

СОЗДАНИЕ МИКРО- И НАНОРЕЛЬЕФА НА ПЛЕНКАХ ПОЛИПРОПИЛЕНА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ
THE FORMATION OF MICRO- AND NANORELIEFS ON POLYPROPYLENE FILMS FOR REGULATING PHYSICAL PROPERTIES OF SURFACES

Ярышева А.Ю.¹, Малахов С.Н.², Стрельцов Д.Р.², Ярышева Л.М.¹, Волынский А.Л.¹

¹ Россия, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, *alyonusha@gmail.com*

² Россия, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Придание рельефа микро- и наноуровня полимерным пленкам является сложной и дорогой процедурой. Для получения рельефов используется тиснение полимеров с помощью шаблонов, мягкая литография, лазерная абляция, травление и др. В то же время существует большая потребность в полимерных пленках с регулярным микро- и нанорельефом. Такие материалы могут быть использованы в качестве шаблонов для упорядоченного расположения наночастиц и клеток на твердой поверхности, субстратов для ориентации жидких кристаллов, гибких соединений и электродов, в качестве супергидрофобных и самоочищающихся материалов. Один из способов создания рельефов основан на использовании бислоевых систем типа «твердое покрытие на полимерном основании» (ТППО), которые можно получить путем нанесения на полимерные подложки металлов, оксидов или полимеров с более высоким модулем. К созданию на поверхности полимерных пленок более жесткого слоя приводит также их озонирование, плазменная обработка, химическая модификация [1-6]. Вследствие разницы в свойствах и характеристиках материалов основания и покрытия возникают эффекты, связанные с потерей устойчивости системы при механическом или тепловом воздействии, в частности, наблюдается возникновение микрорельефа на поверхности ТППО. Теория механической неустойчивости ТППО и описание факторов, влияющих на параметры образующегося поверхностного рельефа, представлены в [1, 5, 7, 8].

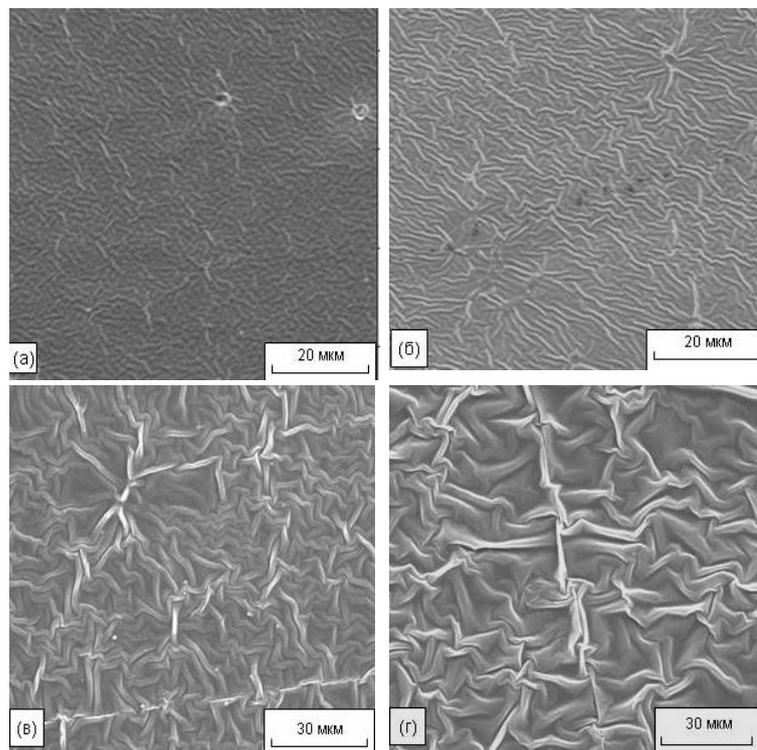


Рис.1 Микрофотографии пленок ПП с алюминиевым покрытием, отожженных в свободном состоянии при 115 (а), 132 (б), 145 (в), 156 (г).

