

УДК 541.64:539.3:537.22

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИЭТИЛЕНА

**С.А.АБАСОВ, Ш.В.МАМЕДОВ, В.А.АЛЕКПЕРОВ,  
Т.М.ВЕЛИЕВ**

*Институт Физики АН Азербайджана,  
Баку-143, пр. Г.Джавида 33  
(Поступило 02.09.94)*

В статье исследованы прочностные свойства и структура композиций на основе полипропилена (ПП) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). Показано, что регулируя режим кристаллизации и содержание компонентов ПП и ПЭНП, можно заметно изменять физическую структуру и улучшить прочностные характеристики композиции.

Одним из направлений науки о физике полимеров является изыскание путей повышения их механической и электрической прочностей, а также теплостойкости.

Известно, что упрочнение полимеров может быть осуществлено введением в них различных добавок, в частности, низкомолекулярных, к числу которых можно отнести модифицирующие добавки (наполнители, структурообразователи, стабилизаторы и т.д.).

В последние годы при создании полимерных композиционных материалов начали использовать два и более различных полимеров, т.е. создаются полимер-полимерные системы. Создание таких систем является актуальным также с точки зрения экономии материальных и энергетических ресурсов за счет использования вторичного полимерного сырья.

В данной работе излагаются результаты исследований по созданию бинарных систем полипропилен-полиэтилен низкой плотности (ПП-ПЭНП) при изменении содержания ПЭНП, причем увеличению содержания ПЭНП соответствовало такое же уменьшение содержания ПП. Были изучены изменения механических и электрических прочностных свойств и физической структуры этих композиций в зависимости от соотношения содержания компонентов.

Из приготовленных смесей ПП-ПЭНП путем горячего прессования при температуре 470К получали тонкие пленки толщиной 100-200 мкм, время прессования-15 мин. Были выбраны два режима кристаллизации, которые обычно используются при проведении структурных исследований [1,2]: быстрое охлаждение расплава ПП-ПЭНП со

скоростью 2000 гр./мин., путем погружения его вместе с алюминиевой фольгой в смесь лед-вода и медленное охлаждение до 293К со средней скоростью 2 гр./мин.

Оказалось, что быстроохлажденные образцы композиции ПП-ПЭНП являются оптически прозрачными, т.е. сферолитные образования в них очень мелкие - размером менее 3-5 мкм (мелкосферолитные-МС), а у медленноохлажденных образцов видны хорошо сформированные радиальные сферолиты, размеры которых, в зависимости от состава смеси, составляют 5-150 мкм (крупносферолитные-КС).

Для того, чтобы установить влияние содержания ПЭНП на механические и электрические прочностные свойства композиции ПП-ПЭНП были сняты силовые зависимости механической и электрической долговечностей для МС и КС образцов композиций, содержащих различные количества компонентов ПЭНП и ПП.

Для наглядности, на рис.1 показаны изменения механической ( $\sigma$ ) прочности композиций ПП-ПЭНП в зависимости от содержания ПЭНП и ПП для КС и МС образцов, полученных в системе "Бембери" (кривые 1,3) и в роторной мельнице (кривые 2,4) [3], которые получены из силовых зависимостей механической долговечности. Видно, что в зависимости от содержания ПЭ и ПП  $\sigma$  сначала увеличиваются, проходят через максимум при 20 масс.% ПЭНП, затем уменьшаются до минимума при 30 масс.% ПЭНП, а, начиная с 40-50 масс.% ПЭ, эти зависимости сглаживаются, и их значения соответствуют значениям величин  $\sigma$  исходного ПЭНП, как в случае КС, так и МС образцов.

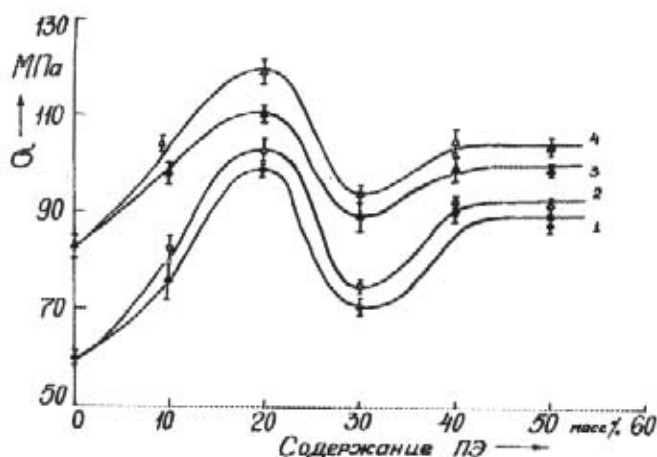


Рис. 1. Зависимости механической прочности  $\sigma$  композиций ПП+ПЭНП от содержания ПЭ для КС (1,2) и МС (3,4) образцов при  $T=163K$ :  
1,3 - образцы, смещенные в системе Бембери;  
3,4 - образцы, переработанные в роторной мельнице

Из рис.1 также видно, что во всех случаях, при прочих равных условиях, механическая МС образцов значительно больше по сравнению с прочностями КС образцов, что указывает на существенное влияние НМС на прочностные свойства полимерных композиций. С другой стороны, как видно из рис.1, прочностные характеристики  $\sigma$  для образцов композиций, полученных в мельнице роторного типа, больше по сравнению с прочностями образцов, полученных в системе "Бембери".

