

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-37-41>

УДК 678.5

МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

А. И. СВИРИДЕНОК¹⁺, Л. И. ШАШУРА¹, И. А. КРИППА¹, В. Г. БАРСУКОВ², А. Л. ШАМОТУЛА¹

¹Гродненский филиал «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения» Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси», пл. Антония Тизенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Беларусь

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Беларусь

Цель работы — поиск новых методических возможностей ускоренного исследования структуры смесевых композиций на основе разнородных термопластичных матричных материалов, а также различных модификаторов и наполнителей.

В качестве основного метода исследований было выбрано микроиндентирование поверхностных слоев изучаемых материалов по схеме Шора, базирующейся на фиксировании скорости и глубины погружения нагруженного твердого конуса в изучаемую поверхность в течение заданного времени. Обнаружено методом микроиндентирования расположения твердых и мягких зон в полимерных смесях, например, частиц полиэтилентерефталата и полиэтилена низкой плотности, можно определить условную твердость межфазных зон. Методом среза в заданных местах композитного образца можно оценить влияние технологических режимов на условную твердость практически в любом направлении формирования изучаемого образца.

Важным элементом в конструкции микроиндентора является механическая связь между нагрузочным штоком и микрометрическим измерителем не только глубины внедрения, но и обратной механо-фрикционной релаксации, происходящих после снятия нагрузки с индентора, выражающейся в его подъеме вверх, характеризующем упруго-пластические свойства деформируемого материала.

Заметный интерес представляет сравнительная оценка параметров релаксационных процессов при индентировании наномодифицированного полимера — полиамида б: глубина внедрения индентора в напряженной зоне резко изменилась. В наномодифицированном полиамидном образце она почти в пять раз ниже, чем в немодифицированном.

Ключевые слова: микроиндентирование, смеси термопластов, механические свойства поверхностных слоев.

MICROINDENTING OF SURFACE LAYERS OF HETEROGENEOUS COMPOSITE MIXTURES OF THERMOPLASTIC POLYMERS

A. SVIRIDENOK¹⁺, L. SHASHURA¹, I. KRIPPA¹, V. BARSUKOV², A. SHAMATULA¹

¹Research Center of Resource Saving Problems of National Academy of Sciences of Belarus, Tizenhauza Sq., 7, 230023, Grodno, Belarus

²Yanka Kupala State University of Grodno, Ozsheshko St., 22, 230023, Grodno, Belarus

The aim of the work is to study new methodological opportunities for accelerated study of the mixed compositions structures based on heterogeneous thermoplastic matrix materials, as well as various doping fillers.

The indentation of the materials surface layers according to the Shore scheme was chosen as the main research method. The method is based on recording the speed and depth of immersion of the loaded cone into the surface for a given time.

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: resource@mail.grodno.by

The conditional hardness of interphase zones can be determined by microindentation of the hard and soft zones locations in polymer mixtures, for example, particles of polyethylene terephthalate and low density polyethylene. Using the cut method at specified locations of the composite sample, we can evaluate the effect of technological conditions on the conditional hardness in almost any direction of formation of the test specimen.

An important element in the design of the microindenter is the mechanical connection between the load drain and the micrometer, not only the penetration depth, but also the reverse mechano-frictional relaxation that occurs during the removal of the load from the indenter, expressed in its rise up, characterizing the elastic-plastic properties of the deformable material. Particular attention was drawn to the test of relaxation processes during the indentation of a nanomodified polymer — polyamide 6. In this case, the compressive strain in the stressed zone changed sharply: it was almost five times lower in a nano-doped polyamide sample than in an undoped one.

Keywords: microindentation, thermoplastic mixtures, mechanical properties of surface layers.

