

DOI: 10.32864/polymmattech-2022-8-1-24-30

УДК 679.745.24

САМОЗАТУХАЮЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА БАЗЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ПОЛИУРЕТАНА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

А. А. ДАВЫДОВ¹, Ж. ВАНГ², С. П. БОГДАНОВИЧ¹⁺, К. ЛИ², Ф. ЦАЙ³

¹Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

²ООО «Компания новых материалов Кэхуасэбан», ул. Цзиншидунлу, 16888, 250220, г. Цзинань, КНР

³Институт энергии Академии наук провинции Шаньдун, ул. КеЮаньлу, 19, 250014, г. Цзинань, КНР

Одной из важнейших областей применения термопластичных композитов является их использование в качестве электроизоляционных покрытий в микроэлектронике, электротехнике и системах электроснабжения. Требования, предъявляемые к подобному рода изделиям, постоянно ужесточаются, что вызывает необходимость более тщательного подхода не только к выбору полимерной матрицы, но и к используемым модификаторам. Значительный интерес представляет исследование влияния антипиренирующих добавок на механические и электрофизические свойства полимерных матриц, потенциально пригодных для изготовления электроизоляционных покрытий для низковольтных кабелей (до 660 В).

Цель работы — исследование влияния антипиренирующих добавок на электрические и механические свойства и стойкость к горению термоэластопластов, потенциально пригодных для изготовления электроизоляционных покрытий.

Композиционные материалы получали методом компаундирования в расплаве в материальном цилиндре двухшнекового экструдера. Экспериментальные образцы изготавливали литьем под давлением. Показатели электрических, механических свойств и категорию стойкости к горению определяли согласно действующим стандартам.

Все полученные композиты характеризуются высокой эластичностью. Образцы, изготовленные из них, не разрушаются, а относительное удлинение составляет не менее 149% вне зависимости от типа матрицы и антипирена.

Установлено, что наибольшее снижение электрического сопротивления композита более чем в 400 раз, имеет место при использовании антипирена с наибольшей растворимостью в воде (дициандиамида) и полимерной матрицы с высоким влагопоглощением (полиуретан). Для полимера с низкой сорбцией воды исследуемые электрофизические характеристики практически не меняются: удельное объемное сопротивление и удельное поверхностное сопротивление соответственно превышают 10^{14} Ом·см и 10^{14} Ом. Введение 30 мас.% меламин и меламин цианурата в полиуретановую матрицу позволяет получить композиты с высшей категорией стойкости к горению ПВ-0.

Ключевые слова: термопласт, электрическая изоляция, антипирен, компаундирование в расплаве, механические и электрофизические свойства, категория стойкости к горению.

SELF-EXTINGUISHING COMPOSITES BASED ON POLYPROPYLENE AND THERMOPLASTIC POLYURETHANE FOR ELECTRIC CABLES

A. A. DAVYDOV¹, ZH. WANG², S. P. BOGDANOVICH¹⁺, X. LI², F. CAI³

¹V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

²Shandong Kehuasaibang New Material Co., Ltd., Jingshi East Road, 16888, 250220, Jinan, China

³Energy Institute of Shandong Academy of Sciences, Keyuan Road, 19, 250014, Jinan, China

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: sergiy@bk.ru

One of the most important applications of thermoplastic composites is their use as electrical insulation coatings in microelectronics, electrical engineering and power supply systems. The requirements for such products are constantly becoming more severe, which necessitates a more careful approach not only to the choice of the polymer matrix, but also to the modifiers used. Considerable interest is the study of the effect of flame retardants on the mechanical, electrical and physical properties of polymer matrices potentially suitable for the manufacture of electrical insulation coatings for low-voltage cables (up to 660 V).

The aim of the work is to study the effect of flame retardant additives on the electrical and mechanical properties and resistance to combustion of thermoplastics potentially suitable for the preparation of electrical insulation coatings.

Composite materials were obtained by compounding in a melt in a material cylinder of a twin-screw extruder. Experimental samples were made by injection molding. The indicators of electrical, mechanical properties and the category of resistance to combustion were determined according to the current standards.

