

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-2-25-29>

УДК 678.686:678.743

## ЗАЩИТНЫЕ БИСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ И ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ

А. Е. СОЛОМЯНСКИЙ<sup>1+</sup>, Г. Б. МЕЛЬНИКОВА<sup>2</sup>, А. А. РОГАЧЕВ<sup>1</sup>, ТУЙ ДУОНГ НГУЕН<sup>3</sup>, ДАЙ ЛАМ ТРАН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт химии новых материалов НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 36, 220141, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, ул. П. Бровки, 15, 220072, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Институт тропических технологий, Hoang Quoc Viet St., 18, 100000, г. Ханой, Вьетнам

*Цель работы — сформировать на поверхности эпоксидного покрытия слои политетрафторэтилена, сополимера этилена с трифторхлорэтиленом и поливинилиденфторида из газовой фазы, образованной путем электронно-лучевого диспергирования фторопластов, для повышения его гидрофобности и улучшения антифрикционных свойств.*

*Получены двухслойные покрытия на углеродистой стали 35. Слои политетрафторэтилена (ПТФЭ), сополимера этилена с трифторхлорэтиленом (СФХЭ) и поливинилиденфторида (ПВДФ), толщиной 150 нм наносили из активной газовой фазы на эпоксидное покрытие (ЭП) толщиной 30 микрон на основе 4,4'-(пропан-2,2-диил)-дифенола. Изучены морфология, смачиваемость и трибологические свойства сформированных покрытий.*

*Установлено, что обработка поверхности ЭП фторполимерами увеличивает его гидрофобность и уменьшает коэффициент трения. Краевой угол смачивания ЭП, ЭП/ПВДФ, ЭП/СФХЭ и ЭП/ПТФЭ водой составляет: 84°, 96°, 110° и 128° соответственно. Полученные антифрикционные и гидрофобные покрытия могут быть использованы для защиты металлических конструкций различного функционального назначения.*

**Ключевые слова:** эпоксидные покрытия, политетрафторэтилен, поливинилиденфторид, сополимер этилена с трифторхлорэтиленом, гидрофобность, трибометр.

## PROTECTIVE BILAYER COATINGS BASED ON EPOXY RESIN AND FLUORINE-CONTAINING POLYMERS

A. E. SALAMIANSKI<sup>1+</sup>, G. B. MELNIKOVA<sup>2</sup>, A. A. ROGACHEV<sup>1</sup>, THUY DUONG NGUYEN<sup>3</sup>, DAI LAM TRAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus, F. Skorini St., 36, 220141, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>A. V. Lykov Heat and Mass Transfer Institute, National Academy of Sciences of Belarus, P. Brovka St., 15, 220072, Minsk, Belarus

<sup>3</sup>Institute for Tropical Technology, Hoang Quoc Viet St., 18, Cau Giay District, 100000, Hanoi, Vietnam

*The aim of the work is to form layers of polytetrafluoroethylene, copolymer of ethylene with trifluorochlorethylene and polyvinylidene fluoride from the gas phase formed by electron beam dispersion of fluoropolymers on the surface of an epoxy coating to increase its hydrophobicity and improve antifriction properties.*

*Bilayer coatings were obtained on carbon steel 35. Layers of polytetrafluoroethylene (PTFE), a copolymer of ethylene with trifluorochlorethylene (ECTFE), and polyvinylidene fluoride (PVDF), 150 nm thick, were deposited from the active gas phase on an epoxy coating (EC) with a thickness of 30 microns based on 4,4'-(propane-2,2-diyl)-diphenol. The morphology, wettability and tribological properties of the formed coatings are studied.*

*It was found that the treatment of the EC with fluoropolymers increases its hydrophobicity and decreases the friction coefficient. The water contact angle of EC, EC/PVDF, EC/ ECTFE and EC/PTFE is: 84°,*

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: solasy@mail.ru

96°, 110° and 128°, respectively. The obtaining antifriction and hydrophobic coatings can be used to protect of metal structures for various functional purposes.

**Keywords:** epoxy coatings, polytetrafluoroethylene, polyvinylidene fluoride, copolymer of ethylene with trifluorochlorethylene, hydrophobicity, tribometer.

