

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-62-67>

УДК 678.743.41: 620.17:677.494

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАЛОНАПОЛНЕННОГО ПТФЭ

А. Л. БАШЛАКОВА<sup>+</sup>, В. А. ШЕЛЕСТОВА, Л. Ф. ИВАНОВ, П. Н. ГРАКОВИЧ

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

*Цель работы — изучить влияние содержания углеродных волокон (УВ) в количестве 1–10 мас.% на физико-механические и триботехнические свойства малонаполненного политетрафторэтилена (ПТФЭ) во взаимосвязи с его кристаллической структурой. Углеродные волокна модифицировали в низкотемпературной плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений. Композиты получали из ПТФЭ и измельченных УВ методом холодного прессования и последующего свободного спекания. Установлена анизотропия упруго-прочностных свойств малонаполненного ПТФЭ с углеродными волокнами при сжатии. При малом содержании УВ (0–3 мас.%) модуль упругости при сжатии и напряжение сжатия имеют более высокие значения для образцов, вырезанных вдоль направления прессования, чем для вырезанных поперек. При 5 мас.% УВ и более, наоборот, образцы композита, изготовленные поперек направления прессования, показывают более высокие упруго-прочностные свойства при сжатии. Зависимости упруго-прочностных свойств от содержания УВ для обоих направлений носят экстремальный характер. Установлен экстремальный характер зависимости коэффициента теплопроводности от содержания УВ в ПТФЭ, который обусловлен, с одной стороны, содержанием кристаллической фазы ПТФЭ, с другой — образованием проводящих мостиков между УВ. Влияния малых доз УВ на триботехнические свойства малонаполненного ПТФЭ не обнаружено.*

**Ключевые слова:** политетрафторэтилен, углеродное волокно, малонаполненные композиты, анизотропия свойств, модуль упругости при сжатии, теплопроводность, кристаллическая фаза.

## INFLUENCE OF THE CONTENT OF MODIFIED CARBON FIBERS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOW-FILLED PTFE

A. L. BASHLAKOVA<sup>+</sup>, V. A. SHELESTOVA, L. F. IVANOV, P. N. GRAKOVICH

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

*The aim of the work is to study the effect of carbon fiber (CF) content in the amount of 1–10 wt.% on the physical, mechanical and tribotechnical properties of low-filled polytetrafluoroethylene (PTFE) in relation to its crystal structure. CF fibers were modified in a low-temperature glow discharge plasma in an organofluorine compounds medium. Composites were obtained from PTFE and crushed CF by cold pressing and subsequent free sintering. Anisotropy of elastic-strength properties of low-filled PTFE with carbon fibers under compression is established. Compressive modulus and compressive stress have higher values for specimens cut along the pressing direction (than across) with a low CF content (0–3 wt.%). At 5 wt.% and more CF, on the contrary, composite samples made across the direction of pressing show higher elastic-strength properties in compression. The dependences of the elastic-strength properties on the CF content for both directions have extreme character. The extreme character of the dependence of the thermal conductivity coefficient on the CF content in PTFE was also established, which is due, on the*

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

one hand, to the content of the PTFE crystalline phase, and, on the other hand, to the formation of conducting bridges between CF. The effect of content of CF on the tribotechnical properties of low-filled PTFE was not found.

**Keywords:** polytetrafluoroethylene, carbon fiber, low-filled composites, anisotropy of properties, modulus of elasticity in compression, thermal conductivity, crystalline phase.

Поступила в редакцию 16.09.2021

© А. Л. Башлакова, В. А. Шелестова, Л. Ф. Иванов, П. Н. Гракович, 2021

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:

Башлакова А. Л., Шелестова В. А., Иванов Л. Ф., Гракович П. Н. Влияние содержания модифицированных углеродных волокон на физико-механические свойства малонаполненного ПТФЭ // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 4. С. 62–67. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-62-67>

#### Citation sample:

Bashlakova A. L., Shelestova V. A., Ivanov L. F., Grakovich P. N. Vliyanie sodержaniya modifitsirovannykh uglirodnykh volokon na fiziko-mekhanicheskie svoystva malonapolnennogo PTFE [Influence of the content of modified carbon fibers on the physical and mechanical properties of low-filled PTFE]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 4, pp. 62–67. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-62-67>

