

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-53-57>

УДК 678.046.8:678.674

ВЛИЯНИЕ ФУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ НА СТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕКУЧЕСТИ РАСПЛАВА ПОЛИАМИДА 6

В. Н. АДЕРИХА⁺, В. В. ДУБРОВСКИЙ

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

Цель работы — исследовать влияние фумаровой кислоты (ФК) на структуру, механические свойства и показатель текучести расплава (ПТР) полиамида 6 (ПА6) при расплавной экструзии их смесей.

Структуру и механические свойства изучали методами дифференциальной сканирующей калориметрии, динамических и статических механических испытаний.

Установлено, что характер изменения структуры и свойств ПА6 зависит от содержания ФК: добавка до $\approx 0,4\%$ вызывает снижение ПТР, динамических механических потерь, но повышение показателей прочности при растяжении, что свидетельствует о росте молекулярной массы ПА6 за счет реакций удлинения цепи. При увеличении содержания кислоты до $1,4\%$ наблюдается десятикратный рост ПТР, рост динамических механических потерь, степени кристалличности, снижение показателей прочности при растяжении, но выраженный рост показателей прочности при изгибе (на $21\text{--}28\%$), что объясняется развитием процессов деструкции.

Ключевые слова: полиамид 6, удлинение цепи, ацидолиз, деструкция.

EFFECT OF FUMARIC ACID ON STRUCTURE, MECHANICAL PROPERTIES AND MELT FLOW RATE OF POLYAMIDE 6

V. N. ADERIKHA⁺, V. V. DUBROVSKII

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 investigate the effect of fumaric acid (FA) on the structure, mechanical properties and melt flow rate (MFR) of polyamide 6 (PA6) during melt extrusion of their blends.

The structure and mechanical properties were studied by differential scanning calorimetry (DSC), dynamic (DMA) and static mechanical tests.

It is found that the nature of changes in the structure and properties of PA6 depends on the acid content: the addition of up to $\approx 0.4\%$ of the acid causes a decrease in MFI, dynamic mechanical losses, but an increase in tensile strength, which indicates an increase in the molecular weight of PA6 due to chain extension. With an increase in the acid content to 1.4% , there is a tenfold increase in MFR, an increase in dynamic mechanical losses, degree of crystallinity, a decrease in tensile strength but a pronounced increase in bending strength (by $21\text{--}28\%$), which are attributed to the development of degradation processes.

Keywords: polyamide 6, chain extension, acidolysis, degradation.

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

Поступила в редакцию 24.11.2024

© В. Н. Адериха, В. В. Дубровский, 2025

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:

Адериха В. Н., Дубровский В. В. Влияние фумаровой кислоты на структуру, механические свойства и показатель текучести расплава полиамида 6 // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 1. С. 53–57. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-53-57>

Citation sample:

Aderikha V. N., Dubrovskiy V. V. Vliyanie fumarovoy kisloty na strukturu, mekhanicheskie svoystva i pokazatel' tekuchesti rasplava poliamida 6 [Effect of fumaric acid on structure, mechanical properties and melt flow rate of polyamide 6]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 1, pp. 53–57. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-53-57>