Поступила в редакцию 27.03.2023

© А. Е. Соломянский, Г. Б. Мельникова, А. А. Рогачев, Туй Дуонг Нгуен, Дай Лам Тран, 2023

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](mailto:polmattex@gmail.com)  
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

#### Образец цитирования:

Соломянский А. Е., Мельникова Г. Б., Рогачев А. А., Туй Дуонг Нгуен, Дай Лам Тран. Защитные бислойные покрытия на основе эпоксидной смолы и фторсодержащих полимеров // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 2. С. 25–29. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-2-25-29>

#### Citation sample:

Solomyanskiy A. E., Mel'nikova G. B., Rogachev A. A., Tuy Duong Nguen, Day Lam Tran. Zashchitnye bisloynnye pokrytiya na osnove epoksidnoy smoly i ftorsoderzhashchikh polimerov [Protective bilayer coatings based on epoxy resin and fluorine-containing polymers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 2, pp. 25–29. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-2-25-29>

#### Литература

- Соломянский А. Е., Чишанков И. Г., Акулова В. М., Мельникова Г. Б., Матвеев Ю. В., Рогачев А. А., Туй Дуонг Нгуен, Ке Оан Ву, Гиа Ву Пхам, Дай Лам Тран, Тхи Суан Ханг То. Защитные бислойные покрытия на основе эпоксидной смолы и кремнийорганических соединений // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 4. С. 68–72.
- Рогачев А. А. Физико-химия полимерных покрытий, осаждаемых из активной газовой фазы. М.: Научный мир, 2014. 287 с.
- Vaussieres L., Keis K., Lindquist S.-E., Hagfeldt A. Purpose-built anisotropic metal oxide material: 3D highly oriented microrod array of ZnO // *J. Phys. Chem. B*, 2001, vol. 105, is. 17, pp. 3350–3352. doi: 10.1021/jp010026s
- Pan Z. W., Dai Z. R., Wang Z. L. Nanobelts of semiconducting oxides // *Science*, 2001, vol. 291, no. 5510, pp. 1947–1949. doi: 10.1126/science.1058120
- Yuan H., Zhang Y. Preparation of well-aligned ZnO whiskers on glass substrate by atmospheric MOCVD // *J. Cryst. Growth*, 2004, vol. 263, is. 1-4, pp. 119–124. doi: 10.1016/j.jcrysgro.2003.11.084
- Heo Y. W., Varadarajan V., Kaufman M., Kim K., Norton D. P. Site-specific growth of ZnO nanorods using catalysis-driven molecular-beam epitaxy // *Appl. Phys. Lett.*, 2002, vol. 81, is. 16, pp. 3046–3048. doi: 10.1063/1.1512829
- Hong J.-I., Bae J., Wang Z. L., Snyder R. L. Room temperature, texture-controlled growth of ZnO thin films and their application for growing aligned ZnO nanowire arrays // *Nanotechnology*, 2009, vol. 20, no. 8, pp. 142–149. doi: 10.1088/0957-4484/20/8/085609
- Chiou W.-T., Wu W.-Yu, Ting J.-M. Growth of single crystal ZnO nanowires using sputter deposition // *Diam. Relat. Mater.*, 2003, vol. 12, is. 10-11, pp. 1841–1844. doi: 10.1016/S0925-9635(03)00274-7
- Xu S., Wang Z. L. One-dimensional ZnO nanostructures: solution growth and functional properties // *Nano Res.*, 2011, vol. 4, pp. 1013–1098. doi: 10.1007/s12274-011-0160-7
- Lin D., Wu H., Pan W. Photoswitches and memories assembled by electrospinning aluminum-doped zinc oxide single nanowires // *Adv. Mater.*, 2007, vol. 19, is. 22, pp. 3968–3972. doi: 10.1002/adma.200602802
- Rogachev A. A., Tamulevičius S., Rogachev A. V., Yarmolenko M. A., Prosycevas I. The structure and molecular orientation of polytetrafluoroethylene coatings deposited from active gas phase // *Appl. Surf. Sci.*, 2009, vol. 255, is. 15, pp. 6851–6856. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.03.004
- Комков О. Ю. Микротрибометр возвратно-поступательного типа, работающий в области малых нагрузок: конструктивные особенности и методика испытания образцов // *Трение и износ*, 2003, Т. 24, № 6, С. 642–649.

