

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТИ И МИКРОПОЛЗУЧЕСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК – МАТРИЦ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

В.М. Станкевич¹⁾, П.Ю. Апель²⁾, А.С. Михневич³⁾, Н.В. Левкович²⁾, Ю.М. Плескачевский⁴⁾

¹⁾ Учреждение образования «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, 246023, г. Гомель, ул. Речицкое шоссе, 35а, stankevich_v@mail.ru

²⁾ Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

³⁾ Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», 246050, Гомель, ул. Кирова, 32а

⁴⁾ Гомельский филиал НАН Беларуси, 246007, Гомель, ул. Федюнинского, 4

В работе исследованы двусоориентированные полимерные пленки, применяемые в качестве основы трековых мембран. Оценку влияния ориентационной анизотропии исходных пленок на прочность трековых мембран осуществляли методом гравитационного нагружения. Микроползучесть при растяжении фиксировали измерением малых деформаций пленок при УФ-облучении. В результате исследования обнаружена значительная ориентационная анизотропия прочности и ползучести трековых мембран на основе ориентированных ПП и ПЭТФ-пленок. Показана возможность использования метода измерения малых деформаций при УФ-облучении для диагностики анизотропии физико-механических характеристик полимерных пленок.

Введение

Из большого количества полимерных материалов, которые можно использовать для производства пленок, по сочетанию технологических, прочностных, химических, биологических и других специфических характеристик нашли широкое применение в качестве основы трековых мембран (ТМ) пленки из химически стойких и прочных полимеров - полипропилена (ПП) и полиэтилен-терефталата (ПЭТФ). Свойства пленок и ТМ на основе ПП и ПЭТФ достаточно полно исследованы в работах [1 - 6].

Цель настоящей работы – экспериментально исследовать прочность и микроползучесть пленок из ПП и ПЭТФ и ТМ на их основе с учетом анизотропии свойств пленок в двух взаимно перпендикулярных направлениях в плоскости пленки: вдоль оси продольной вытяжки пленки («продольные» образцы), и перпендикулярно оси продольной вытяжки («поперечные» образцы).

Испытания проводили в лабораторных условиях при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$. Результаты измерений оценены с помощью математической статистики - доверительный интервал соответствует значению надежности 0,95.

Методика эксперимента

Объектами исследования служили тонкие (10 – 36 мкм) ПП- и ПЭТФ-пленки в различных состояниях, а также ТМ на их основе. ПП-пленки толщиной 10 мкм фирмы Toray (Japan) марки T2400. ТМ из ПП-пленки имеет диаметр пор 0,26 мкм и объемную пористость 5%. ПЭТФ-пленки толщиной 36 мкм фирмы Dupont (США) марки Mylar. ТМ из ПЭТФ-пленки толщиной 12 мкм имели объемную пористость 16% с диаметром пор 1,0 мкм.

Прочность пленок и мембран при одноосном растяжении определяли методом статического гравитационного нагружения. Микроползучесть пленок и ТМ измеряли с помощью прибора для измерения фотодеформаций при периодическом УФ-облучении [7].

Основная часть

В таблицах 1 и 2 представлены результаты испытания ПП и ПЭТФ пленок на прочность при растяжении (σ_p).

Таблица 1. Прочность при растяжении σ_p пленок ПП марки T2400

Состояние пленки	Толщина, мкм	σ_p (кгс/см ²) в направлении				Кэффициентанизотропии, %
		продольном		поперечном		
		среднее значение	доверительный интервал	среднее значение	доверительный интервал	
Исходная	10	1115	47	1600	69	44
После облучения ионами Хе	10	1100	63	1836	90	70
После травления и очистки (ТМ)	10	483	18	850	35	76

Таблица 2. Прочность при растяжении пленок ПЭТФ

Пленка	Толщина	σ_p (кгс/см ²) в направлении				Кэффицици- ент ани- зотропии, %
		продольном		поперечном		
		среднее значение	доверительный интервал	среднее значение	доверительный интервал	
Исходная	36	1692	49	1938	29	15
ТМ ПЭТФ	23	791	8	775	21	2

Из таблицы 1 видна большая анизотропия прочности пленок во взаимно перпендикулярных направлениях. Кроме того, после облучения ионами ксенона σ_p ПП-пленки в поперечном направлении возрастает, что можно объяснить образованием радиационно-индуцированных поперечных швов макромолекул [8]. Следует заме-

тить, что после травления σ_p ТМ из ПП в обоих направлениях уменьшается примерно в 2 раза при одновременном увеличении анизотропии. Закономерность двукратного уменьшения σ_p ТМ из ПЭТФ по сравнению с σ_p исходных пленок, как в случае ПП-мембран, сохраняется (см. таблицу 2). Измеренная нами прочность ТМ, усредненная по направлениям ориентации, примерно одинакова: для ПП-мембран 666 кгс/см², для ПЭТФ-мембран 782 кгс/см². Эти измерения однозначно коррелируют с изменениями разрушающего поверхностного гидростатического давления на ПП и ПЭТФ мембраны, полученными в работе [3].

