

В. Е. ГУЛЬ, Н. Н. ТУРКОВА, М. Г. ГОЛУБЕВА

**ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОНАПОЛНЕННЫХ
ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК
ПОД ВЛИЯНИЕМ СТАТИЧЕСКОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

(Представлено академиком К. А. Андриановым 11 IX 1970)

Ранее было показано (¹, ²), что введение в полимеры некоторых тугоплавких веществ может инициировать процесс кристаллизации полимеров. При этом, изменяя природу, размер и геометрию зародышеобразователей, можно регулировать процесс кристаллизации в полимере и получать материал с заданными механическими свойствами (³). В этой связи представляло интерес выяснить влияние тонкодисперсных металлических наполнителей, вводимых в различные полимерные связующие с целью получения электропроводных пленок, на процесс структурообразования в этих полимерах.

В качестве объектов исследования были взяты пленки полипропилена, наполненные карбонильным никелевым порошком ($d_{ср} = 2 \mu$) и полученные методом прямого прессования на специально сконструированном прессе. Для этой цели нами сконструирована и изготовлена установка, в которой пресс и электромагнит имеют общую станину. Это позволяет получать электропроводные полипропиленовые пленки как с изотропной, так и анизотропной проводимостью в результате прессования композиции без магнитного поля и при воздействии поля. Под действием статического магнитного поля частицы ферромагнитного никелевого порошка, ориентируясь вдоль силовых линий поля, выстраиваются в полипропилене в цепочки, аналогичные наблюдавшимся ранее на оксидных композициях (⁴, ⁵). Кристаллизация полипропилена проводилась по режиму, обеспечивающему крупносферолитную структуру полимера (⁶).

При исследовании влияния концентрации наполнителя на структуру и механические свойства полипропилена было обнаружено увеличение прочности полипропиленовых пленок при концентрации никелевого порошка порядка 3,5 вес. ч. Этот эффект увеличения прочности полипропилена еще значительно больше при формировании пленок в статическом магнитном поле (рис. 1). Наблюдаемое явление сопровождается изменением структуры полипропиленовых пленок. Для чистого полипропилена характерны крупные, хорошо очерченные резкими гранями сферолиты размером до 400 μ . При добавлении 3,5 вес. ч. никелевого порошка сферолиты становятся меньше — порядка 250 μ , причем в центре каждого сферолита

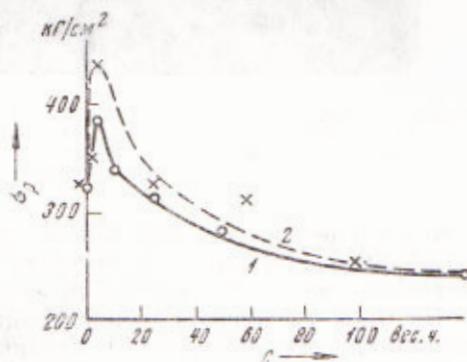


Рис. 1. Зависимость разрушающего напряжения пленок из полипропилена от концентрации никелевого порошка для образцов, отвержденных без магнитного поля (1) и в магнитном поле (2)

располагаются частицы никелевого порошка, которые инициируют образование полимерного зародыша на их поверхности (3). При формировании пленки в статическом магнитном поле (рис. 2) частички ферромагнитного никелевого порошка ориентируются вдоль силовых линий магнитного поля (показано пунктиром), вызывая ориентацию в том же направлении формирующихся на их поверхности сферолитов. Полипропи-

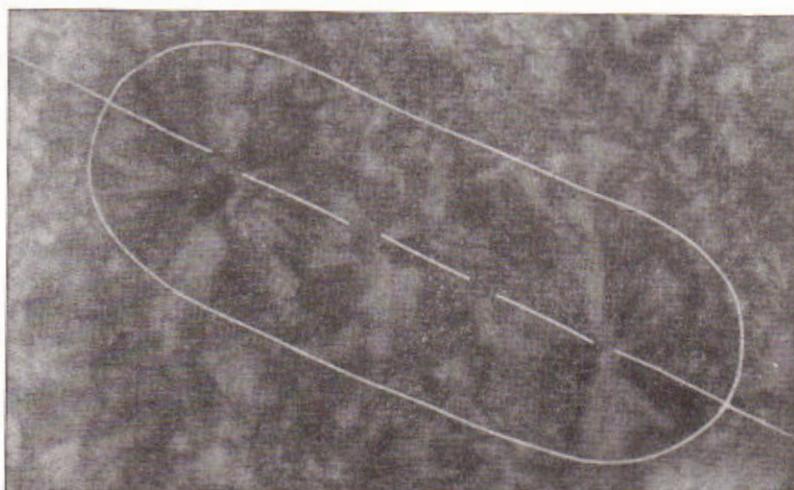


Рис. 2. Микрофотография структуры пленки из полипропилена, наполненной 3,5 вес. ч. никелевого порошка и сформированной под действием магнитного поля

леновые пленки, сформированные в магнитном поле, характеризуются структурной анизотропией, которая, по-видимому, и обуславливает значительное увеличение прочности этих пленок в направлении поля.

