

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-3-24-32>

УДК 620.22:678.6

## ВЛИЯНИЕ ТИПА ПОЛИМЕРНОГО КОМПАТИБИЛИЗАТОРА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СМЕСИ ПОЛИАМИДА 6 С ПОЛИЭТИЛЕНОМ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Ю. М. КРИВОГУЗ<sup>+</sup>

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

*Исследовано влияние различных типов компатибилизаторов на основе функционализированных полиэтилена высокой плотности (ПЭВП-п-ТЭДК), этиленпропилендиенового каучука (ЭПДК-п-ТЭДК) и их смесей (ПЭВП/ЭПДК)-п-ТЭДК, к макромолекулам которых привита транс-этилен-1,2-дикарбоновая кислота (ТЭДК), на структуру, ударную вязкость, механические и реологические свойства смесей полиамида 6 (ПА6) с полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП). Смеси ПА6/ПЭНП, содержащие добавки компатибилизаторов, были приготовлены в двухшнековом экструдере «TSSK-35/40» ( $D = 35$  мм;  $L/D = 40$ ).*

*Установлено, что при введении в смесь ПА6/ПЭНП компатибилизаторов независимо от их типа наблюдается заметный рост ударной прочности по сравнению с исходным ПА6. Уровень повышения ударопрочности определяется типом компатибилизирующей добавки. Для смесей ПА6/ПЭНП, содержащих добавки (ПЭВП/ЭПДК)-п-ТЭДК и ЭПДК-п-ТЭДК, характерны наиболее высокие величины ударной вязкости, которые достигают значений  $24,5$  кДж/м<sup>2</sup> и  $33,0$  кДж/м<sup>2</sup> соответственно. Также данные типы смесевых систем характеризуются повышенным показателем разрывного удлинения.*

*Анализ методами ДСК и ДМА смесей ПА6/ПЭНП, содержащих исследуемые компатибилизаторы, показал, что компоненты в них термодинамически несовместимы. Однако между ними существует взаимодействие, которое приводит к изменениям температур фазовых переходов полиамидной и полиолефиновой фаз, структурной организации и вязкоупругих свойств смесевых материалов.*

*Комплексный анализ влияния исследуемых компатибилизаторов на динамические механические, реологические, деформационно- и ударопрочностные свойства смеси ПА6/ПЭНП позволил установить, что наиболее эффективным компатибилизатором можно считать функционализированную смесь (ПЭВП/ЭПДК)-п-ТЭДК за счет присутствия в составе данного компатибилизатора одновременно термопластичной и эластичной составляющих, которые дополнительно модифицированы прививкой карбоксильных групп, что позволяет обеспечить формирование оптимальной структурной организации смесей ПА6/ПЭНП.*

*В целом результаты работы подтвердили возможность получения материалов на основе смесей ПА6/ПЭНП с разным диапазоном эксплуатационных свойств за счет использования различных типов компатибилизирующих агентов.*

**Ключевые слова:** полиамид 6, полиэтилен низкой плотности, смесь полимеров, компатибилизация, функционализированные полиолефины, структура, свойства.

<sup>+</sup>E-mail: yurikriv@tut.by

# INFLUENCE OF THE TYPE OF POLYMERIC COMPATIBILIZER ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF A BLEND OF POLYAMIDE 6 WITH LOW DENSITY POLYETHYLENE

YU. M. KRIVOGUZ<sup>+</sup>

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

*It was studied the influence of various types of compatibilizers based on functionalized high-density polyethylene (HDPE-g-TEDA), ethylene-propylene diene rubber (EPDM-g-TEDA) and their blends (HDPE/EPDM-g-TEDA) with grafted trans-ethylene-1,2-dicarboxylic acid (TEDA) on the structure, mechanical and rheological properties, impact strength of PA6/LDPE blends. PA6/LDPE blends containing compatibilizers were prepared with TSSK-35/40 twin screw extruder ( $D = 35$  mm;  $L/D = 40$ ).*

*It is established that impact strength of PA6/LDPE increase in compared with initial PA6 regardless of compatibilizer type. The level of impact resistance enhancement depends on the type of compatibilizer additive. PA6/LDPE blends containing additives (HDPE/EPDM)-g-TEDA and EPDM-g-TEDA have the highest values of impact strength  $24.5$  kJ/m<sup>2</sup> and  $33.0$  kJ/m<sup>2</sup> respectively. Also these blends types are characterized by an increased rate of elongation at break.*

*It was established with DSC and DMA analysis that PA6/LDPE blends containing compatibilizers are thermodynamically incompatible. However there is an interaction between them what leads to changes in the phase transition temperatures of the polyamide and polyolefin phases, structural organization and viscoelasticity properties of final materials.*