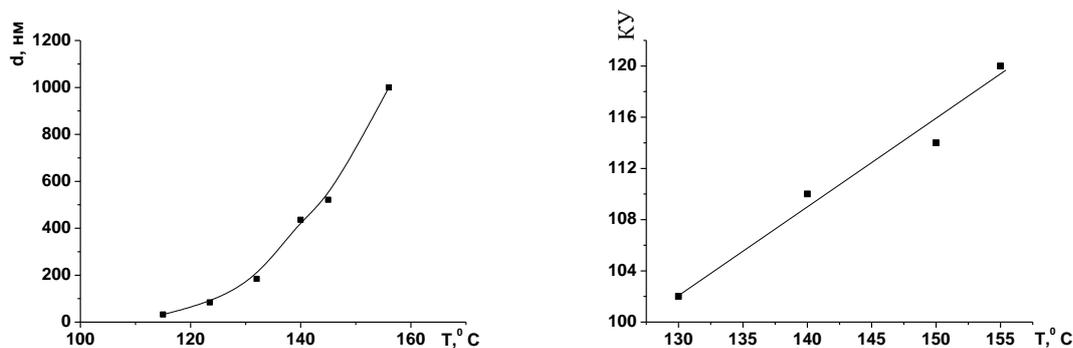


Рис.2 (а) Зависимость глубины микрорельефа ПП пленок с алюминиевым покрытием после термостимулированной усадки от температуры отжига; (б) зависимость контактных углов смачивания на поверхности тех же пленок от температуры отжига.

В данной работе использовали промышленные двусосно-ориентированные плёнки ПП производства ЗАО «EUROMETFILMS» со степенью кристалличности 60%, толщиной 20 мкм с термически нанесённым в вакууме тонким 30 нм алюминиевым покрытием. Плёнки подвергали отжигу при разных температурах в интервале 100–160 °С. Изменение температуры отжига позволило варьировать величину усадки полимера, т.е. степень сжатия нанесённого покрытия. При отжиге на поверхности пленок наблюдалось образование рельефа в виде ячеистой структуры со складками в разных направлениях (рис. 1). Для оценки структуры возникающего микрорельефа по глубине были проведены исследования с помощью атомно-силовой микроскопии, позволяющей получать трехмерные изображения и оценить параметры рельефа поверхностного слоя. Увеличение температуры отжига (от 100 до 1550С) сопровождалось увеличением периода (от 2 до 10 мкм) и глубины (от 50 до 1000 нм) складок (рис.2а).

Было установлено, что образование рельефа сопровождается увеличением контактного угла смачивания водой от 84 до 120 градусов. Таким образом, в области температур, близких к температуре плавления, вследствие усадки податливой полимерной подложки возникает деформация сжатия, которая в свою очередь приводит к возникновению рельефа. Оказалось, что рельеф и полученные зависимости увеличения контактных углов с увеличением температуры отжига сохраняются и после удаления алюминиевого слоя. Предложенный в работе подход позволяет модифицировать свойства полимерной поверхности и использовать полученные рельефные образцы как шаблоны для отливки из раствора полимерных пленок с заданным рельефом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-03-00507 а.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Rodríguez-Hernández J. // Prog. Polym. Sci. 2015. V. 42. P. 1–41
2. Woodward I., Schofield W.C.E., Roucoules V., Badyal J.P.S. // Langmuir. 2003. V. 19. № 8. P. 3432–3438.
3. Schweikart A., Fery A. // Microchim. Acta. 2009. V. 165. P. 249–263.
4. Singamaneni S., Tsukruk V.V. // Soft Matter. 2010. V. 6. P. 5681–5692.
5. Волынский А.Л., Бакеев Н.Ф. Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твердых полимеров. М.: Физматлит, 2014.
7. Shin H., Dixit A.C., Stone H.A., Abkarian M., Kim P. // Soft Matter. 2016. V. 12. P. 3502–3506.
8. Takei A., Jin L., Hutchinson J.W., Fujita H. // Adv. Matter. 2014. V. 26. P. 4061–4067.
9. Gan Y., Yin J., Jiang X. // J. Mater. Chem. A. 2014. V. 2. P. 18 574–18 582.