

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-80-85>

УДК 678.046.76:678.743.41

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ФОРМИРОВАНИЕ ФТОРПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ И СВОЙСТВА ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

В. А. ШЕЛЕСТОВА<sup>+</sup>, П. Н. ГРАКОВИЧ, И. С. ШИЛЬКО, Л. Ф. ИВАНОВ, В. А. СТРАТАНОВИЧ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

*Исследовано влияние конечной температуры термообработки (КТТО) углеродных волокон (УВ) на их состав, поверхностные, сорбционные, прочностные свойства. Показано, что модифицирование поверхности углеродных волокон методом плазмохимической обработки более эффективно для УВ, полученных при температурах карбонизации (1200–1500 °С), когда в составе, кроме углерода (88–96%), присутствуют другие атомы, в основном, кислород и водород, что способствует закреплению фторполимерного покрытия на поверхности УВ. При повышении КТТО до 1900–2200 °С в составе УВ остается практически один углерод (99%), поверхность становится гладкой, бездефектной, поэтому фторполимерное покрытие после измельчения частично стягивается с поверхности, образуя агломераты. В результате, характеристики наполненных фторопластовых композитов также зависят от вида использованных УВ.*

**Ключевые слова:** углеродное волокно, карбонизация, графитизация, класс термообработки, плазмохимическая обработка, фторполимерное покрытие, политетрафторэтилен, фторопластовый композит, свойства.

## INFLUENCE OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE OF CARBON FIBERS ON FLUOROPOLYMER COATING FORMATION AND PROPERTIES OF FLUOROPLASTIC COMPOSITES

V. A. SHELESTOVA<sup>+</sup>, P. N. GRAKOVICH, I. S. SHILKO, L. F. IVANOV, V. A. STRATANOVICH

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

*The effect of the final heat treatment temperature (FHTT) of carbon fibers (CF) on their composition, surface, sorption, and strength properties has been investigated. It is shown that plasma-chemical treatment of the surface of carbon fibers is more effective for CF obtained at carbonization temperatures (1200–1500 °C), when in addition to carbon (88–96% content), the composition contains residual groups, incl. oxygen-containing, which facilitate the adhesion of the fluoropolymer coating to the CF surface. With an increasing of FHTT to 1900–2200 °C, almost one carbon (99% content) remains and the surface of CF becomes smooth, defect-free, therefore, the fluoropolymer coating partially shift from the surface, forming agglomerates. As a result, the properties of CF-filled fluoroplastic composites also depend on the type of applied CF.*

**Keywords:** carbon fiber, carbonization, graphitization, heat treatment, plasma chemical treatment, fluoropolymer coating, polytetrafluoroethylene, fluoroplastic composite, properties.

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

Поступила в редакцию 11.11.2020

© В. А. Шелестова, П. Н. Гракович, И. С. Шилько, Л. Ф. Иванов, В. А. Стратанович, 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](mailto:polmattex@gmail.com)

**Web:** <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

### Образец цитирования:

Шелестова В. А., Гракович П. Н., Шилько И. С., Иванов Л. Ф., Стратанович В. А. Влияние температуры термообработки углеродных волокон на формирование фторполимерного покрытия и свойства фторопластовых композитов // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 4. С. 80–85. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-80-85>

### Citation sample:

Shelestova V. A., Grakovich P. N., Shil'ko I. S., Ivanov L. F., Stratanovich V. A. Vliyanie temperatury termoobrabotki ugleodnykh volokon na formirovanie ftoropolimernogo pokrytiya i svoystva ftoroplastovykh kompozitov [Influence of heat treatment temperature of carbon fibers on fluoropolymer coating formation and properties of fluoroplastic composites]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 4, pp. 80–85. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-4-80-85>