#### Литература

1. Машков Ю. К., Овчар З. Н., Суриков В. И., Калистратова Л. Ф. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. М.: Машиностроение, 2005. 240 с.
2. Васильев А. П., Охлопкова А. А., Стручкова Т. С., Алексеев А. Г., Иванова З. С. Разработка антифрикционных материалов на основе политетрафторэтилена с углеродными волокнами // Вестник СВФУ. 2017. № 3 (59). С. 39–47.
3. Эйсмонт Н. Г., Суриков Вал. И., Суриков Вад. И., Лях О. В. Роль молекулярной подвижности в формировании физико-механических свойств модифицированного политетрафторэтилена // Омский научный вестник. 2013. № 2 (120). С. 15–18.
4. Кропотин О. В., Машков Ю. К., Егорова В. А., Кургузова О. А. Разработка полимерных композитов триботехнического назначения с микроразмерными модификаторами // Омский научный вестник. 2013. № 2 (120). С. 91–94.
5. Башлакова А. Л., Шелестова В. А., Гракович П. Н., Иванов Л. Ф. Исследование влияния модифицированных углеродных волокон на кристалличность политетрафторэтиленовой матрицы // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 1. С. 78–84.
6. Паншин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. Л.: Химия, 1978. 230 с.
7. Пугачев А. К., Росляков О. А. Переработка фторопластов в изделия. Л.: Химия, 1987. 168 с.
8. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций: пер. с англ. М.: Химия, 1978. 310 с.
9. Шелестова В. А., Коваль И. В., Башлакова А. Л. Влияние анизотропии фторопластовых композитов и доли наполнителя на коэффициент термического линейного расширения // Полимерные материалы и технологии. 2019. Т. 5, № 3. С. 64–68.
10. Соболев Г. П., Ильин А. Н. Роль структуры материала наноуровня для изделий из фторопласта-4 // Fluorine Notes. 2011. № 1 (74). С. 7–8 [Электронный ресурс]. URL: [http://notes.fluorine1.ru/public/2011/1\\_2011/retro/rusindex.html](http://notes.fluorine1.ru/public/2011/1_2011/retro/rusindex.html) (дата обращения: 10.10.2021).
11. Перепечко И. И. Введение в физику полимеров. М.: Химия, 1978. 312 с.

#### References

1. Mashkov Yu. K., Ovchar Z. N., Surikov V. I., Kalistratova L. F. *Kompozitsionnye materialy na osnove politetraforetilena. Strukturnaya modifikatsiya* [Composite materials based on polytetrafluoroethylene. Structural modification]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2005. 240 p.
2. Vasil'ev A. P., Okhlopova A. A., Struchkova T. S., Alekseev A. G., Ivanova Z. S. Razrabotka antifriktsionnykh materialov na osnove

- politetraftoretilena s uglerodnymi voloknami [Development of antifriction materials based on polytetrafluoroethylene with carbon fibers]. *Vestnik SVFU* [Vestnik of NEFU], 2017, no. 3 (59), pp. 39–47.
3. Eysmont N. G., Surikov Val. I., Surikov Vad. I., Lyakh O. V. Rol' molekulyarnoy podvizhnosti v formirovanii fiziko-mekhanicheskikh svoystv modifitsirovannogo politetraftoretilena [The role of molecular mobility in the formation of the physico-mechanical properties of modified polytetrafluoroethylene]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2013, no. 2 (120), pp. 15–18.
  4. Kropotin O. V., Mashkov Yu. K., Egorova V. A., Kurguzova O. A. Razrabotka polimernykh kompozitov tribotekhnicheskogo naznacheniya s mikrorazmernymi modifikatorami [Development of tribotechnical polymer composites with micro-dimensional modifiers]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2013, no. 2 (120), pp. 91–94.
  5. Bashlakova A. L., Shelestova V. A., Grakovich P. N., Ivanov L. F. Issledovanie vliyaniya modifitsirovannykh uglerodnykh volokon na kristallichnost' politetraftoretilenovoy matritsy [[Investigation of the effect of modified carbon fibers on the crystallinity of polytetrafluoroethylene matrix]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2020, vol. 6, no. 1, pp. 78–84.
  6. Panshin Yu. A., Malkevich S. G., Dunaevskaya Ts. S. Ftoropla-sty [Fluoroplasts]. Leningrad : Khimiya Publ., 1978. 230 p.
  7. Pugachev A. K., Roslyakov O. A. Pererabotka ftoroplastov v izdeliya[Processing of fluoroplastics into products]. Leningrad : Khimiya Publ., 1987. 168 p.
  8. Nil'sen L. *Mekhanicheskie svoystva polimerov i polimernykh kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and polymer compositions]. Moscow : Khimiya Publ., 1978. 310 p.
  9. Shelestova V. A., Koval' I. V., Bashlakova A. L. Vliyanie anizotropii ftoroplastovykh kompozitov i doli napolnitelya na koeffitsient termicheskogo lineynogo rasshireniya [The effect of the anisotropy of fluoroplastic composites and the filler fraction on the coefficient of thermal linear expansion]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2019, vol. 5, no. 3, pp. 64–68.
  10. Sobolev G. P., Il'in A. N. Rol' struktury materiala nanourovnya dlya izdeliy iz ftoroplasta-4 [The role of the nanoscale material structure for fluoroplast products-4]. Available at: [http://notes.fluorine1.ru/public/2011/1\\_2011/retro/rusindex.html](http://notes.fluorine1.ru/public/2011/1_2011/retro/rusindex.html) (accessed 10.10.2021).
  11. Perepechko I. I. *Vvedenie v fiziku polimerov* [Introduction to Polymer Physics]. Moscow : Khimiya Publ., 1978. 312 p.
-