На рис. 1 приведены копии фотодеформационных диаграмм образцов исходной ПП-пленки марки Т2400 в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Деформации Δl в продольном направлении значительно превышают деформации в поперечном направлении (относительный коэффициент анизотропии 350 – 400%). Штриховой линией на диаграммах показаны направления ползучести пленок при небольших напряжениях измерительного натяжения пленки до 3 кгс/см², что составляет около 1% от предела прочности при растяжении. При этом обращает на себя внимание появление больших амплитуд колебаний фотодеформаций, как облученных ионами, так и не облученных ПП-пленок в продольных направлениях. Это, по-видимому, связано с разрушением и воссозданием узлов флуктуационной сетки ПП-пленок при ползучести.

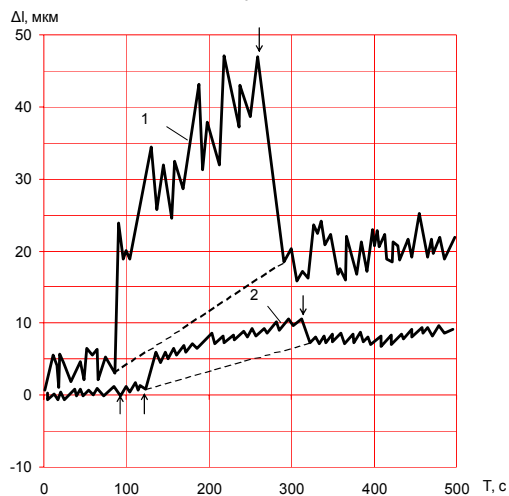


Рис. 1. Копии фотодеформационных диаграмм ПП-пленки Т2400: 1-диаграмма продольного направления; 2-диаграмма поперечного направления. Стрелки «вверх» - УФ-облучение включено, стрелки «вниз» - УФ-облучение выключено

На рис. 2 приведены копии диаграмм ползучести ПП-пленок при очень небольших напряжениях растяжения. Это необходимо учитывать при проектировании фильтрационных устройств, в которых рекомендуется применять сетчатые протекторы для ТМ.

Фотодеформационное поведение ПЭТФ-пленок и ТМ на их основе существенным образом отличается от поведения ПП-пленок и полипропиленовых ТМ.

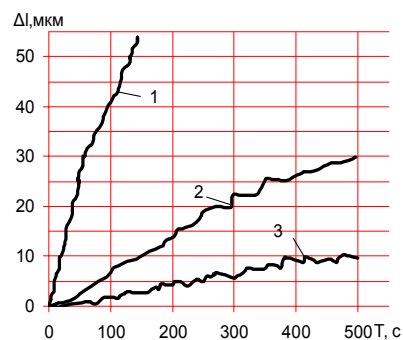


Рис. 2. Ползучесть ПП-пленок при одноосном растяжении в продольном направлении: 1 - напряжение 3 кгс/см²; 2 - напряжение 1,5 кгс/см²; 3 - напряжение 0,5 кгс/см²

На рис. 3 приведена копия фотодеформационной диаграммы ПЭТФ пленки. Как видно из диаграммы, удлинение пленки Δl в период экспозиции при УФ-облучении значительно уменьшается. После выключения УФ-облучения пленка стремится восстановить свой первоначальный размер, установившийся в конкретных температурно-влажностных условиях (ход диаграммы после 720 с – «вверх – вправо»).

