

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-56-62>

УДК 678.675:614.841.332

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОЙ КОМПОЗИЦИИ В ПОЛИАМИДЕ 6 НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

О. В. РЕВА, Д. В. КРИВАЛЬ⁺

Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Цель работы — разработать комплексный синергический замедлитель горения на основе неорганических азот-фосфорсодержащих композиций, изучить влияния его компонентного и массового содержания на физико-механические и эксплуатационные характеристики полиамида 6.

Разработана новая комплексная огнезащитная композиция для полиамида синергического действия, в результате термодеструкции которой происходит одновременное выделение азот-фосфорсодержащих ингибиторов горения в газовую фазу и образование минеральных структур в твердой фазе. Изучена зависимость физико-механических свойств огнезащитных композиционных материалов на основе полиамида 6 от химического состава и массового содержания комплексных замедлителей горения в композите. Доказано, что новая нетоксичная неорганическая огнезащитная композиция при содержании 12 мас.% обеспечивает материалу категорию стойкости к горению ПВ-0 с незначительным снижением эксплуатационных характеристик. Данная концентрация многокомпонентной композиции является критической по отношению к падению механических характеристик материала. Внесение нового огнезащитного агента не приводит к повышению токсичности продуктов термодеструкции полимера.

Ключевые слова: композиционные материалы на основе полиамида 6, аммонийные фосфаты, каркасообразующие минеральные добавки, физико-механические характеристики.

EFFECT OF THE COMPOSITION AND CONTENT OF FIRE-PROOF COMPOSITION IN POLYAMIDE 6 ON ITS PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

O. V. REVA, D. V. KRYVAL⁺

University of civil protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Mashinostroiteley St., 25, 220118, Minsk, Belarus

The purpose of the work is the development of a complex synergistic flame retardation based on inorganic nitrogen-phosphorus-containing compositions, the study influence of its composition and content on the physical, mechanical and operational characteristics of polyamide 6.

The complex new fire-retardant composition for polyamide of synergistic action has been developed, as a result of thermal destruction of which there is a simultaneous release of nitrogen-phosphorus-containing flame retardants in the gas phase with the formation of mineral structures in the solid phase. The dependence of the physical and mechanical properties of fireproof composite materials based on polyamide 6 on the chemical composition and mass content of complex flame retardants in the composite has been studied. It is proved that a new non-toxic inorganic fire retardant composition with content of 12 wt.% provides the material with a category of fire re-

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: den.kryval@mail.ru

sistance PV-0 with a slight decrease in performance. This concentration of multi-component composition is critical in relation to the drop in the mechanical characteristics of the material. The introduction of a new flame retardant agent does not lead to an increase in the toxicity of polymer thermal degradation products.

Keywords: polyamide 6 composites, ammonium phosphates, frame-forming mineral additives, physical and mechanical characteristics.

Поступила в редакцию 16.11.2022

© О. В. Рева, Д. В. Криваль, 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:

Рева О. В., Криваль Д. В. Влияние состава и содержания огнезащитной композиции в полиамиде 6 на его физико-механические свойства // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 4. С. 56–62. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-56-62>

Citation sample:

Reva O. V., Krival' D. V. Vliyanie sostava i sodержaniya ognезashchitnoy kompozitsii v poliamide 6 na ego fiziko-mekhanicheskie svoystva [Effect of the composition and content of fireproof composition in polyamide 6 on its physical and mechanical properties]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2022, vol. 8, no. 4, pp. 56–62. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-56-62>

