

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-30-36>

УДК 677.494.6 : 678.82

УПРОЧНЕНИЕ ПЭТФ НИТЕЙ МНОГОСТЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Н. Р. ПРОКОПЧУК¹⁺, А. Г. ЛЮБИМОВ¹, Т. А. ВИШНЕВСКАЯ¹, Ю. М. МОЖЕЙКО², А. В. КРАУКЛИС³

¹Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

²ОАО «Могилевхимволокно», пр-т Шмидта, 300, 212035, г. Могилев, Беларусь

³ООО «Перспективные технологии», ул. Славинского, 45, 220086, г. Минск, Беларусь

Цель работы — модифицировать полиэфир на стадии синтеза многостенными углеродными нанотрубками (МУНТ), получить сформованные мононити и провести их термовытяжку, методом наиболее приближенным к промышленному, что позволит в лабораторных условиях моделировать промышленную технологию производства полиэфирной технической нити на ОАО «Могилевхимволокно».

Авторы провели исследования, направленные на установление оптимального содержания МУНТ в композициях на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), при котором достигаются максимальные показатели наномодифицирования: рост прочности при разрыве, модуля упругости, предела вынужденной эластичности, снижение относительного удлинения при разрыве. Предложен возможный механизм упрочнения ПЭТФ нитей углеродными нанотрубками. На термоаналитической установке «ТА 400» фирмы «Mettler Toledo» исследовали устойчивость расплавов контрольного и наномодифицированного образцов ПЭТФ. Анализ кривых потери массы (TG), скорости потери массы (DTG) и тепловые эффекты в образцах (DSC) позволил установить рост температуры холодной кристаллизации ПЭТФ при введении 0,015 мас.% МУНТ. По данным динамической TG методом Брайдо (методом двойного логарифмирования потери массы) определили энергию активации термоокислительной деструкции (E_0) образцов расплава. Показано, что параметр E_0 возрастает с введением МУНТ: с 172 кДж/моль для контрольного образца до 202 кДж/моль для образца, содержащего 0,015 мас.% МУНТ. Механические свойства мононитей ПЭТФ, термовытянутых в 4,8 раза, оценивали с помощью тензометра «T2020» фирмы «Alpha Technologies».

Ключевые слова: модуль упругости, углеродные нанотрубки, прочность при разрыве, ПЭТФ нити, мононити, термовытяжка, энергия активации термоокислительной деструкции.

STRENGTHENING OF PET FILAMENTS WITH CARBON NANOTUBES

N. R. PROKOPCHUK¹⁺, A. G. LUBIMOV¹, T. A. VISHNEVSKAYA¹, YU. M. MOZHEYKO², A. V. CRAWCLIS³

¹Belarusian State Technological University, Sverdlova St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

²OJSC Mogilevkhimvolokno, Schmidt Ave, 300, 212035, Mogilev, Belarus

³LLC Perspective Technologies, Slavinsky St., 45, 220086, Minsk, Belarus

The aim of the work was to modify polyester at the stage of synthesis with multi-walled carbon nanotubes (MWCNT), to form monofilaments and carry out their thermal stretching, using the method most close to the industrial one, which will allow in laboratory conditions to simulate the industrial technology for the production of polyester technical filament at JSC Mogilevkhimvolokno. The authors carried out studies aimed at determining the optimal content of MCNTs in compositions based on polyethylene terephthalate (PET), at which the maximum indicators of nanomodification are achieved: an increase in strength at break, modulus of elasticity, limit of forced elasticity, decrease in elongation at break. A possible mechanism for

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: nrprok@gmail.com

strengthening PET filaments with carbon nanotubes is proposed. The stability of the melts of the control and nanomodified PET samples was investigated on a TA 400 thermoanalytical installation from Mettler Toledo. Analysis of the curves of weight loss (TG), rate of weight loss (DTG) and heat exposure in the samples (DSC) revealed an increase in the temperature of cold crystallization of PET with the introduction of 0.015% by weight of MCNTs. In addition, the activation energy of thermooxidative destruction (U_a) of the melt samples was determined from the dynamic TG data by the Braido method (by the method of double logarithm of weight loss). It is shown that the parameter U_a increases with the introduction of MCNTs: from 172 kJ/mol (for the control sample) to 202 kJ/mol (for the sample containing 0.015% wt. MCNTs). The mechanical properties of PET monofilaments, thermally stretched by a factor of 4.8, were evaluated using a T2020 tensometer from Alpha Technologies.