## References

1. Solomyanskiy A. E., Chishankov I. G., Akulova V. M., Mel'nikova G. B., Matveenko Yu. V., Rogachev A. A., Tuy Duong Nguen, Ke Oan Vu, Gia Vu Pkham, Day Lam Tran, Tkhi Suan Khang To. Zashchitnye bisloynnye pokrytiya na osnove epoksidnoy smoly i kremniyorganicheskikh soedineniy [Protective bilayer coatings based on epoxy resin and organic silicon compounds]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 4, pp. 68–72.
2. Rogachev A. A. *Fiziko-khimiya polimernykh pokrytiy, osazhdaemykh iz aktivnoy gazovoy fazy* [Physical Chemistry of Polymer Coatings Deposited from the Active Gas Phase]. Moscow : Nauchnyy mir Publ., 2014. 287 p.
3. Vayssieres L., Keis K., Lindquist S.-E., Hagfeldt A. Purpose-built anisotropic metal oxide material: 3D highly oriented microrod array of ZnO. *J. Phys. Chem. B*, 2001, vol. 105, is. 17, pp. 3350–3352. doi: 10.1021/jp010026s
4. Pan Z. W., Dai Z. R., Wang Z. L. Nanobelts of semiconducting oxides. *Science*, 2001, vol. 291, no. 5510, pp. 1947–1949. doi: 10.1126/science.1058120
5. Yuan H., Zhang Y. Preparation of well-aligned ZnO whiskers on glass substrate by atmospheric MOCVD. *J. Cryst. Growth*, 2004, vol. 263, is. 1-4, pp. 119–124. doi: 10.1016/j.jcrysgro.2003.11.084
6. Heo Y. W., Varadarajan V., Kaufman M., Kim K., Norton D. P. Site-specific growth of ZnO nanorods using catalysis-driven molecular-beam epitaxy. *Appl. Phys. Lett.*, 2002, vol. 81, is. 16, pp. 3046–3048. doi: 10.1063/1.1512829
7. Hong J.-I., Bae J., Wang Z. L., Snyder R. L. Room temperature, texture-controlled growth of ZnO thin films and their application for growing aligned ZnO nanowire arrays. *Nanotechnology*, 2009, vol. 20, no. 8, pp. 142–149. doi: 10.1088/0957-4484/20/8/085609
8. Chiou W.-T., Wu W.-Yu, Ting J.-M. Growth of single crystal ZnO nanowires using sputter deposition. *Diam. Relat. Mater.*, 2003, vol. 12, is. 10-11, pp. 1841–1844. doi: 10.1016/S0925-9635(03)00274-7
9. Xu S., Wang Z. L. One-dimensional ZnO nanostructures: solution growth and functional properties. *Nano Res.*, 2011, vol. 4, pp. 1013–1098. doi: 10.1007/s12274-011-0160-7
10. Lin D., Wu H., Pan W. Photoswitches and memories assembled by electrospinning aluminum-doped zinc oxide single nanowires. *Adv. Mater.*, 2007, vol. 19, is. 22, pp. 3968–3972. doi: 10.1002/adma.200602802
11. Rogachev A. A., Tamulevičius S., Rogachev A. V., Yarmolenko M. A., Prosycevas I. The structure and molecular orientation of polytetrafluoroethylene coatings deposited from active gas phase. *Appl. Surf. Sci.*, 2009, vol. 255, is. 15, pp. 6851–6856. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.03.004
12. Komkov O. Yu. Mikrotribometr vzvratno-postupatel'nogo tipa, rabotayushchiy v oblasti malykh nagruzok: konstruktivnye osobennosti i metodika ispytaniya obraztsov [Reciprocating microtribometer operating in the field of low loads: design features and testing method of samples]. *Trenie i iznos* [Friction and Wear], 2003, vol. 24, no. 6, pp. 642–649.