

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-73-79>

УДК 678.026.345:620.193:546.26:620.3

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ОРГАНИЧЕСКИХ СЛОЕВ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

А. С. РУДЕНКОВ¹⁺, М. А. ЯРМОЛЕНКО¹, А. Н. КУПО¹, Е. А. КОВАЛЕВ¹, О. А. САРКИСОВ²

¹Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Беларусь

Современные методы нанесения износостойких покрытий, в частности, метод импульсного катодно-дугового распыления графита, не предусматривают введение в объем углеродных слоев нанотрубок. Кроме того, существует проблема низкого когезионного взаимодействия на межфазной границе «нанотрубки–углеродная матрица». Для решения указанной проблемы планируется использовать органические слои, карбонизация которых под действием термообработки или ионно-плазменной обработки позволяет сформировать специфический углеродный слой, характеризующийся сильным адгезионным взаимодействием как по отношению к нанотрубкам, так и к слоям, осаждаемым из плазмы импульсного катодно-дугового разряда, что и обеспечит когезионную прочность всей системы в целом. Цель работы — определение влияния концентрации углеродных нанотрубок и термообработки на молекулярное строение покрытий на основе целлюлозы, формируемых методом электронно-лучевого диспергирования. Рассмотрено влияние многослойных углеродных нанотрубок на изменение структуры покрытий на основе целлюлозы после термообработки. Установлено, что термообработка покрытий на основе целлюлозы вызывает деструкцию целлюлозы с образованием ионизированных карбоксильных групп COO-. При внедрении в состав покрытия МУНТ, его сорбционная активность по отношению к воде возрастает на 17–20%, что, вероятно, связано с нарушением кристалличности органической матрицы. Показано, что покрытия после термообработки не сорбируют влагу из окружающей среды.

Ключевые слова: целлюлоза, углеродные нанотрубки, структура, термообработка, спектр.

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE STRUCTURE OF ORGANIC LAYERS CONTAINING CARBON NANOTUBES

A. S. RUDENKOV¹, M. A. YARMOLENKO¹, A. N. KUPO¹, E. A. KOVALEV¹, O. A. SARKISOV²

¹Francisk Skorina Gomel State University, Sovetskaya St., 104, 246019, Gomel, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Kirov St., 34, 246653, Gomel, Belarus

Modern methods of applying wear-resistant coatings, in particular, the method of pulsed cathode-arc sputtering of graphite, do not include the introduction of carbon layers of nanotubes into the volume. In addition, there is the problem of low cohesive interaction at the nanotube–carbon matrix interface. To solve this problem, it is planned to use organic layers, the carbonization of which under the action of heat treatment or ion-plasma treatment allows the formation of a specific carbon layer, characterized by strong adhesive interaction both with respect to nanotubes and to layers deposited from a plasma from a pulsed cathode-arc discharge, which will provide cohesive strength of the entire system as a whole. The aim of this work is to determine the effect of carbon nanotube concentration and heat treatment on the molecular structure of cellulose-based coatings formed by electron beam dispersion. The effect of multilayer carbon nanotubes (MWCNTs) on changes in the structure of cellulose-based coatings after heat treatment is considered. It was

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: rudenkov@gsu.by

found that heat treatment of cellulose-based coatings causes cellulose degradation with the formation of ionized carboxyl groups COO^- . When a MWCNT-based coating is introduced into the composition, its sorption activity with respect to water increases by 17–20%, which, most likely, can be associated with a violation of the crystallinity of the organic matrix. It is shown that after heat treatment of the coating, moisture from the environment is not sorbed.

Keywords: cellulose, carbon nanotubes, structure, heat treatment, spectrum.