All obtained composites have got high elasticity. The samples made from them do not break without incision and the elongation is at least 149%, regardless of the type of matrix and flame retardant.

It was found that the greatest decrease in the electrical resistance of the composite (more than 400 times) occurs when using a flame retardant with the highest solubility in water (dicyanediamide) and a polymer matrix with high moisture absorption (polyurethane). The studied electrical and physical characteristics practically do not change for polymer with low water sorption. The values of specific volume resistance and specific surface resistance of such composites are 10^{14} Ohms-cm and 10^{14} Ohms respectively. The introduction of 30 wt.% of melamine and melamine cyanide into the polyurethane matrix allows to obtain composites with a highest category of fire resistance PV-0.

Keywords: thermoplastic, electrical insulation, flame retardant, melt compounding, mechanical and electrophysical properties, category of flame resistance.

Поступила в редакцию 21.02.2022

© А. А. Давыдов, Ж. Ванг, С. П. Богданович, К. Ли, Ф. Цай, 2022

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:

Давыдов А. А., Ванг Ж., Богданович С. П., Ли К., Цай Ф. Самозатухающие композиты на базе полипропилена и термopластичного полиуретана для электрических кабелей // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 1. С. 24–30. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-1-24-30>

Citation sample:

Davydov A. A., Vang Zh., Bogdanovich S. P., Li K., Tsay F. Samozatukhayushchie kompozity na baze polipropilena i termoplastichnogo poliuretana dlya elektricheskikh kabeley [Self-extinguishing composites based on polypropylene and thermoplastic polyurethane for electric cables]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2022, vol. 8, no. 1, pp. 24–30. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-1-24-30>

Литература

1. Haque S. M., Ardila-Rey J. A., Umar Y., Mas'ud A. A., Muhammad-Sukki F., Jume B. H., Rahman H., Bani N. A. Application and suitability of polymeric materials as insulators in electrical equipment // *Energies*, 2021, vol. 14, is. 10, pp. 2758–2787. doi: 10.3390/en14102758
2. Ahmad Z. Polymer dielectric materials // *Dielectric material* / ed. M. A. Silaghi. London : IntechOpen, 2012. doi: 10.5772/50638
3. Mead J. L., Tao Z., Liu H. S. Insulation materials for wire and cable applications // *Rubber Chemistry and Technology*, 2002, vol. 75, no. 4, pp. 701–712. doi: 10.5254/1.3544996
4. *Electric Cables Handbook* / ed. G. F. Moore. 3rd ed. Padstow : Blackwell Science, 1997. 1120 p.
5. Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Паныматченко А. Д., Крыжановская Ю. В. Технические свойства полимерных материалов. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : Профессия, 2005. 248 с.
6. Subbulakshmi M. S., Kasturiya N., Hansraj Bajaj P., Ashwini K. A. Production of flame-retardant nylon 6 and 6.6 // *Journal of Macromolecular Science. Part C*, 2000, vol. 40, no. 1, pp. 85–104. doi: 10.1081/MC-100100580
7. Levchik S. V., Weil E. D. Combustion and fire retardancy of aliphatic nylons // *Polymer International*, 2000, vol. 49, is. 10, pp. 1033–1073. doi: 10.1002/1097-0126(200010)49:10<1033::AID-PI518>3.0.CO;2-I
8. Bar M., Alagirusamy R., Das A. Flame Retardant Polymer Composites // *Fibers and Polymers*, 2015, vol. 16, pp. 705–717. doi: 10.1007/s12221-015-0705-6
9. Давыдов А. А. Огне- и трекингоустойкость полиамида 6, содержащего антипирены на основе соединений сим-триазина // *Полимерные материалы и технологии*. 2018. Т. 4, № 1. С. 67–74.
10. Богданович С. П., Вовк В. И., Полховский М. В., Песецкий С. С. Сорбция воды и ее влияние на электрофизические свойства полиамидных углепластиков // *Материалы. Технологии. Инструменты*. 2011. Т. 16, №1. С. 57–65.
11. Du B. Accelerating the discovery of new dielectric properties in polymer insulation. USA : IGI Global, 2017. 388 p. doi: 10.4018/978-1-5225-2309-3
12. Pesetskii S. S., Shevchenko V. V., Dubrovsky V. V. Morphology and properties of poly(ethylene terephthalate) and thermoplastic polyester elastomer blends modified in the melt by a diisocyanate chain extender and filled with a short glass fiber // *Journal of Applied Polymer Science*, 2018, vol. 135, is. 6. doi: 10.1002/app.45711
13. База данных физико-химических свойств и синтезов веществ [Электронный ресурс]. URL: <https://chemister.ru/Database/search.php> (дата обращения: 14.12.2021).

