

Е. Г. КОНОВАЛОВ, М. М. РЕВЯКО, Л. Ф. ПЕТРОВА

### ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАПОЛНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

В настоящее время проблема наполнения термопластических материалов имеет большое значение. Введение наполнителей в термопласты преследует следующие цели: удешевление материала (смешение с более дешевым продуктом); улучшение механических свойств и обеспечение особых механических, физико-химических, электрических и других свойств [1—3]. Эти свойства в значительной мере определяются химической природой наполнителя, его физическим строением и дисперсностью. Целью данного исследования было изучение влияния некоторых минеральных и органических наполнителей на механические характеристики полиэтилена.

Для исследования был взят полиэтилен высокого давления марки П2020-Т, по МРТУ 6-05-889-65. В качестве наполнителей были взяты тальк, ГОСТ 879—52 марки Б 1-го сорта, асбест, ГОСТ 12871—67 марки М-5-50, стекловолокно, ГОСТ 10724—64, древесная мука, ГОСТ 911—62 № 180, древесные опилки смешанных пород. Наполнители вводились в следующих количествах: 10, 5, 15, 20, 30, 40, 50 вес. %.

Перед смешением наполнители сушились до постоянного веса. Смешение полиэтилена с наполнителями производилось в расплаве на лабораторном экструдере с диаметром червяка 20 мм, отношением длины к диаметру 30:1 при скорости вращения шнека 75 об/мин. Качество смешения определялось оптическим путем на микроскопе МИМ-7 на срезах композиций.

Образцы для исследования получали литьем под давлением на литьевой машине ТП-32 согласно ГОСТу 12019—66. Температура литья 155—175°, выдержка под давлением 4—7 сек.

После кондиционирования согласно ГОСТу 12423—66 образцы испытывались на растяжение и относительное удлинение по ГОСТу 11262—65, на сжатие по ГОСТу 4651—63, на твердость по ГОСТу 13323—67 и плотность.

Данные эксперимента подверглись статистической обработке, которая позволяет исключить показатели с большой погрешностью. Разрушающее напряжение при растяжении  $\sigma_{ps}$  (кгс/см<sup>2</sup>) вычисляли по формуле

$$\sigma_{ps} = \frac{P_{ps}}{bs},$$

где  $P_{ps}$  — нагрузка, при которой образец разрушился, кгс;  $b$  — ширина рабочей части образца, см;  $s$  — толщина рабочей части образца, см.

Относительное удлинение при разрыве в процентах вычисляли по формуле

$$E_{ps} = \frac{\Delta l_{ps}}{l_0},$$

где  $\Delta l_{\text{рз}}$  —приращение длины базы при разрыве, мм;  $l_0$ — исходная длина базы, мм.

Как видно из рис. 1, предел прочности при растяжении при введении 10% органического наполнителя в виде древесной муки и древесных опилок является максимальным. Очевидно, в данном случае упорочняющую роль мелкодисперсного наполнителя (древесная мука)

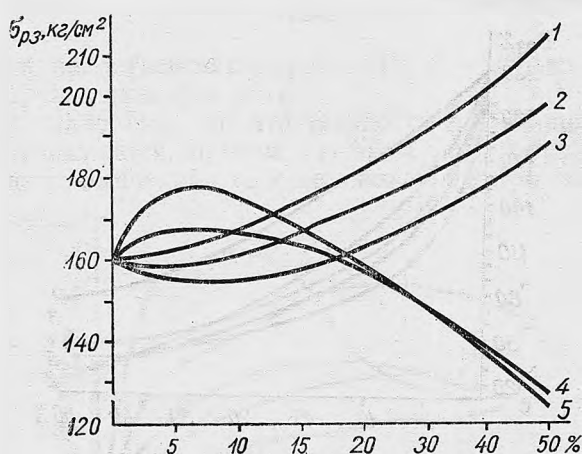


Рис. 1. График зависимости предела прочности при разрыве от вида и количества наполнителя:  
1 — стекловолокно; 2 — тальк; 3 — асбест; 4 — древесные опилки;  
5 — древесная мука.

можно объяснить с точки зрения влияния наполнителя на надмолекулярные структуры полимера. Согласно современной теории строения полимеров, свойства полимерных материалов определяются характером надмолекулярной структуры. В кристаллизующем полимере частички наполнителя являются центрами структурообразования. Наполнители способствуют образованию мелкосферолитной структуры. В наполненных полимерах кристаллизация завершается быстрее и полнее. Образовавшаяся мелкосферолитная структура и обеспечивает равномерность их свойств, является стабильной и обуславливает повышенные прочностные свойства. Однако при наполнении свыше 10% прочность падает по причине низкой (ниже, чем у связующего) разрывной прочности наполнителя.

Для композиций с минеральным наполнителем наблюдается постепенное увеличение предела прочности при растяжении, причем увеличение прочности при разрыве растет с увеличением процента содержания наполнителя в полимере. Подобное изменение прочности при разрыве связано с образованием вокруг наполнителя оболочки из полимерных молекул, в которых полимер обладает повышенными механическими свойствами. Кроме этого, немаловажную роль играют прочностные показатели самого наполнителя. Анализ поверхности разрушения образцов композиций показал, что разрушение идет не только по связующему, но и по частицам наполнителя. Это свидетельствует о наличии достаточно прочной связи по поверхности раздела фаз, что создает условие реализации прочности наполнителя [4—5].