Поступила в редакцию 07.07.2020

© А. С. Руденков, М. А. Ярмоленко, А. Н. Купо, Е. А. Ковалев, О. А. Саркисов, 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:

Руденков А. С., Ярмоленко М. А., Купо А. Н., Ковалев Е. А., Саркисов О. А. Влияние термообработки на структуру органических слоев, содержащих углеродные нанотрубки // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 4. С. 73–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-73-79>

Citation sample:

Rudakov A. S., Yarmolenko M. A., Kupo A. N., Kovalev E. A., Sarkisov O. A. Vliyanie termoobrabotki na strukturu organicheskikh sloev, sodержashchikh uglerodnye nanotrubki [Influence of heat treatment on the structure of organic layers containing carbon nanotubes]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 4, pp. 73–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-73-79>

Литература

1. Витязь П. А., Свидуневич Н. А., Куис Д. В. Наноматериаловедение: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям. Минск: Вышэйшая школа, 2015. 511 с.
2. Колокольцев С. Н. Углеродные материалы. Свойства, технологии, применения. Долгопрудный : Интеллект, 2012. 296 с.
3. Haque A., Sachan R., Narayan J. Synthesis of diamond nanostructures from carbon nanotube and formation of diamond-CNT hybrid structures // *Carbon*, 2019, vol. 150, pp. 388–395. doi:10.1016/j.carbon.2019.05.027
4. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений : справочные материалы. М.: МГУ, 2012. 54 с.
5. Marchewka J., Jeleń P., Długoń E., Sitarz M., Błażewicz M. Spectroscopic investigation of the carbon nanotubes and polysiloxane coatings on titanium surface // *Journal of Molecular Structure*, 2020, vol. 1212, article 128176. doi: 10.1016/j.molstruc.2020.128176
6. Zhang H.-B., Lin G.-D., Zhou Zh.-H., Dong X., Chen T. Raman spectra of MWCNTs and MWCNT-based H_2 -adsorbing system // *Carbon*, 2002, vol. 40, pp. 2429–2436. doi: 10.1016/S0008-6223(02)00148-3
7. Wu Ch., Wang Z., Wang L., Williams P.T., Huang J. Sustainable processing of waste plastics to produce high yield hydrogen-rich synthesis gas and high-quality carbon nanotubes // *RSC Adv.*, 2012, vol. 2, pp. 4045–4047. doi: 10.1039/c2ra20261a

References

1. Vityaz' P. A., Svidunovich N. A., Kuis D. V. *Nanomaterialovedenie* [Nanomaterial science]. Minsk: Vysheyschaya shkola Publ., 2015. 511 p.
2. Kolokol'tsev S. N. *Uglerodnye materialy. Svoystva, tekhnologii, primeneniya* [Carbon materials. Properties, technologies, applications.]. Dolgoprudnyy : Intellekt Publ., 2012. 296 p.
3. Haque A., Sachan R., Narayan J. Synthesis of diamond nanostructures from carbon nanotube and formation of diamond-CNT hybrid structures. *Carbon*, 2019, vol. 150, pp. 388–395. doi:10.1016/j.carbon.2019.05.027
4. Tarasevich B. N. *IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soedineniy: spravochnye materialy* [IR spectra of the main classes of organic compounds: reference materials]. Moscow: MGU Publ., 2012. 54 p.
5. Marchewka J., Jeleń P., Długoń E., Sitarz M., Błażewicz M. Spectroscopic investigation of the carbon nanotubes and polysiloxane coatings on titani-

-
- um surface. *Journal of Molecular Structure*, 2020, vol. 1212, article 128176. doi: 10.1016/j.molstruc.2020.128176
6. Zhang H.-B., Lin G.-D., Zhou Zh.-H., Dong X., Chen T. Raman spectra of MWCNTs and MWCNT-based H₂-adsorbing system. *Carbon*, 2002, vol. 40, pp. 2429–2436. doi: 10.1016/S0008-6223(02)00148-3
7. Wu Ch., Wang Z., Wang L., Williams P.T., Huang J. Sustainable processing of waste plastics to produce high yield hydrogen-rich synthesis gas and high-quality carbon nanotubes. *RSC Adv.*, 2012, vol. 2, pp. 4045–4047. doi: 10.1039/c2ra20261a
-