

прочностными свойствами: разрывное напряжение  $\sigma=470$  МПа при относительном удлинении  $\varepsilon=40\%$  и модуле упругости  $E=4600$  МПа. Такие механические свойства пленок ПНИБ определяются особенностями его химического строения и структуры, обусловливающими (наряду с возникновением сильного межмолекулярного взаимодействия за счет образования диполь-дипольных и водородных связей) возможность удерживания значительного количества полярных низкомолекулярных соединений (растворитель, вода).

Как показывают результаты динамического механического анализа (рисунок), пленки ПНИБ характеризуются непрерывным спектром релаксационных переходов. Наличие различных мод движения (начиная от  $\beta$ -перехода в области 193 К) является причиной значительной деформации жесткоцепного полимера. Развитие такой деформации при высоком модуле упругости обуславливает высокие значения разрывной прочности. Наличие непрерывного спектра релаксационных переходов предопределяет возможность ориентации полимера в широком интервале скоростей и температур. При ориентации (до 60%) получены анизотропные пленки с  $\sigma=930$  МПа,  $E=20\,000$  МПа при  $\varepsilon \sim 10\%$ . По этим показателям ИПЛОН не имеет аналогов среди гетероциклических некомпозиционных полимеров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. В. Погодина, Н. П. Евлампиева, В. Н. Цветков, В. В. Коршак, С. В. Виноградова, А. Л. Русанов, И. И. Пономарев // Докл. АН СССР. 1988. Т. 301. № 4. С. 905.

Институт элементоорганических соединений  
им. А. Н. Несмиянова АН СССР

Поступила в редакцию  
13.03.90

Институт синтетических полимерных  
материалов АН СССР

УДК 541.64:539.2:542.954

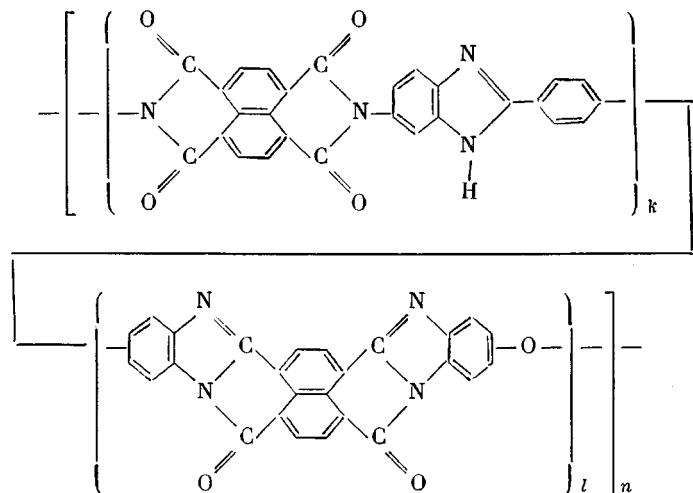
© 1990 г. И. И. Пономарев, О. Г. Никольский, А. Л. Русанов,  
С. В. Виноградова, Е. С. Оболонкова, Н. Г. Матвелашили,  
В. Ю. Левин

#### БЛОЧНЫЙ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ЖЕСТКОЦЕПНОГО И ГИБКОЦЕПНОГО ПОЛИГЕТЕРОАРИЛЕНА

Получены блок-сополимеры на основе жесткоцепного полинафтоимидобензимидазола и гибкоцепного полинафтоиленбензимидазола. С помощью электронной микроскопии впервые показано армирование гибкоцепной матрицы жесткоцепным блоком на молекулярном уровне. Пленки на основе такого молекулярного композита значительно превосходят упругопрочностные показатели пленок из смеси гомополимеров такого же состава.

В последнее время большое внимание уделяют разработке путей создания и исследованию структуры и свойств молекулярных композитов (МК) на основе полигетероариленов [1]. Особый интерес представляют МК, характеризующиеся синергизмом свойств. Поскольку в большинстве предыдущих работ рассматривали способ получения МК из смесей полигетероариленов [2], нам представлялось целесообразным получить блочные МК, что позволяет более тонко регулировать микроструктуру материала.

С этой целью были синтезированы блок-сополимеры общей формулы



с эквимольным количеством жесткого полинафтоиленимидобензимидазольного (ПНИБ,  $A=32$  нм) и гибкого полинафтоиленбензимидазольного (ПНБИ,  $A=5$  нм) блоков. Пленки блок-сополимеров, гомополимеров и механическую смесь последних получали поливом реакционного раствора на стеклянную подложку с последующей сушкой при  $140^\circ$  в вакууме в течение 10–12 ч.

Исследование морфологии поверхности пленок с помощью сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии обнаружило резкое отличие микроструктуры пленок исходных гомополимеров и их механической смеси от микроструктуры пленки блок-сополимера с  $k=40$  и  $l=10$  ( $[\eta]=5,0$  дL/g,  $H_2SO_4$ ,  $25^\circ$ ). Если для первых наблюдается мелкоглобуллярная структура с размером частиц 10–15 нм, то в блок-сополимере отчетливо видны хаотично расположенные анизогеометрические частицы длиной 0,1–1,4 мкм (в поперечнике 10–100 нм). Изотропная пленка такого блок-сополимера с незначительной плоскостной ориентацией характеризуется механическими свойствами (предел прочности при растяжении  $\sigma=410$  МПа, относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon\sim 20\%$ , модуль упругости  $E=8200$  МПа), существенно превышающими упругопрочностные показатели как для механической смеси гомополимеров такого же состава ( $\sigma=180$  МПа,  $\varepsilon=35\%$  и  $E=4000$  МПа), так и для индивидуальных полимеров ( $\sigma=320$  МПа,  $\varepsilon=40\%$ ,  $E=4500$  МПа и  $\sigma=150$  МПа,  $\varepsilon\sim 60\%$ ,  $E=2160$  МПа соответственно для ПНИБ и ПНБИ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Helminiaak T. E., Benner C. L., Arnold F. E., Husman G. E. Pat. 4207407 USA, 1980.
2. Wiff D. R., Timms S., Helminiaak T. E. // Polymer Engng and Sci. 1987. V. 27. № 6. P. 424.

Институт элементоорганических соединений  
им. А. Н. Несмеянова АН СССР

Поступила в редакцию  
13.03.90

Институт синтетических полимерных  
материалов АН СССР