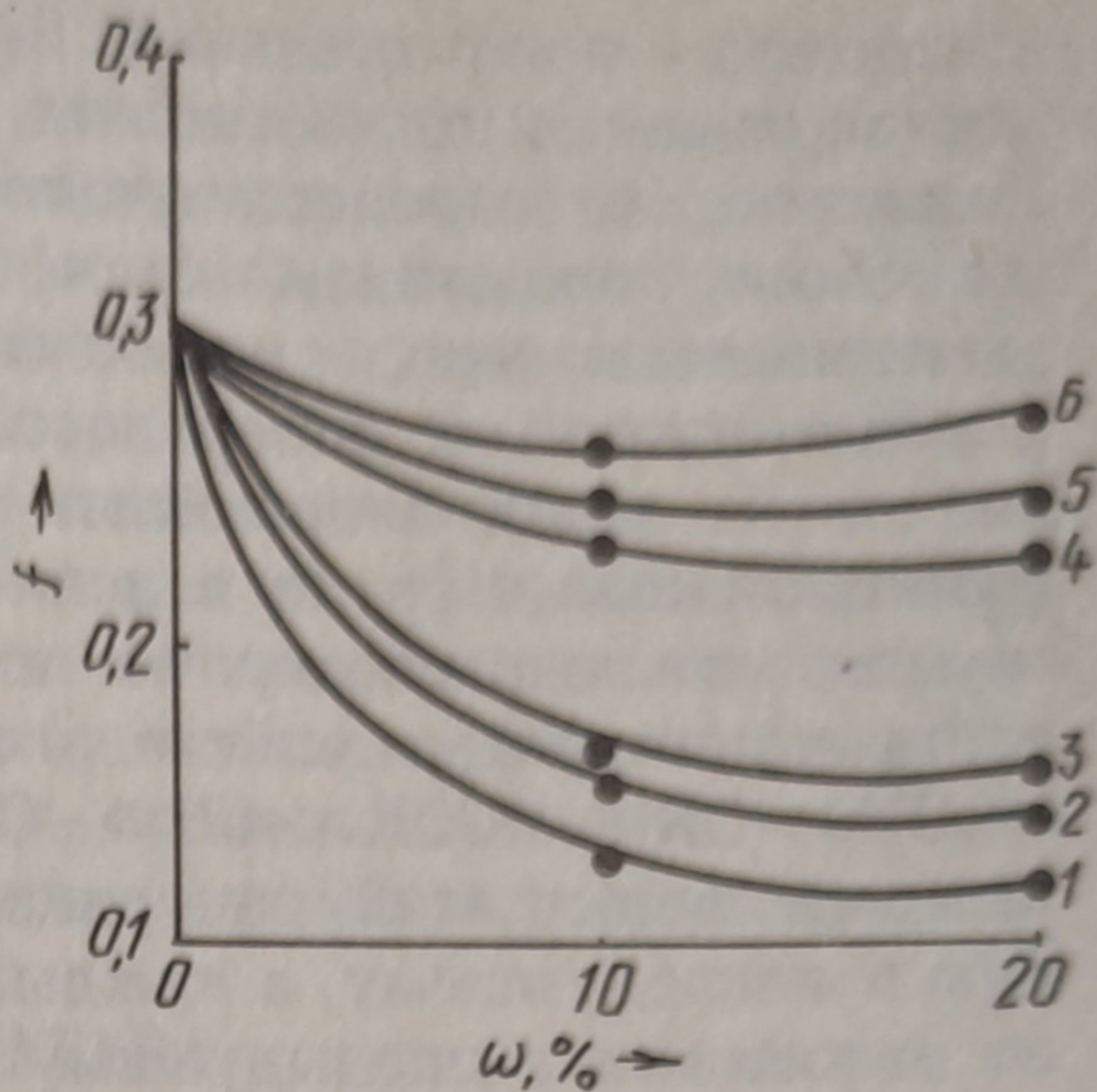


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания ПА-6 от вида и массовой доли модификатора: 1 – ПЭНД; 2 – ПЭСД; 3 – севилен; 4 – ПП; 5 – ПБ; 6 – ПЭВД

Рис. 2. Зависимость коэффициента трения ПА-6 от вида и массовой доли модификатора:

1 — ПЭВД; 2 — ПЭНД; 3 — ПЭСД; ; 4 — се-вилен; 5 — ПП; 6 — ПБ



И композиционного материала по сравнению с немодифицированным ПА-6 (рис. 1). Наибольшее уменьшение (примерно на один порядок) интенсивности изнашивания свойственно композициям, содержащим ПЭНД. При этом наблюдается существенное снижение коэффициента трения f (рис. 2). Примерно такие же I и f отмечаются у композиционного материала, включающего ПЭСД. Низкий коэффициент трения — у композиций с ПЭВД, однако интенсивность изнашивания у них снижается в меньшей степени, чем у композиционных материалов с ПЭСД и особенно ПЭНД. Высокой износостойкостью отличаются композиционные материалы, содержащие ПП и ПБ: интенсивность изнашивания сокращается у них по отношению к ПА-6 в 3–5 раз, но коэффициент трения снижается в меньшей мере. Введение в полиамид севилена приводит к возрастанию f по сравнению с полиамидами, содержащими полиэтилены.