Относительное удлинение при разрыве, как видно из рис. 2, для всех композиций падает по сравнению с чистым полиэтиленом, так как жесткость системы полимер — наполнитель увеличивается.

Предел прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$  вычисляют по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F},$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, кгс;  $F$  — площадь поперечного начального сечения образца, см<sup>2</sup>.

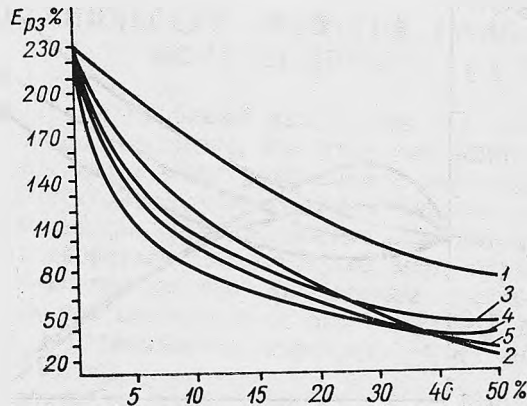


Рис. 2. График зависимости относительного удлинения при разрыве от вида и количества наполнителя:

1 — тальк; 2 — стекловолокно; 3 — древесные опилки;  
4 — древесная мука; 5 — асбест

На рис. 3 показана графическая зависимость предела прочности при сжатии от вида и количества наполнителя. С увеличением степени наполнения полиэтилена предел прочности материала при сжатии воз-

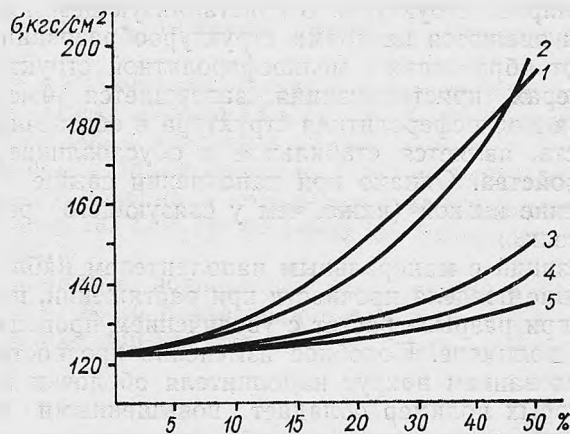


Рис. 3. График зависимости предела прочности при сжатии от вида и количества наполнителя:

1 — асбест; 2 — стекловолокно; 3 — тальк; 4 — древесная мука, 5 — тальк

растает независимо от вида наполнителя. Ярко выражено увеличение прочности при сжатии у композиций со стекловолокном ( $\sigma_{сж} = 198$  кг/см<sup>2</sup> при 50% стекловолокна, тогда как у чистого полиэтилена  $\sigma_{сж} = 123$  кг/см<sup>2</sup>). Это объясняется тем, что в процессе деформации

большую часть нагрузки воспринимает наполнитель, деформационные характеристики которого значительно ниже полимера связующего и межфазного слоя.

Число твердости ( $H$ , кгс/мм<sup>2</sup>) определяют по формуле

$$H = \frac{P}{\pi dh},$$

где  $P$  — нагрузка, прилагаемая к шарикю, кгс;  $d$  — диаметр шарика, мм;  $h$  — глубина погружения шарика, мм.

Из графика видно (рис. 4), что твердость композиций, как правило, монотонно повышается, причем наиболее ярко выражено увеличение твердости для композиции со стекловолокном при содержании на-

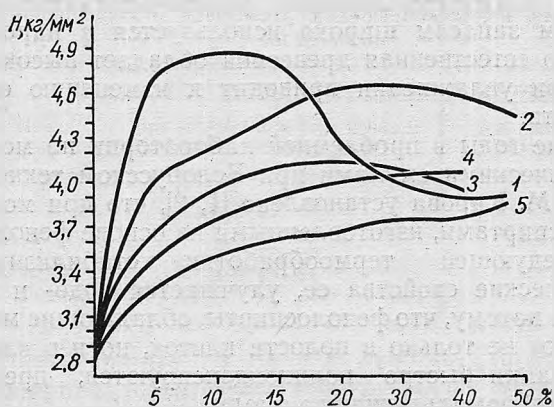


Рис. 4. График зависимости твердости по Бринеллю от вида и количества наполнителя:  
1 — асбест; 2 — стекловолокно; 3 — талек; 4 — древесная мука; 5 — древесные опилки

полнителя 10—15%. Усиливающее действие волокнистых наполнителей значительно больше, чем действие зернистых минеральных наполнителей, благодаря тому, что первые обладают гораздо большей склонностью к образованию собственных структур в среде полимера. Волокнистый наполнитель препятствует возникновению микротрещин, что ведет в конечном случае к увеличению твердости композиций.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Ю. С. Липатов. Физико-химия наполненных полимеров. Киев, 1967. [2] Ю. А. Зыбин, Н. Н. Самосатский. Наполненные фторопласты. Киев, 1965. [3] Ю. С. Липатов. В сб.: Модификация свойств полимеров и полимерных материалов. Киев, 1965. [4] В. Ф. Фюртер. Экспресс-информация «Синтетические высокополимерные материалы», 36, 5, (1964). [5] Г. В. Сагалаев. Модель наполненной системы, свойства модельной системы. МДНТП им. Дзержинского, 1969.