По мере увеличения концентрации наполнителя структура пленок становится более однородной. Увеличивается число сферолитов и число их боковых (по отношению к направлению силовых линий поля) контактов друг с другом. При этом анизотропия структуры полипропилена пропадает, однако появляется структурная анизотропия наполнителя. Одновременно с этим при высоких концентрациях никелевого порошка ослабевает и влияние магнитного поля на σ_y . Кривые 1 и 2 на рис. 1 при концентрациях никеля и более 100 вес. ч сливаются. При концентрации никелевого порошка в полипропилене свыше 50 вес. ч. пленки, сформированные в магнитном поле, сохраняя сравнительно высокую механическую прочность, приобретают новое свойство: они становятся электропроводными. Так, при концентрации наполнителя 100 вес. ч. на 100 вес. ч полипропилена удельное сопротивление пленок, измеренное вдоль силовых линий поля, составляет $\rho_v = 10^{-1}$ ом·см (для пленок толщиной порядка 150 μ).

Значительное увеличение прочности в статическом магнитном поле наблюдается и на терморезактивных связующих. Так, прочность клеевого соединения на основе эпоксидной смолы и дисперсного никелевого порошка значительно увеличивается по сравнению с прочностью клеевого соединения, отвержденного вне поля (рис. 3). Наблюдаемый эффект на терморезактивной смоле аналогичен эффекту, описанному выше для термoplastов. Однако, в отличие от них, усиление терморезактностов в статическом магнитном поле наиболее ярко выражено в области высоких концентраций никелевого порошка. Структурирование ферромагнитного наполнителя в цепочечные структуры отличается от структур, сформированных вне магнитного поля при тех же концентрациях, более плотной

упаковкой частиц, обусловленной их магнитным взаимодействием. В случае терморектопластов эффект усиления в магнитном поле проявляется при довольно высоких концентрациях наполнителя порядка 250—350 вес. ч, когда возможно образование пространственной цепочечной структуры наполнителя. Снижение прочности клея при введении небольших количеств никелевого порошка вызвано появлением в материале не-

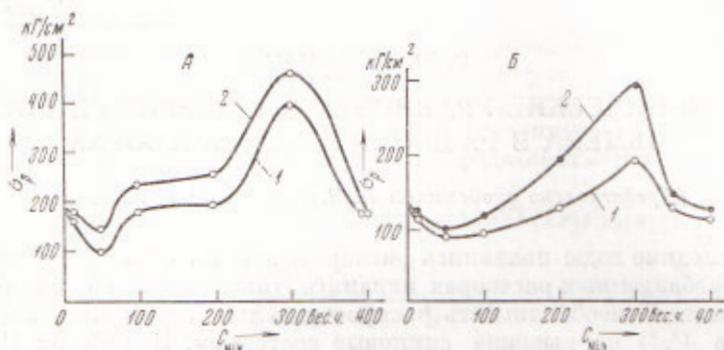


Рис. 3. Зависимость разрушающего напряжения электропроводного клея на основе смолы ЭД-5 от концентрации никелевого порошка, отвержденного без магнитного поля (1) и в магнитном поле (2). А — никель карбонильный, Б — никель электролитический

однородностей, а вместе с ними и появлением дополнительных опасных мест перенапряжений.

В случае термопластов эффект усиления обуславливается уже не столько структурой наполнителя, сколько структурой самого полимера; сферолитные образования которого выстраиваются вдоль магнитных силовых линий вокруг сориентированного в поле наполнителя. Из полученных нами результатов эксперимента следует, что статическое магнитное поле положительно влияет на физико-механические свойства полимеров. Искусственно воздействуя на распределение наполнителя в системе, можно добиться значительного усиления полимерных материалов, что расширяет возможности получения материалов с улучшенными свойствами.

Московский технологический институт
мясной и молочной промышленности

Поступило
9 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Каргин, Т. И. Соколова, Н. Я. Рапопорт-Молодцова, ДАН, 156, № 6, 1406 (1964). ² В. А. Каргин, Т. И. Соколова, Н. Я. Рапопорт-Молодцова, Высокомолек. соед., № 6, № 11, 2090 (1964). ³ В. А. Каргин, Т. И. Соколова, Н. Я. Рапопорт, ДАН, 163, № 5 (1965). ⁴ В. Е. Гуль, Л. Н. Царский и др., Электропроводящие полимерные материалы, М., 1968. ⁵ В. Е. Гуль, М. Г. Голубева, Колл. журн., 29, 62 (1967). ⁶ И. Ю. Царевская, Высокомолек. соед., № 7, Б10 (1968).