*A comprehensive analysis of influence of the compatibilizers on the dynamic mechanical, rheological, deformation and impact resistance properties of the PA6/LDPE blend shown that the functionalized blend (HDPE/EPDM)-g-TEDA can be considered as the most effective compatibilizer. This effect due to the presence of both thermoplastic and elastic components. They are additionally modified with grafting carboxyl groups which makes possible to ensure the formation of the optimal structural organization of PA6/LDPE blends.*

*Generally the results of the work confirmed the possibility of obtaining of materials based on PA6/LDPE blends which have got a wide range of performance properties due to the use of various compatibilizers types*

**Keywords:** polyamide 6, low density polyethylene, polymer blend, compatibilization, functionalized polyolefins, structure, properties.

Поступила в редакцию 19.08.2022

© Ю. М. Кривогуз, 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](mailto:polmattex@gmail.com)  
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

## Образец цитирования:

Кривогуз Ю. М. Влияние типа полимерного компатибилизатора на структуру и свойства смеси полиамида 6 с полиэтиленом низкой плотности // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 3. С. 24–32. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-3-24-32>

## Citation sample:

Krivoguz Yu. M. Vliyanie tipa polimernogo kompatibilizatora na strukturu i svoystva smesi poliamida 6 s polietilenom nizkoy plotnosti [Influence of the type of polymeric compatibilizer on the structure and properties of a blend of

polyamide 6 with low density polyethylene]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2022, vol. 8, no. 3, pp. 24–32. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-3-24-32>

## Литература

1. Page I. B. *Polyamides as engineering thermoplastic materials*. Shawbury : Rapra Technology, 2000. 144 p.
2. 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, T. Kyu. Noboken ; New York : John Wiley & Sons, 2008, ch. 18, pp. 527–555.
3. Utracki L. A., Wilkie Ch. A. *Polymer Blends Handbook*. Dordrecht : Springer Science, 2014. 2378 p.
4. Utracki L. A. History of commercial polymer alloys and blends (From perspective of the patent literature) // *Polym. Eng. Sci.*, 1995, vol. 35, no. 1, pp. 2–17.
5. Utracki L. A. *Commercial Polymer Blends*. New York : Chapman and Hall, 1998. 720 p.
6. Baker W., Scott C., Hu G.-H. *Reactive polymer blends*. New York : Hanser, 2001. 289 p.
7. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blends. I. Compatibilization // *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 5, pp. 901–915. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(19970415)35:5<901::AID-POLA5>3.0.CO;2-N
8. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blend. II. Rheology and phase inversion location // *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 5, pp. 917–925. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(19970415)35:5<917::AID-POLA6>3.0.CO;2-H
9. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blends. III. Microstructure, blend melt viscosity, and copolymer concentration relationship // *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 7, pp. 1313–1327. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(199705)35:7<1313::AID-POLA17>3.0.CO;2-B
10. Ohlsson B., Hassander H., Törnell B. Improved compatibility between polyamide and polypropylene by the use of maleic anhydride graft SEBS // *Polymer*, 1998, vol. 39, is. 26, pp. 6705–6714. doi: 10.1016/S0032-3861(97)10290-7
11. Jiang C. H., Filippi S., Magagnini P. Reactive compatibilizer pre-cursors for LDPE/PA6 blends. II: maleic anhydride grafted polyethylenes // *Polymer*, 2003, vol. 44, is. 8, pp. 2411–2422. doi: 10.1016/S0032-3861(03)00133-2
12. Filippi S., Minkova L., Dintcheva N., Narducci P., Magagnini P. Comparative study of different maleic anhydride grafted compatibilizer precursors towards LDPE/PA6 blends: Morphology and mechanical properties // *Polymer*, 2005, vol. 46, is. 19, pp. 8054–8061. doi: 10.1016/j.polymer.2005.06.090
13. Maréchal P., Coppens G., Legras R., Dekoninck J.-M. Amine/anhydride reaction versus, amine anhydride reactions in polyamide/anhydride carriers // *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1995, vol. 33, is. 5, pp. 757–766.
14. Anjos F. G. R., Backes E. H., Marini J., Pessan L., Montagna L., Passador F. R. Effect of LLDPE-g-MA on the rheological, thermal, mechanical properties and morphological characteristic of PA6/LLDPE blends // *J. Polym. Res.*, 2019, vol. 26, is. 134, pp. 1–10. doi.org/10.1007/s10965-019-1800-y
15. Patent 2010137516A1 US, ICP C08L77/00. Impact-resistant composition based on a polyamide resin and on a blend of at least one graft copolymer with polyamide blocks and a low-density ethylene polymer : / Hert M., Bouilloux A., Montanari T. Fine Th. № 12/445082; publ. 03.06.2010.
16. Patent 5006601 US, ICP C08L77/00. Impact resistant blends of thermoplastic polyamides, polyolefins and elastomers / Lutz R. G., Gelles R., Gergen W. P. № 554,956; publ. 09.04.1991.
17. Patent 0455506A1 EP, ICP C08L51/04. Impact resistant blends of polyamides, acid copolymers and anhydride functionalized elastomers-/ Papazoglou E. S. № 91304032.5; publ. 06.11.1991.
18. Jurkowski B., Pesetskii S. S., Krivoguz Yu. M. Functionalization of olefinic polymer and copolymer in the melt // *Polyolefin Blends* / eds.: D. Nwabunma, T. Kyu. Noboken ; New York : John Wiley & Sons, 2008, ch. 10, pp. 269–303.