Литература

1. Applied plastics engineering handbook. Processing and materials / ed. by M. Kutz. Amsterdam [etc.] : William Andrew, 2011. 664 p.
2. Крепежные изделия из полиамида // ЦКИ. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cki-com.ru/blog/article07/> (дата обращения: 27.10.2022).
3. Изделия из полиамида и пропилен // ООО «ПромТехПласт». 2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ptp77.ru/izdeliya-iz-poliamida-i-propilena/> (дата обращения: 27.10.2022).
4. Полиамид (ПА): характеристика, марочный ассортимент и области применения // ООО Пластинфо. 2008 [Электронный ресурс]. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/40/> (дата обращения: 27.10.2022).
5. Трудногорючий Полиамид-6 для экстремальных условий работы // Руспласт. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://rusplast.com/articles/13335/> (дата обращения: 03.12.2022).
6. Патент RU 2535687, МПК C09K 21/12, C09K 21/14, C08K 5/5397, C08K 7/14, C08L 77/00 Фосфорсодержащие антипирены / Тимберлейк Л. Д., Хансон М. В., Нараян С., Филдинг У. Р.; патентообладатель Кемтура корпорейшн. N US 2010/034187; заявл. 10.05.2010; опубл. 20.12.2014 Бюл. № 35.
7. Ломакин С. М., Заиков Г. Е., Микитаев А. К., Кочнев А. М., Стоянов О. В., Шкодич В. Ф., Наумов С. В. Замедлители горения для полимеров // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 7. С. 71–86.
8. Патент 2679237 РФ, МПК C08L 77/00, C09K 21/08, C09K 21/14. Фторсодержащая полиамидная композиция с пониженной горючестью / Кудашев С. В., Шаповалов В. М., Валенков А. М.; патентообладатель ВолгГТУ. N 2018101540; заявл. 16.01.2018; опубл. 06.02.2019 Бюл. № 4.
9. Леонов Д. В. Разработка полиамида-6 функционального назначения, модифицированного окисленным графитом : дис. канд. техн. наук : 05.17.06. Саратов, 2018. 163 с.
10. Буравов Б. А. Синтез и свойства полимеризационноспособных фосфорсодержащих олигомеров со спейсером в структуре : дис. канд. хим. наук : 02.00.06. Волгоград, 2020. 161 с.
11. Костюченко М. А., Ревако М. М. Влияние триазинового и неорганического фосфорного ингибиторов горения на эксплуатационные свойства и стойкость к горению стеклонаполненного полиамида 6 // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук. 2013. № 2. С. 21–24.
12. Богданова В. В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий : сб. ст. / под ред. О. А. Ивашкевича. Минск : БГУ, 2003. С. 344–375.
13. Неханов С. А., Пименова В. П. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония (обзор литературы) // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 8. С. 11–58.

14. Fire retardancy of polymeric materials / ed. by A. F. Grand, C. A. Wilkie. New York ; Basel : Marcel Dekker, 2000. 572 p.
15. Fire retardant materials / ed. by A.R. Horrocks, D. Price. New York [etc.] : CRC Press, 2001. 444 p.
16. Рева О. В., Криваль Д. В. Исследование закономерностей термодеструкции азот-фосфорсодержащих замедлителей горения, применяемых для огнезащиты полиамида 6 // Полимерные материалы и технологии. 2018. Т. 4, № 2. С. 77–84.
17. Рева О. В., Богданова В. В., Шукело З. В., Назарович А. Н., Кобец О. И. Синтез и исследование огнезащитных свойств новых металлофосфатных замедлителей горения для текстильных материалов, используемых в защитной одежде // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2021. Т. 5, № 4. С. 402–417.
18. Гроднамид ПА6-ТГ : технический лист // ОАО «Гродно Азот Химволокно». 2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://grodno-khim.by/upload/iblock/6e4/A6-qwqt.pdf> (дата обращения: 27.11 2022).

