

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-80-85>

УДК 620.22;678.6

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИАМИДА 6, МОДИФИЦИРОВАННОГО ДОБАВКОЙ АЛИФАТИЧЕСКОГО ПОЛИКЕТОНА

Ю. М. КРИВОГУЗ⁺, В. Н. УСОВА

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

Цель статьи — изучение влияния технологических режимов экструзии на реологические и теплофизические свойства ПА6, модифицированного добавкой алифатического поликетона (АПК).

*Модифицирование ПА6 добавкой АПК производилось в двухшнековом экструдере «TSSK-35/40». Температурный режим в основных зонах смешения материального цилиндра экструдера варьировали от 225 °С до 230 °С. Частота вращения шнеков ($v_{ш}$) при этом изменялась в пределах от 300 об/мин до 550 об/мин. Концентрация АПК в объеме ПА6 составляла 3,0 мас.%.
Установлено, что смешение в расплаве ПА6 с 3 мас.% АПК приводит к получению конечной композиции, обладающей пониженными более чем в 60 раз значениями ПТР по сравнению с исходным ПА6. С увеличением температуры экструзии на 5 °С значения ПТР для ПА6, содержащего 3 мас.% АПК, снижаются в 1,4 раза. Данные эффекты обусловлены взаимодействиями, которые реализуются с участием полярных функциональных групп, входящими в состав макромолекул ПА6 и АПК.*

Показано, что с увеличением $v_{ш}$ от 300 об/мин до 550 об/мин при постоянной температуре экструзии значения ПТР для ПА6/АПК возрастают от 1,4 с/10 мин до 5,7 с/10 мин, что свидетельствует о снижении интенсивности взаимодействий между полимерными компонентами.

В результате исследований было обнаружено, что с повышением температуры экструзии на 5 °С для модифицированного ПА6 наиболее существенные изменения претерпевают энтальпии плавления $\Delta H_{пл}$ и кристаллизации $\Delta H_{кр}$, что проявляется в заметном снижении их значений на 7,89 Дж/г и 4,09 Дж/г соответственно. С увеличением $v_{ш}$ значения как $T_{пл}$ и $T_{кр}$, так и энтальпии плавления и кристаллизации для модифицированного ПА6 возрастают.

В результате исследований было обнаружено, что с повышением температуры экструзии на 5 °С для модифицированного ПА6 наиболее существенные изменения претерпевают энтальпии плавления $\Delta H_{пл}$ и кристаллизации $\Delta H_{кр}$, что проявляется в заметном снижении их значений на 7,89 Дж/г и 4,09 Дж/г соответственно. С увеличением $v_{ш}$ значения как $T_{пл}$ и $T_{кр}$, так и энтальпии плавления и кристаллизации для модифицированного ПА6 возрастают.

Ключевые слова: полиамид 6, алифатический поликетон, композит, показатель текучести расплава, ДСК-анализ, теплофизические свойства.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE RHEOLOGICAL AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF POLYAMIDE 6 MODIFIED WITH THE ADDITION OF ALIPHATIC POLYKETONE

YU. M. KRIVOGUZ⁺, V. N. USOVA

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

The purpose of the article is to study the influence of technological regimes of extrusion on the rheological and thermal properties of PA6 modified with additive of aliphatic polyketone (APK).

Modification of PA6 with the addition of APK was carried out in a twin-screw extruder “TSSK-35/40”.

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: yurikriv@tut.by

The temperature regime in the main mixing zones of the material cylinder of the extruder varied from 225 °C to 230 °C. The screw rotation speed (v_s) varied in the range from 300 rpm to 550 rpm. The concentration of APK in the volume of PA6 was 3.0 wt.%.

It was found that the mixing in the melt of PA6 with 3 wt.% of the APK results in the final composition, which has more than 60 times reduced MFI values compared to the initial PA6. With an increase in the extrusion temperature by 5 °C, the MFI values for PA6 containing 3 wt.% of the APK, reduced by 1.4 times. These effects are caused by interactions that are realized with the participation of polar functional groups that are part of the PA6 and APK macromolecules.

It is shown that with an increase in v_s from 300 rpm to 550 rpm at a constant extrusion temperature, the values of MFI for PA6/APK increase from 1.4 g/10 min to 5.7 g/10 min, which indicates a decrease in the intensity of interactions between polymer components.

As a result of the research, it was found that with an increase in the extrusion temperature by 5 °C for modified PA6, the enthalpy of melting of ΔH_m and crystallization of ΔH_{cr} undergo the most significant changes, which manifests itself in a noticeable decrease in their values by 7.89 J/g and 4.09 J/g, respectively. With increasing v_s , the values of both T_m and T_{cr} , as well as the enthalpies of melting and crystallization for modified PA6 increase.

Keywords: polyamide 6, aliphatic polyketone, composite, melt flow index, DSC analysis, thermophysical properties.