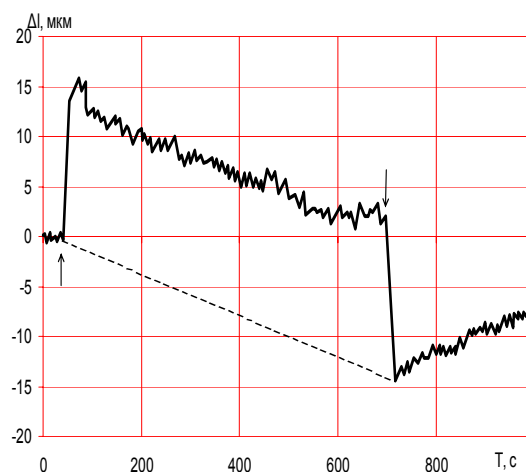


Рис. 3. Копия фотодеформационной диаграммы ПЭТФ-пленки. Стрелка «вверх» - УФ-облучение включено, стрелка «вниз» - УФ-облучение выключено

Нами установлено, что это, главным образом, объясняется сорбцией и десорбцией воды из воздушной среды.

Существенным для ПЭТФ ТМ является подобие ее фотодеформационного поведения фотодеформационному поведению капиллярно-пористого твердого тела животного и растительного происхождения [7].

Заключение

Проведено исследование прочности при одноосном растяжении ПП- и ПЭТФ-пленок и трековых мембран на их основе. Обнаружена высокая степень анизотропии прочности в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Установлено, что усредненная по направлениям ориентации пленок прочность при растяжении ПП- и ПЭТФ-мембран примерно одинакова, несмотря на зна-

чительные различия в прочности исходных пленок.

Разработан и опробован фотодеформационный метод измерения микроползучести тонких пленок и ТМ на их основе. Установлено, что микроползучесть пленок и ТМ из ПП подчиняется закономерности увеличения длины при периодическом воздействии УФ-излучения. Микроползучесть ПЭТФ-мембран при УФ-облучении подобна микроползучести твердых тел растительного и животного происхождения. Этот факт следует учитывать при использовании ТМ для микрофльтрации отдельных технологических жидких и газообразных сред.

Предлагается использовать фотодеформационный метод измерения микроползучести как метод диагностики и контроля анизотропии физико-механических свойств полимерных пленок – матриц трековых мембран.

Список литературы

1. Энциклопедия полимеров. Под редакцией В.А. Каргина [и др.]. Т. 1, 2. – «Советская энциклопедия», М. - 1972.

2. Справочник по пластическим массам. Под редакцией В.М. Катаева [и др.]. Т. 1, 2. – «Химия», М. - 1975.

3. Кравец Л.И., Дмитриев С.Н., Апел П.Ю. Полипропиленовые трековые мембраны для микро- и ультрафльтрации химически агрессивных сред. Р18 – 2000 – 114, ОИЯН, Дубна, 31 с.

4. Разумовская И.В., Гумирова В.Н., Апел П.Ю., Баженов С.Л. Влияние пор в трековых мембранах на их прочность / Преподаватель XXI век. - 2009. - № 1. - С. 204 - 213.

5. Leah S. Worrel, Jason A. Morehouse, Leah A. Shimko, Douglas R. Lloyd, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman. Enhancement of track-etched membrane performance via stretching / Separation and Purification Technology. – 2006. – Р. xxx–xxx.

6. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985. - 208 с.

7. Белый В.А., Корецкая Л.С., Михневич А.С. Исследования деформации биополимеров при облучении ультрафиолетовым светом в условиях одноосного растяжения. // Механика композитных материалов. – 1979. - 4. - С. 746 -749.

8. Apel P.Yu., Didyk A.Yu., Salina A.G. Physico-chemical modification of polyolefins irradiated by swift heavy ions // Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res. - 1996. - B107. - P. 276 - 280.

ANISOTROPY OF THE STRENGTH AND MICROCREEP OF POLYMER FILMS AS THE BASIS FOR TRACK MEMBRANS

V.M. Stankevich¹⁾, P.Yu. Apel²⁾, A.S. Mikhnevich³⁾, N.V. Levkovich²⁾, Yu.M. Pleskachevsky⁴⁾
¹⁾Gomel Engineering Institute of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus
 Gomel, Belarus, e-mail: stankevich_v@mail.ru

²⁾Joint Institute For Nuclear Research, Dubna, Moscow region

³⁾V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus
 Kirov Street 32A, 246050 Gomel, Belarus

⁴⁾Gomel Branch of NAS of Belarus, Gomel, Belarus

Biaxial orientated polymer films as track membranes are investigated. The estimation of anisotropy influence in the basic films was done by means of gravitation loading. Microcreep at stretching was established by measuring small deformations of the films while UV radiating. As a result of the research considerable orientation anisotropy of strength and microcreep of track membranes based on PP (polypropylene), PETF (polyethylenetereftalat) films was revealed. The possibility for use of measuring small deformation at UV exposure method for anisotropy diagnostics of physical and mechanical characteristics of polymer films is shown