Keywords: elastic modulus, carbon nanotubes, tensile strength, PET filaments, monofilaments, thermal stretch, activation energy of thermal oxidative destruction.

Поступила в редакцию 16.11.2020

© Н. Р. Прокопчук, А. Г. Любимов, Т. А. Вишневская, Ю. М. Можейко, А. В. Крауклис, 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:

Прокопчук Н. Р., Любимов А. Г., Вишневская Т. А., Можейко Ю. М., Крауклис А. В. Упрочнение ПЭТФ нитей многостенными углеродными нанотрубками // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 4. С. 30–36. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-30-36>

Citation sample:

Prokopchuk N. R., Lyubimov A. G., Vishnevskaya T. A., Mozheyko Yu. M., Krauklis A. V. Uprochnenie PETF nitey mnogostennymi uglerodnymi nanotrubbkami [Strengthening of PET filaments with carbon nanotubes]. *Polymerne materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 4, pp. 30–36. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-30-36>

Литература

1. Cruz-Delgado V. J., Ávila-Orta C. A., Espinoza-Martínez A. B., Mata-Padilla J. M., Solis-Rosales S. G., Jalbout A. F., Medellín-Rodríguez F. J., Hsiao B. S. Carbon nanotube surface-induced crystallization of polyethylene terephthalate (PET) // *Polymer*, 2014, vol. 55, is. 2, pp. 642–650. doi: 10.1016/j.polymer.2013.12.029
2. McCrossan K., McClory C., Mayoral B., Thompson D., McConnell D., McNally T. Composites of poly(ethylene terephthalate) and multi-walled carbon nanotubes // *Polymer-Carbon Nanotube Composites. Preparation, Properties and Applications* / eds.: T. McNally, P. Pötschke. UK : Woodhead Publishing, 2011, pp. 545–586. doi: 10.1533/9780857091390.2.545
3. Можейко Ю. М., Прокопчук Н. Р., Любимов А. Г., Крауклис А. В. Модификация полиэтилентерефталата углеродными нанотрубками на стадии синтеза полимера // *Нефтехимия-2019 : материалы II Международного научно-технического и инвестиционного форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке (Минск, 16–18 октября 2019 г.)*. Минск : БГТУ, 2019. С. 113–115.
4. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М. : Наука, 1974. 560 с.

References

1. Cruz-Delgado V. J., Ávila-Orta C. A., Espinoza-Martínez A. B., Mata-Padilla J. M., Solis-Rosales S. G., Jalbout A. F., Medellín-Rodríguez F. J., Hsiao B. S. Carbon nanotube surface-induced crystallization of polyethylene terephthalate (PET). *Polymer*, 2014, vol. 55, is. 2, pp. 642–650. doi: 10.1016/j.polymer.2013.12.029

2. McCrossan K., McClory C., Mayoral B., Thompson D., McConnell D., McNally T. Composites of poly(ethylene terephthalate) and multi-walled carbon nanotubes. *Polymer–Carbon Nanotube Composites. Preparation, Properties and Applications*. Eds.: T. McNally, P. Pötschke. UK : Woodhead Publishing, 2011, pp. 545–586. doi: 10.1533/9780857091390.2.545
 3. Mozheyko Yu. M., Prokopchuk N. R., Lyubimov A. G., Krauklis A. V. Modifikatsiya polietilenterefalata uglerodnymi nanotrubkami na stadii sinteza polimera [Modification of polyethylene terephthalate with carbon nanotubes at the stage of polymer synthesis]. *Materialy II Mezhunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo i investitsionnogo foruma po khimicheskim tekhnologiyam i neftegazopererabotke «Neftekhimiya-2019»* [Proceedings of the II International Scientific, Technical and Investment Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing “Petrochemistry-2019”]. Minsk : BGTU Publ., 2019, pp. 113–115.
 4. Regel' V. R., Slutsker A. I., Tomashevskiy E. E. *Kineticheskaya priroda prochnosti tverdykh tel* [The kinetic nature of the strength of solids]. Moscow : Nauka Publ., 1974. 560 p.
-