При введении полиолефинов в полиамиды для достижения минимума интенсивности изнашивания полиолефинов требуется меньше для ПА-610, чем для ПА-6. Это, по-видимому, связано со строением их молекул. В молекулах ПА-610 большее расстояние между амидными группами, они имеют большую гибкость и характеризуются меньшей адгезионной прочностью к металлу, так как амидных групп меньше. Поэтому меньшие количества полиолефинов уменьшают взаимодействие ПА-610 с металлом на аналогичную величину по сравнению с ПА-6.

Влияние модифицирующих добавок на овойства рассматриваемых композиций можно объяснить следующим образом. В процессе трения происходит электризация металлополимерной пары, возникает двойной электрический слой [1]. Степень электризации определяется природой полимера. Так, при трении ПА-6 по стали полимер получает отрицательный заряд, а

контртело – положительный. При трении ПЭВД по стали полимер заряжается положительно, а контртело – отрицательно. Возможно, что в процессе трения композиционных материалов на основе полиамидов, модифицированных полиолефинами, электрические заряды компенсируются.

При контакте с поверхностью металла полимерных материалов на заряд поверхности оказывает влияние характер функциональных групп в цепи полимеров. Функциональные группы можно расположить по мере убывания донорных и роста акцепторных свойств в следующий ряд [2, 3]: $-NH_2 > > -OH > -OR > -OCOR > -CH_3 > -CH_2 > -C_6H_5 > -COOR > -CO > -CN$. Каждый предыдущий член ряда является донором по отношению к последующему, а каждый последующий – акцептором по отношению к предыдущему. Рассматривая процесс трения полиамида, модифицированного полиэтиленом, можно сказать, что полиамид является донором, а полиэтилен – акцептором. Поэтому уменьшение момента трения и интенсивности изнашивания при модифицировании можно объяснить некоторым падением потенциала при трении модифицированных полиолефинами полиамидов. Однако в процессе трения при использовании различных полимеров образуются разные потенциалы. Это находит отражение в разных интенсивности изнашивания и моменте трения при модификации полиамидов различными полимерами полиолефинового ряда. Разным потенциалом можно объяснить и тот факт, что снижение интенсивности изнашивания композиционного материала достигается при меньшей массовой доле полиэтилена в ПА-610.

Таким образом, используя различные полимеры для модификации полиамидов, можно изменять их донорно-акцепторные свойства. Модификация может изменять как заряд, так и знак заряда в зоне контакта. Это позволяет в некоторой степени управлять величиной адгезионного взаимодействия полимеров с контртелом. Поэтому, чтобы исключить или значительно снизить влияние электростатических сил на процесс трения, необходимо подобрать разнополярные полимеры, которые в процессе трения генерировали бы на поверхности различные по знаку и равные по значению потенциалы.

Однако следует отметить, что в реальных узлах трения электрические силы не всегда определяют величину адгезионной составляющей в зоне контакта. Здесь происходят и другие сложные процессы, оказывающие значительное воздействие на процесс трения и изнашивания.

При трении композиционных материалов на поверхности тел трения создается избыток смазочного материала, так как смешение полиолефинов с полиамидами вызывает образова-

ние термодинамически несовместимых систем, что приводит к их расслаиванию. Благодаря расслаиванию на поверхности тел трения, как показали оптические исследования, возникает граничная смазочная пленка из полиолефинов, которая имеет более низкую температуру плавления и уменьшает взаимодействие контактирующих поверхностей, а следовательно, снижает коэффициент трения и износ полиамидов.

Использование полиолефинов для модификации полиамидов не усложняет технологический процесс изготовления и восстановления деталей, не требует использования сложного технологического оборудования, позволяет снизить температуру и давление литья, значительно повысить ресурс деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билик Ш. М. Пары трения металл—пластмасса в машинах и механизмах. — М., 1965. — 312 с.
2. Дерягин Б. В., Кротова Н. А., Смилга В. П. Адгезия твердых тел. — М., 1973. — 280 с.
3. Зимон А. Д. Адгезия пленок и покрытий. — М., 1977. — 352 с.