References

1. *Applied plastics engineering handbook. Processing and materials*. Ed. by M. Kutz. Amsterdam [etc.] : William Andrew, 2011. 664 p.
2. Krepezhnye izdeliya iz poliamida [Polyamide fasteners] (2022). Available at: <https://www.cki-com.ru/blog/article07/> (access 10.27.2022).
3. Izdeliya iz poliamida i propilena [Products made of polyamide and propylene] (2019). Available at: <http://www.ptp77.ru/izdeliya-iz-poliamida-i-propilena/> (access 10.27.2022).
4. Poliamid (PA): kharakteristika, marochnyy assortiment i oblasti primeneniya [Polyamide (PA): characteristics, grades and applications] (2008). Available at: <https://plastinfo.ru/information/articles/40/> (access 10.27.2022).
5. Trudnogoryuchiy Poliamid-6 dlya ekstremal'nykh usloviy raboty [Slow-burning Polyamide-6 for extreme working conditions] (2022). Available at: <https://rusplast.com/articles/13335/> (access 03.12.2022).
6. Timberleyk L. D., Khanson M. V., Narayan S., Filding U. R. Fosforsoderzhashchie antipireny [Phosphorus-containing flame retardants]. Patent RU, no. 2535687, 2014.
7. Lomakin S. M., Zaikov G. E., Mikitaev A. K., Kochnev A. M., Stoyanov O. V., Shkodich V. F., Naumov S. V. Zamedliteli goreniya dlya polimerov [Flame retardants for polymers]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 7, pp. 71–86.
8. Kudashev S. V., Shapovalov V. M., Valenkov A. M. Ftorsoderzhashchaya poliamidnaya kompozitsiya s ponizhennoy goryuchest'yu [Fluorine-containing polyamide composition with reduced flammability]. Patent RU, no. 2679237, 2019.
9. Leonov D. V. Razrabotka poliamida-6 funktsional'nogo naznacheniya, modifitsirovannogo oksislennym grafitom. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of functional polyamide 6 modified with oxidized graphite. PhD eng. Sci. diss.]. Saratov, 2018. 163 p.
10. Buravov B. A. Sintez i svoystva polimerizatsionnosposobnykh fosforsoderzhashchikh oligomerov so speyserom v structure. Diss. kand. khim. nauk [Synthesis and properties of polymerization-capable phosphorus-containing oligomers with a spacer in the structure. PhD chem. sci. diss.]. Volgograd, 2020. 161 p.
11. Kostyuchenko M. A., Revyako M. M. Vliyanie triazinovogo i neorganicheskogo fosfornogo inhibitorov goreniya na ekspluatatsionnye svoystva i stoykost' k goreniyu steklonapolnennogo poliamida 6 [Influence of triazine and inorganic phosphorus flame retardants on performance properties and fire resistance of glass-filled polyamide 6]. *Vesti Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical- technical Sciences], 2013, no. 2, pp. 21–24.
12. Bogdanova V. V. Ognegasyashchiy effekt zamedliteley goreniya v sinteticheskikh polimerakh i prirodnykh goryuchikh materialakh [Fire-extinguishing effect of flame retardants in synthetic polymers and natural combustible materials]. *Khimicheskie problemy sozdaniya novykh materialov i tekhnologiy* [Chemical problems of creating new materials and technologies]. Ed. O. A. Ivashkevich. Minsk : BGU Publ., 2003, pp. 344–375.
13. Nekhanov S. A., Pimenova V. P. Fiziko-khimiya vspenivayushchikhsya ognegazashchitnykh pokrytiy na osnove polifosfata ammoniya (obzor literatury) [Physical chemistry of foaming flame retardant coatings based on ammonium polyphosphate. Literature review]. *Pozharovzryvo-bezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2010, no. 8, pp. 11–58.
14. *Fire retardancy of polymeric materials*. Ed. by A. F. Grand, C. A. Wilkie. New York ; Basel : Marcel Dekker, 2000. 572 p.
15. *Fire retardant materials*. Ed. by A.R. Horrocks, D. Price. New York [etc.] : CRC Press, 2001. 444 p.
16. Reva O. V., Krival' D. V. Issledovanie zakonemernostey termodestruktsii azot-fosforsoderzhashchikh zamedliteley goreniya, primenyaemykh dlya ognegazashchity poliamida 6 [Study of the patterns of thermal degradation of ammonium phosphates used for fire protection of polyamide-6]. *Polymernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2018, vol. 4, no. 2, pp. 77–84.
17. Reva O. V., Bogdanova V. V., Shukelo Z. V., Nazarovich A. N., Kobets O. I. Sintez i issledovaniye ognegazashchitnykh svoystv novykh metallofosfatnykh zamedliteley goreniya dlya tekstil'nykh materialov [Synthesis and study of the flame retardant properties of new metal-phosphate flame retardants for textile materials]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MCHS Belarusi* [Bulletin of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations], 2021, vol. 5, no. 4, pp. 402–417.
18. Grodnamid PA6-TG : tekhnicheskii list [Grodnamid PA6-TG : technical sheet] (2014). Available at: <https://grodno-khim.by/upload/iblock/6e4/A6-qwqt.pdf> (access 27.11 2022).