Литература

1. Qian Z., Chen X., Xu J., Guo B. Chain extension of PA1010 by reactive extrusion by diepoxide 711 and diepoxide TDE85 as chain extenders // *J. Appl. Polym. Sci.*, 2004, vol. 94, is. 6, pp. 2347–2355. doi: 10.1002/app.21043
2. Schacker O., Braun D., Hellmann G. Chain extension of oligoamide or polyamide in an extruder // *Macromol. Mater. Eng.*, 2001, vol. 286, is. 7, pp. 382–387.
3. Ozmen S. C., Ozkoc G., Serhatli E. Thermal, mechanical and physical properties of chain extended recycled polyamide 6 via reactive extrusion: Effect of chain extender types // *Polym. Degrad. Stab.*, 2019, vol. 162, pp. 76–84. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.01.026
4. Epple S., Bonten C. Production of Continuous Fiber Thermoplastic Composites by in-situ Pultrusion // *AIP Conf. Proc.*, 2014, vol. 1593, pp. 454–457. doi: 10.1063/1.4873820
5. Ставров В. П., Кременевская Е. И. Эффективность пропитки волокнистых наполнителей расплавами термопластичных полимеров // Труды БГТУ. Серия 3: Химия и технология органических веществ. 1996. Вып. IV. С. 86–92.
6. Коршак В. В., Замятина В. А. Исследования в области реакции поликонденсации. Сообщение VI. Ацидолиз и аминолит полиамидов // Известия АН СССР, отд. хим. наук. 1945. № 6. С. 309–316.
7. Fornes T. D., Paul D. R. Crystallization behavior of nylon 6 nanocomposites // *Polymer*, 2003, vol. 44, pp. 3945–3961. doi: 10.1016/S0032-3861(03)00344-6
8. Levchik S. V., Weil E. D., Lewin M. Thermal decomposition of aliphatic nylons // *Polym. Int.*, 1999, vol. 48, is. 7, pp. 532–537. doi: 10.1002/(sici)1097-0126(199907)48:7<532::aid-pi214>3.0.co;2-r
9. Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Лу И-нань. Из области гетероцепных полиамидов. XXX. О получении смешанных полиамидов при сплавлении гомополимеров с солями // Высокомолекулярные соединения. 1961. Т. 3, № 5. С. 665–670.
10. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций / пер. с англ. П. Г. Бабаевского. Москва : Химия, 1978. С. 105–108.

References

1. Qian Z., Chen X., Xu J., Guo B. Chain extension of PA1010 by reactive extrusion by diepoxide 711 and diepoxide TDE85 as chain extenders. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2004, vol. 94, is. 6, pp. 2347–2355. doi: 10.1002/app.21043
2. Schacker O., Braun D., Hellmann G. Chain extension of oligoamide or polyamide in an extruder. *Macromol. Mater. Eng.*, 2001, vol. 286, is. 7, pp. 382–387.
3. Ozmen S. C., Ozkoc G., Serhatli E. Thermal, mechanical and physical properties of chain extended recycled polyamide 6 via reactive extrusion: Effect of chain extender types. *Polym. Degrad. Stab.*, 2019, vol. 162, pp. 76–84. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.01.026
4. Epple S., Bonten C. Production of Continuous Fiber Thermoplastic Composites by in-situ Pultrusion. *AIP Conf. Proc.*, 2014, vol. 1593, pp. 454–457. doi: 10.1063/1.4873820
5. Stavrov V. P., Kremenevskaya E. I. Effektivnost' propitki voloknistykh napolniteley rasplavami termoplastichnykh polimerov [Efficiency of fibrous fillers impregnation by thermoplastic polymer melts]. *Trudy BGTU. Seriya 3: Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Proceedings of BSTU. 3: Chemistry and technology of organic substances], 1996, is. IV, pp. 86–92.
6. Korshak V. V., Zamyatina V. A. Issledovaniya v oblasti reaktsii polikondensatsii. Soobshchenie VI. Atsidoliz i aminoliz poliamidov [Research in the field of polycondensation reaction. Communication VI. Acidolysis and aminolysis of polyamides]. *Izvestiya AN SSSR, otd. khim. nauk* [Proceedings of USSR Academy of Sciences], 1945, no. 6, pp. 309–316.

7. Fornes T. D., Paul D. R. Crystallization behavior of nylon 6 nanocomposites. *Polymer*, 2003, vol. 44, pp. 3945–3961. doi: 10.1016/S0032-3861(03)00344-6
 8. Levchik S. V., Weil E. D., Lewin M. Thermal decomposition of aliphatic nylons. *Polym. Int.*, 1999, vol. 48, is. 7, pp. 532–537. doi: 10.1002/(sici)1097-0126(199907)48:7<532::aid-pi214>3.0.co;2-r
 9. Korshak V. V., Frunze T. M., Lu I-nan'. Iz oblasti geterotsepnnykh poliamidov. XXX. O poluchenii smeshannykh poliamidov pri splavlenii gomopolimerov s solyami [From the field of heterochain polyamides. XXX. On the production of mixed polyamides by fusing homopolymers with salts]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya* [Polymer Science], 1961, vol. 3, no. 5, pp. 665–670.
 10. Nil'sen L. *Mekhanicheskie svoystva polimerov i polimernykh kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and composites]. Moscow : Khimiya Publ., 1978, pp. 105–108.
 - 11.
-