Аналогичные результаты были получены по изменениям электрической прочности  $E$  от содержания ПЭ.

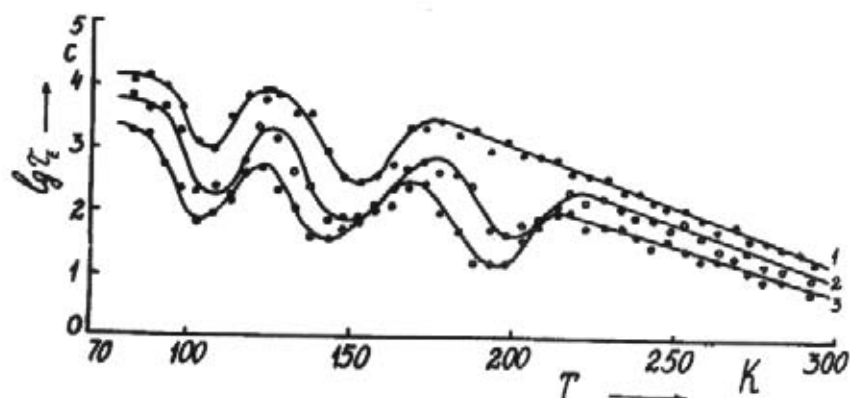


Рис. 2. Температурные зависимости электрической долговечности МС образцов из исходных ПП, ПЭНП и оптимальной композиции ПП+ПЭНП (80+20 масс.%), полученной в системе Бембери: 1-исходный ПП,  $E=0,7 \times 10^8$  В/м; 2-оптимальная композиция,  $E=1,3 \times 10^8$  В/м; 3-исходный ПЭНП,  $E=1,3 \times 10^8$  В/м.

С целью выяснения влияния добавки ПЭНП на релаксационные переходы композиций ПП-ПЭНП на рис.2 приведены температурные зависимости логарифма электрической долговечности  $\lg \tau_E$  для МС образцов в соотношении компонентов 80+20 масс.%, при котором наблюдаются максимальные увеличения электрической прочности. Для сравнения на этом же рисунке 2 приведены также графики температурных зависимостей  $\lg \tau_E$  для МС образцов из ПП без добавки ПЭНП, а также из самого ПЭНП. Из графиков, приведенных на рис.2 видно, что в зависимости  $\lg \tau_E = f(T)$  для ПП без добавки ПЭНП наблюдаются два минимума при температурах около 110 и 150 К, которые имеют место также в температурных зависимостях  $\lg \tau_E$  для

ПЭНП и оптимальной композиции ПП-ПЭНП. Однако, в температурных зависимостях  $\lg \tau_E$  для ПЭНП и оптимальной композиции ПП-ПЭНП, помимо вышеуказанных двух минимумов, появляется еще третий минимум в области относительно высоких температур около 200 К. Следует отметить, что наблюдаемые минимумы в температурных зависимостях  $\lg \tau_E$  оптимальной композиции смещены в область высоких температур, что и соответствует повышенным значениям  $\sigma$  механической и электрической прочностей по сравнению с прочностями ПП и ПЭНП.

Таким образом, вышеприведенные экспериментальные данные, как по прочностным свойствам (рис.1), так и по релаксационным переходам (рис.2), показывают, что композиция ПП-ПЭНП в соотношении компонентов 80÷20 масс.% во всех случаях является оптимальной.

Наблюдаемые изменения механических и электрических прочностных свойств, а также релаксационных переходов композиций ПП-ПЭНП можно объяснить влиянием процесса переработки на свободно-радикальные окислительные процессы, инициированные температурно-силовым воздействием.

Для того, чтобы выяснить справедливость данного предположения были проведены исследования ИК-спектров поглощения исходных компонентов и композиций на их основе.

Анализ спектров с изменением содержания компонентов показывает, что химические взаимодействия отдельных групп компонентов друг с другом или образование новых групп отсутствуют.

Следует отметить, что как при различных скоростях охлаждения, так и при получении композиций существенно меняется физическая структура полимеров-соотношение долей аморфных и кристаллических областей. Существуют определенные условия, при которых достигается оптимальное соотношение этих областей [4], что способствует максимальному увеличению механических и электрических прочностей и долговечностей (см.рис.1) и, тем самым, улучшению эксплуатационных характеристик композиций. В этом смысле можно говорить о "структурной композиции". Такое объяснение достаточно хорошо коррелирует с изменениями механической и электрической прочностей композиций в зависимости от содержания компонентов. Следует отметить, что вышеуказанный эффект проявляется сильнее для образцов, полученных смешиванием в роторной мельнице, очевидно из-за более глубокого и равномерного смешивания компонентов.