Поступила в редакцию 23.07.2020

© А. И. Свириденко, Л. И. Шашура, И. А. Криппа, В. Г. Барсуков, А. Л. Шамотула, 2020

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Свириденко А. И., Шашура Л. И., Криппа И. А., Барсуков В. Г., Шамотула А. Л. Микроиндентирование поверхностных слоев гетерогенных композиционных смесей термопластичных полимеров // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 4. С. 37–41. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-37-41>

Citation sample:

Sviridenok A. I., Shashura L. I., Krippa I. A., Barsukov V. G., Shamotula A. L. Mikroindentirovanie poverkhnostnykh sloev heterogennykh kompozitsionnykh smesey termoplastichnykh polimerov [Microindenting of surface layers of heterogeneous composite mixtures of thermoplastic polymers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 4, pp. 37–41. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-37-41>

Литература

1. Зоммерфельд А. Пластические массы. Москва : ОНТИ. Главная редакция химической литературы, 1935. 356 с.
2. Воюцкий С. С., Вакула В. Л. Локальная совместимость полимеров и их адгезия друг к другу // Механика полимеров. 1969. № 3. С. 455–459.
3. Letz J. Diffuse interphase layer in microheterogeneous polymer mixture // J. Polymer Sci. Part A-2: Polymer Physics, 1969, vol. 7, is. 12, pp. 1987–1994. doi: 10.1002/pol.1969.160071201
4. Липатов Ю. С. О механизме формирования переходного слоя в смесях полимеров // Смес и сплавы полимеров : сборник научных трудов. Киев : Наукова думка, 1978. С. 38–53.
5. Полимерные смеси : пер. с англ. : в 2 т. Т. 1 / под ред. Д. Пола и С. Ньюмена. Москва : Мир, 1981. 574 с.
6. Шаповалов В. М., Тартаковский З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов. Гомель : ИММС НАНБ, 2003. 262 с.
7. In-Yup Jeon, Jong-Boom Baek. Nanocomposites Derived from Polymers and Inorganic Nanoparticles // Materials, 2010, vol. 3, is. 6, pp. 3654–3674. doi: 10.3390/ma3063654
8. Песецкий С. С., Мышкин Н. К. Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применение в Беларуси (обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2016. Т. 2, № 4. С. 6–30.
9. Григорьев А. Я. Физика и микрогеометрия технических поверхностей. Минск : Белорусская наука, 2016. 247 с.

References

1. Zommerfel'd A. *Plasticheskie massy* [Plastics]. Moscow: ONTI. Glavnaya redaktsiya khimicheskoy literatury Publ., 1935. 356 p.
 2. Voyutskiy S. S., Vakula V. L. Lokal'naya sovmestimost' polimerov i ikh adgeziya drug k drugu [Local compatibility of polymers and their interadhesion]. *Mekhanika polimerov* [Polymer Mechanics], 1969, no. 3, pp. 455–459.
 3. Letz J. Duffuse interhase layer in microheterogeneous polymer mixture. *J. Polymer Sci. Part A-2: Polymer Physics*, 1969, vol. 7, is. 12, pp. 1987–1994. doi: 10.1002/pol.1969.160071201
 4. Lipatov Yu. S. O mekhanizme formirovaniya perekhodnogo sloya v smesyakh polimerov [On the mechanism of formation of the transition layer in polymer mixtures]. *Smesi i splavy polimerov* [Mixtures and Alloys of Polymers]. Kiev : Naukova dumka Publ., 1978, pp. 38–53.
 5. *Polimernye smesi* [Polymer blends]. Ed. D. Pol i S. N'yumen. Moscow : Mir Publ., 1981, vol. 1. 574 p.
 6. Shapovalov V. M., Tartakovskiy Z. L. *Mnogokomponentnye polimernye sistemy na osnove vtorichnykh materialov* [Multicomponent polymer systems based on secondary materials]. Gomel' : IMMS NANB Publ., 2003. 262 p.
 7. In-Yup Jeon, Jong-Boom Baek. Nanocomposites Derived from Polymers and Inorganic Nanoparticles. *Materials*, 2010, vol. 3, is. 6, pp. 3654–3674. doi: 10.3390/ma30636548.
 8. Pesetskiy S. S., Myshkin N. K. Polimernye kompozity mnogofunktional'nogo naznacheniya: perspektivy razrabotok i primeneniye v Belarusi (obzor) [Multifunctional polymer composites: development prospects and applications in Belarus (review)]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2016, vol. 2, no. 4, pp. 6–30.
 9. Grigor'ev A. Ya. *Fizika i mikrogeometriya tekhnicheskikh poverkhnostey* [Physics and microgeometry of technical surfaces]. Minsk : Belaruskaya navuka Publ., 2016. 247 p.
-