## References

1. Page I. B. *Polyamides as engineering thermoplastic materials*. Shawbury : Rapra Technology, 2000. 144 p.
2. 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, T. Kyu. Noboken ; New York : John Wiley & Sons, 2008, ch. 18, pp. 527–555.
3. Utracki L. A., Wilkie Ch. A. *Polymer Blends Handbook*. Dordrecht : Springer Science, 2014. 2378 p.
4. Utracki L. A. History of commercial polymer alloys and blends (From perspective of the patent literature). *Polym. Eng. Sci.*, 1995, vol. 35, no. 1, pp. 2–17.
5. Utracki L. A. *Commercial Polymer Blends*. New York : Chapman and Hall, 1998. 720 p.
6. Baker W., Scott C., Hu G.-H. *Reactive polymer blends*. New York : Hanser, 2001. 289 p.
7. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blends. I. Compatibilization. *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 5, pp. 901–915. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(19970415)35:5<901::AID-POLA5>3.0.CO;2-N
8. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blend. II. Rheology and phase inversion location. *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 5, pp. 917–925. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(19970415)35:5<917::AID-POLA6>3.0.CO;2-H
9. Roover B. de, Devaux J., Legras R. PA6/PP-g-MA blends. III. Microstructure, blend melt viscosity, and copolymer concentration relationship. *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1997, vol. 35, is. 7, pp. 1313–1327. doi: 10.1002/(SICI)1099-0518(199705)35:7<1313::AID-POLA17>3.0.CO;2-B
10. Ohlsson B., Hassander H., Törnell B. Improved compatibility between polyamide and polypropylene by the use of maleic anhydride graft. *Polymer*, 1998, vol. 39, is. 26, pp. 6705–6714. doi: 10.1016/S0032-3861(97)10290-7
11. Jiang C. H., Filippi S., Magagnini P. Reactive compatibilizer pre-cursors for LDPE/PA6 blends. II: maleic anhydride grafted polyethylenes. *Polymer*, 2003, vol. 44, is. 8, pp. 2411–2422. doi: 10.1016/S0032-3861(03)00133-2
12. Filippi S., Minkova L., Dintcheva N., Narducci P., Magagnini P. Comparative study of different maleic anhydride grafted compatibilizer precursors towards LDPE/PA6 blends: Morphology and mechanical properties. *Polymer*, 2005, vol. 46, is. 19, pp. 8054–8061. doi: 10.1016/j.polymer.2005.06.090
13. Maréchal P., Coppens G., Legras R., Dekoninck J.-M. Amine/anhydride versus, amine anhydride reactions in polyamide/anhydride carriers. *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*, 1995, vol. 33, is. 5, pp. 757–766.
14. Anjos F. G. R., Backes E. H., Marini J., Pessan L., Montagna L., Passador F. R. Effect of LLDPE-g-MA on the rheological, thermal, mechanical properties and morphological characteristic of PA6/LLDPE blends. *J. Polym. Res.*, 2019, vol. 26, is. 134, pp. 1–10. doi.org/10.1007/s10965-019-1800-y
15. Hert M., Bouilloux A., Montanari T. Fine Th. Impact-resistant composition based on a polyamide resin and on a blend of at least one graft

- copolymer with polyamide blocks and a low-density ethylene polymer. Patent US, no. 2010137516A1, 2010.
16. Lutz R. G., Gelles R., Gergen W. P. Impact resistant blends of thermoplastic polyamides, polyolefins and elastomers. Patent US, no. 5006601, 1991.
  17. Papazoglou E. S. Impact resistant blends of polyamides, acid copolymers and anhydride functionalized elastomers. Patent EP, no. 0455506A1, 1991.
  18. Jurkowski B., Pesetskii S. S., Krivoguz Yu. M. Functionalization of olefinic polymer and copolymer in the melt. *Polyolefin Blends*. Eds: D. Nwabunma, T. Kyu. Noboken ; New York : John Wiley & Sons, 2008, ch. 10, pp. 269–303.
-