### Литература

1. Шелестова В. А. Плазменное нанесение фторполимерного покрытия на углеродные волокна для улучшения свойств фторопластовых композитов // *Материалы, технологии, инструменты*. 2010. Т. 15, № 3. С. 39–51.
2. Логинов Б. А., Виллемсон А. Л., Бузник В. М. Российские фторполимеры: история, технологии, перспективы. М. : [б. и.], 2013. 318 с.
3. Молчанов Б. И., Чукаловский П. А., Варшавский В. Я. Углепластики. М. : Химия, 1985. 207 с.
4. Симamura С., Синдо А., Коцука К., Цутияма Н., Сато Т., Ито Ё., Икегами К., Ямада К., Сакамото А., Ватанабэ Ё., Такэда Х., Исикава Т., Сасаки В., Абэ Я. Углеродные волокна : пер. с япон / под ред. С. Симамуры. М. : Мир, 1987. 304 с.
5. Мелешко А. И., Половников С. П. Углерод. Углеродные волокна. Углеродные композиты. М. : Сайнс-пресс, 2007. 192 с.
6. Черненко Д. Н. Разработка и исследование технологического процесса получения углеродных тканей из гидратцеллюлозных волокон : автореф. дисс... канд. техн. наук : 05.16.06. М., 2015. 26 с.
7. Горина Е. А., Чеблакова В. Г. Влияние режимов активации на удельную поверхность и развитие микропористой структуры углеродных волокон на основе вискозы // *Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. 2015, № 4. С. 34–39. doi: dx.doi.org/10.17073/1997-308X-2015-4-34-39
8. Гракович П. Н., Шелестова В. А., Шумская В. Ю., Шилько И. С., Гуцев Д. М., Башлакова А. Л., Целуев М. Ю. Влияние типа углеволоконного наполнителя на физико-механические и триботехнические свойства фторопластовых композитов // *Трение и износ*. 2019, Т. 40, № 1. С. 18–24.
9. Shelestova V. A., Zhandarov S. F., Danchenko S.G., Grakovich P.N. Surface Modification of Carbon Fiber by Fluoropolymer in a Low-Temperature Plasma // *Inorganic Materials*, 2015, vol. 6, no. 3, pp. 219–224. doi: 10.1134/S2075113315030107

### References

1. Shelestova V. A. Plazmennoe nanesenie ftoropolimernogo pokrytiya na ugleodnye volokna dlya uluchsheniya svoystv ftoroplastovykh kompozitov [Plasma deposition of a fluoropolymer coating on carbon fibers to improve the properties of fluoroplastic composites]. *Materials, technologies, instruments* [Materials. Technologies. Tools], 2010 vol. 15, no. 3, pp. 39–51.
2. Loginov B. A., Villmenson A. L., Buznik V. M. *Rossiyskie ftoropolimery: istoriya, tekhnologii, perspektivy* [Russian fluoropolymers: history, technologies, prospects]. Moscow, 2013. 318 p.
3. Molchanov B. I., Chukalovskiy P. A., Varshavskiy V. Ya. *Ugleplastiki* [Carbonplastics]. Moscow : Khimiya Publ., 1985. 207 p.
4. Simamura S., Sindo A., Kotsuka K., Tsutiyama N., Sato T., Ito E., Ikegami K., Yamada K., Sakamoto A., Vatanabe E., Takeda Kh., Isikava T., Sasaki V., Abe Ya. *Ugleodnye volokna* [Carbon fibers]. Moscow : Mir Publ., 1987. 304 p.
5. Meleshko A. I., Polovnikov S. P. *Uglerod. Ugleodnye volokna. Ugleodnye kompozity* [Carbon. Carbon fiber. Carbon composites]. Moscow : Sayns-press Publ., 2007. 192 p.
6. Chemenko D. N. *Razrabotka i issledovanie tekhnologicheskogo protsessa polucheniya ugleodnykh tkaney iz gidratsellyuloznykh volokon. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk* [Development and research of a technological process for obtaining carbon fabrics from hydrated cellulose fibers. PhD eng. sci. ab-]. Moscow : Sayns-press Publ., 2015. 26 p.

stract diss.], Moscow, 2015. 26 p.

7. Gorina E. A., Cheblakova V. G. Vliyanie rezhimov aktivatsii na udel'nuyu poverkhnost' i razvitie mikroporistoy struktury uglerodnykh volokon na osnove viskozy [Effect of activation modes on specific surface area and development of microporous structure of viscose-based carbon fibers]. *Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funktsional'nye pokrytiya* [Powder Metallurgy and Functional Coatings], 2015, no. 4, pp. 34–39. doi: [dx.doi.org/10.17073/1997-308X-2015-4-34-39](https://doi.org/10.17073/1997-308X-2015-4-34-39)
  8. Grakovich P. N., Shelestova V. A., Shumskaya V. Yu., Shil'ko I. S., Gutsev D. M., Bashlakova A. L., Tseluev M. Yu. Vliyanie tipa uglevoloknistogo napolnitelya na fiziko-mekhanicheskie i tribotekhnicheskie svoystva ftoroplasto-vykh kompozitov [Influence of the type of carbon fiber filler on the properties of the fluoroplastic composites]. *Trenie i iznos* [Friction and Wear], 2019, vol. 40, no. 1, pp. 18–24.
  9. Shelestova V. A., Zhandarov S. F., Danchenko S.G., Grakovich P. N. Surface Modification of Carbon Fiber by Fluoropolymer in a Low-Temperature Plasma // *Inorganic Materials*, 2015, vol. 6, no. 3, pp. 219–224. doi: [10.1134/S2075113315030107](https://doi.org/10.1134/S2075113315030107)
-