Поступила в редакцию 19.02.2024

© Ю. М. Кривогуз, В. Н. Усова, 2024

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:

Кривогуз Ю. М., Усова В. Н. Влияние технологических факторов на реологические и теплофизические свойства полиамида 6, модифицированного добавкой алифатического поликетона // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 1. С. 80–85. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-80-85>

Citation sample:

Krivoгуз Yu. M., Usova V. N. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na reologicheskie i teplofizicheskie svoystva poli-amida 6, modifitsirovanogo dobavkoy alifatcheskogo poliketona [The influence of technological factors on the rheological and thermophysical properties of polyamide 6 modified with the addition of aliphatic polyketone]. *Po-limernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 1, pp. 80–85. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-1-80-85>

Литература

1. Нелсон У. Е. Технология пластмасс на основе полиамидов : пер. с англ. М. : Химия, 1979. 256 с.
2. Page I. B. Polyamides as engineering thermoplastic materials. Shawbury : Rapra Technology, 2000. 144 p.
3. Tuna B., Benkreira H. Chain extension of recycled PA6 // *Polym. Eng. Sci.*, 2018, vol. 58, is. 7, pp. 1037–1042. doi: 10.1002/pen.24663
4. Песецкий С. С., Богославский А. А. Смесевые полиамидные композиции и технологии их получения (обзор) // *Материалы. Технологии. Инструменты*. 1999. № 2. С. 27–38.
5. Песецкий С. С., Мышкин Н. К. Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применения в Беларуси // *Полимерные материалы и технологии*. 2016. Т. 2, № 4. С. 6–29.
6. Jurkowski B., Pesetski S. S. Functionalized polyolefins and aliphatic polyamide blends: interphase interactions, rheology, and high elastic properties of melts // *Polyolefin Blends* / eds: D. Nwabunma and T. Kyu. Hoboken, New Jersey: Wiley and Sons Inc., 2008, ch. 18, pp. 527–554.

7. Белов Г. П. Поликетоны – чередующиеся сополимеры монооксида // Успехи химии. 2004. Т. 73, № 3. С. 292–319.
8. Hong Gu Kwon, Jungyeon Park, Namho Kim, Shichoon Lee, Jaeyoon Shim, Mincheol Lee, Younggon Son High impact strength of aliphatic polyketone/polyamide 6 blends induced by a chemical reaction // Journal of Elastomers and Plastics, 2023, vol. 55, no. 4. doi: 10.1177/00952443231158781
9. Janssen L. P. B. *Reactive Extrusion Systems*. New York : Marcel Dekker, 2004. 245p.
10. Hu G. H., Lambla M. Fundamentals of reactive extrusion: a overview // Materials science and technology. A comprehensive treatment / eds.: R. W. Cahn, P. Haasen, E. J. Kramer. Weinheim : Wiley-VCH, 1997, vol. 18., pp. 345–400.
11. Youchun Zhang, Broekhuis A. A., Stuart M. C. A., Picchioni F. Polymeric Amines by Chemical Modifications of Alternating Aliphatic Polyketones // Journal of Applied Polymer Science, 2008, vol. 107, is. 1, pp. 262–271. doi: 10.1002/app.27029

References

1. Nelson U. E. *Tekhnologiya plastmass na osnove poliamidov* [Technology of plastics based on polyamides]. Moscow : Khimiya Publ., 1979. 256 p.
2. Page I. B. *Polyamides as engineering thermoplastic materials*. Shawbury : Rapra Technology, 2000. 144 p.
3. Tuna B., Benkreira H. Chain extension of recycled PA6. *Polym. Eng. Sci.*, 2018, vol. 58, is. 7, pp. 1037–1042. doi: 10.1002/pen.24663
4. Pesetskiy C. C., Bogoslavskiy A. A. Smesevye poliamidnye kompozitsii i tekhnologii ikh polucheniya (obzor) [Blended polyamide compositions and technologies for their production (review)]. *Materialy. Tekhnologii. Instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 1999, no. 2, pp. 27–38.
5. Pesetskiy S. S., Myshkin N. K. Polimernye kompozity mnogofunktional'nogo naznacheniya: perspektivy razrabotok i primeneniya v Belarusi [Multifunctional polymer composites: prospects for development and application in Belarus]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2016, vol. 2, no. 4, pp. 6–29.
6. Jurkowski B., Pesetskii S. S. Functionalized polyolefins and aliphatic polyamide blends: interphase interactions, rheology, and high elastic properties of melts. *Polyolefin Blends*. Eds: D. Nwabunma and T. Kyu. Hoboken, New Jersey: Wiley and Sons Inc., 2008, ch. 18, pp. 527–554.
7. Belov G. P. Поликетоны – чередующиеся сополимеры монооксида [Polyketones – alternating copolymers of monoxide]. *Uspekhi khimii* [Russian Chemical Reviews], 2004, vol. 73, no. 3, pp. 292–319.
8. Hong Gu Kwon, Jungyeon Park, Namho Kim, Shichoon Lee, Jaeyoon Shim, Mincheol Lee, Younggon Son High impact strength of aliphatic polyketone/polyamide 6 blends induced by a chemical reaction. *Journal of Elastomers and Plastics*, 2023, vol. 55, no. 4. doi: 10.1177/00952443231158781
9. Janssen L. P. B. *Reactive Extrusion Systems*. New York : Marcel Dekker, 2004. 245p.
10. Hu G. H., Lambla M. Fundamentals of reactive extrusion: a overview. *Materials science and technology. A comprehensive treatment*. Eds.: R. W. Cahn, P. Haasen, E. J. Kramer. Weinheim : Wiley-VCH, 1997, vol. 18., pp. 345–400.
11. Youchun Zhang, Broekhuis A. A., Stuart M. C. A., Picchioni F. Polymeric Amines by Chemical Modifications of Alternating Aliphatic Polyketones. *Journal of Applied Polymer Science*, 2008, vol. 107, is. 1, pp. 262–271. doi: 10.1002/app.27029