References

1. Haque S. M., Ardila-Rey J. A., Umar Y., Mas'ud A. A., Muhammad-Sukki F., Jume B. H., Rahman H., Bani N. A. Application and suitability of polymeric materials as insulators in electrical equipment. *Energies*, 2021, vol. 14, is. 10, pp. 2758–2787. doi: 10.3390/en14102758
2. Ahmad Z. Polymer dielectric materials. *Dielectric material*. Ed. M. A. Silaghi. London : IntechOpen, 2012. doi: 10.5772/50638
3. Mead J. L., Tao Z., Liu H. S. Insulation materials for wire and cable applications. *Rubber Chemistry and Technology*, 2002, vol. 75, no. 4, pp. 701–712. doi: 10.5254/1.3544996
4. *Electric Cables Handbook*. Ed. G. F. Moore. 3rd ed. Padstow : Blackwell Science, 1997. 1120 p.
5. Kryzhanovskiy V. K., Burlov V. V., Panymatchenko A. D., Kryzhanovskaya Yu. V. *Tekhnicheskie svoystva polimernykh materialov* [Technical properties of polymer materials]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2005. 248 p.
6. Subbulakshmi M. S., Kasturiya N., Hansraj Bajaj P., Ashwini K. A. Production of flame-retardant nylon 6 and 6.6. *Journal of Macromolecular Science. Part C*, 2000, vol. 40, no. 1, pp. 85–104. doi: 10.1081/MC-100100580
7. Levchik S. V., Weil E. D. Combustion and fire retardancy of aliphatic nylons. *Polymer International*, 2000, vol. 49, is. 10, pp. 1033–1073. doi: 10.1002/1097-0126(200010)49:10<1033::AID-PI518>3.0.CO;2-I
8. Bar M., Alagirusamy R., Das A. Flame Retardant Polymer Composites. *Fibers and Polymers*, 2015, vol. 16, pp. 705–717. doi: 10.1007/s12221-015-0705-6
9. Davydov A. A. Ogne- i trekingostoykost' poliamida 6, soderzhashchego antipiruyushchie dobavki na osnove soedineniy sim-triazina [Fire and tracking resistance of polyamide 6 containing flame retardant additives based on sim-triazine compounds]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2018, vol. 4, no. 1, pp. 67–74.
10. Bogdanovich S. P., Vovk V. I., Polkhovskiy M. V., Pesetskiy S. S. Sorbtsiya vody i ee vliyanie na elektrofizicheskie svoystva poliamidnykh ugleplastikov [Water sorption and its effect on the electrophysical properties of polyamide carbon fiber plastics]. *Materialy. Tekhnologii. Instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2011, vol. 16, no. 1, pp. 57–65.
11. Du B. Accelerating the discovery of new dielectric properties in polymer insulation. USA : IGI Global, 2017. 388 p. doi: 10.4018/978-1-5225-2309-3
12. Pesetskii S. S., Shevchenko V. V., Dubrovsky V. V. Morphology and properties of poly(ethylene terephthalate) and thermoplastic polyester elastomer blends modified in the melt by a diisocyanate chain extender and filled with a short glass fiber. *Journal of Applied Polymer Science*, 2018, vol. 135, is. 6. doi: 10.1002/app.45711
13. Baza dannykh fiziko-khimicheskikh svoystv i sintezov veshchestv [Database of physicochemical properties and syntheses of substances]. Available at: <https://chemister.ru/Database/search.php> (accessed 14.12.2021).