На рис.3 приведены зависимости оптической плотности полосы  $720 \text{ см}^{-1}$  (аморфной доли) для КС и МС образцов, изготовленных методами "Бембери" и роторной мельницы, от содержания ПЭНП в ком-

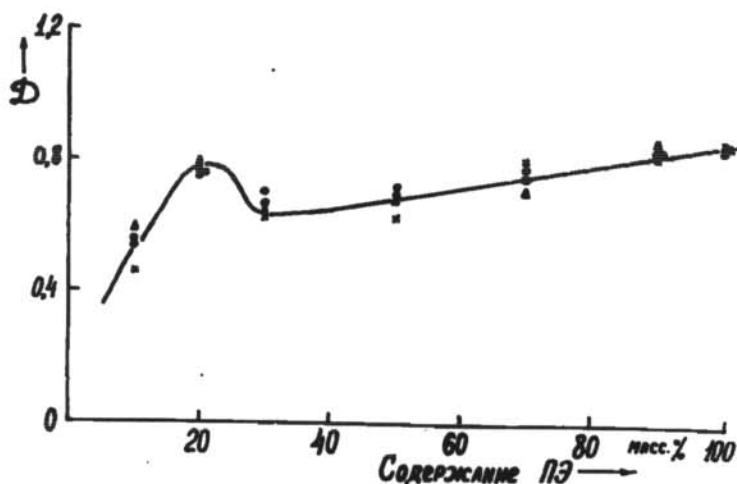


Рис 3. Зависимость оптической плотности ИК поглощения композиций ПП+ПЭНП, полученных в роторной мельнице и системе Бембери.

позиции ПП-ПЭНП. Видно, что эти зависимости аналогичны зависимостям механической и электрической прочностей композиции ПП-ПЭНП от содержания ПЭНП для КС и МС образцов, изготовленных в системе "Бембери" и в роторной мельнице. Другими словами, имеется экстремум, а именно максимум при соотношении компонентов 80÷20 масс.% композиции ПП-ПЭНП, как и в случае ее механической и электрической прочностей(см.рис.1).

Таким образом, наблюдается следующая картина: при содержании 20 масс.% ПЭНП в композиции ПП-ПЭНП доля аморфных областей максимальна. Отсюда вытекает следующее объяснение изменения механической и электрической прочностей композиции ПП-ПЭНП в зависимости от содержания компонентов ПЭ и ПП: с увеличением содержания ПЭНП (одновременно с уменьшением содержания ПП) в композиции ПП-ПЭНП до 20 масс.% соотношение аморфной и кристаллической фаз смещается в сторону увеличения доли аморфной фазы. Так как, по представлениям кинетической концепции разрушения полимерных материалов, внешняя нагрузка первоначально распределяется в аморфных областях, т.е. они играют доминирующую роль, то с увеличением степени аморфности частично кристаллической полимерной композиции прочность ее должна возрастать, что и наблюдается на опыте (рис.1).

Следовательно, установлено, что, регулируя скорость охлаждения и содержание компонентов в системе ПП-ПЭНП, можно заметно изменять физическую структуру и улучшать прочностные характеристики данной композиции. Следует отметить, что улучшение гомогеннос-

ти композиции, достигаемое в роторной мельнице приводит к закономерному повышению механической и электрической прочности и долговечности.

### Литература

1. Вундерлих Б., Физика макромолекул М., Мир, № 18, 623 с.
2. Яковлев А.Д., Технология изготовления изделий из пластмасс Л., Химия, 1977, № 46, 325 с.
3. Будущее науки, Международный ежегодник М., Знание, 1986, № 19, с.98.
4. Абасов С.А., Мамедов Ш.В., Мехтиева С.И., Исмаилов И.М., Юсифов Э.Ю., ДАН Азерб. ССР, 1976, 32, № 5, с.12-17.

S.A. Abbasov, Ş.V. Məmmədov, V.Ə. Ələkbərov, T.M. Vəliyev

### POLİPROPİLEN VƏ POLİETİLEN ƏSASINDA KOMPOZİSİYANIN QURULUŞU VƏ MÖHKƏMLİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Məqalədə polipropilen (PP) və polietilen (PE) əsasında kompozisiyanın möhkəmlik xassələri və quruluşu tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, kristallizasiya rejimini və Pp, PE komponentlərinin miqdarını dəyişməklə kompozisiyanın fiziki quruluşunu dəyişmək və möhkəmlik xassələrini yaxşılaşdırmaq olar.

S.A. Abbasov, S.V. Mamedov, V.A. Alekperov, T.M. Veliev

### INVESTIGATION OF THE STRENGTH PROPERTIES AND STRUCTURE OF POLYPROPYLENE AND POLYETHYLENE BASED COMPOSITIONS

In this paper strength properties and the structure of compositions based on polypropilene and polyethylene are investigated. It is shown that changing of the physical structure and improvement of the strength characteristics of the composition can be done by regulization of the crystallization rejime and the consistence of polypropilene and polyethylene.