

УДК [531.43+620.178.16]:678.742.21

Повышение сопротивления ПЭВП абразивному изнашиванию малыми добавками СВМПЭ

В.Н. Адери́ха^{1,2}, Цай Фэйпун³, В.Н. Коваль^{1,2}, Ли Сяюй⁴, В.А. Шаповалов²,
О.А. Макаренко², Се Юнгуан⁴

¹Белорусско-китайская научно-исследовательская лаборатория — инновационный центр,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

²Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

³Институт энергетических исследований Академии наук провинции Шаньдун,
19, Keyuan Road, Jinan, Shandong, China

⁴АОО «Шаньдунская компания новых материалов Кэхуасэбан»,
16888, Jingshi East Road, Jinan, Shandong, China

Поступила в редакцию 10.10.2021.

После доработки 17.02.2022.

Принята к публикации 22.02.2022.

Композиты ПЭВП с содержанием 1—10 мас. % СВМПЭ получали смешением в расплаве на двухшнековом экструдере при 240 °С. Структуру и морфологию композитов и поверхностей абразивного изнашивания изучали методами ДСК и СЭМ. Методами ДСК и механических испытаний установлено, что при введении СВМПЭ в ПЭВП формируется двухфазная структура, в которой СВМПЭ является дисперсной фазой и выполняет роль нуклеатора кристаллизации, что при содержании 1 мас. % СВМПЭ приводит к формированию в ПЭВП мелкокристаллической структуры с пониженной вязкостью разрушения при статическом и ударном нагружении. Скорость абразивного изнашивания композитов с ростом содержания СВМПЭ монотонно снижается, что объясняется увеличением работы разрушения композитов на работу пластической деформации и фибриляции хорошо связанных с матрицей частиц СВМПЭ.

Ключевые слова: полиэтилен высокой плотности, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, абразивное изнашивание, степень кристалличности, работа разрушения.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

Адрес для переписки:

В.Н. Адери́ха
Белорусско-китайская научно-исследовательская лаборатория —
инновационный центр,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь,
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
НАН Беларуси,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь
e-mail: vnad@tut.by

Address for correspondence:

V.N. Aderikha
Belarus-China Joint Research and Development Laboratory-
Innovation Center,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
V.A. Bely Metal-Polymer Research Institute of NAS Belarus,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
e-mail: vnad@tut.by

Для цитирования:

В.Н. Адери́ха, Цай Фэйпун, В.Н. Коваль, Ли Сяюй,
В.А. Шаповалов, О.А. Макаренко, Се Юнгуан.
Повышение сопротивления ПЭВП абразивному изнашиванию
малыми добавками СВМПЭ.
Трение и износ.
2022. — Т. 43, № 1. — С. 5—14.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

For citation:

V.N. Aderikha, Cai Feipeng, V.N. Koval, Li Xiaoyu, V.A. Shapovalov,
O.A. Makarenko, and Xie Yongguang.
[Increasing the Resistance of HDPE to Abrasive Wear with Small
Additions of UHMWPE].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 1, pp. 5—14 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

Increasing the Resistance of HDPE to Abrasive Wear with Small Additions of UHMWPE

V.N. Aderikha^{1,2}, Cai Feipeng³, V.N. Koval^{1,2}, Li Xiaoyu⁴, V.A. Shapovalov², O.A. Makarenko², and Xie Yongguang⁴

¹Belarus-China Joint Research and Development Laboratory-Innovation Center, Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus

²V.A. Bely Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus

³Energy Institute, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), 19, Keyuan Road, Jinan, Shandong, China

⁴Shandong Kehuasaibang New Material Co., Ltd, 16888, Jingshi East Road, Jinan, Shandong, China

Received 10.10.2021.

Revised 17.02.2022.

Accepted 21.02.2022.

Abstract

HDPE composites containing up to 10 wt. % of UHMWPE were prepared by melt blending in a twin-screw extruder at the barrel temperature of 240 °C. The structure and morphology of composites and surfaces of abrasive wear were studied by DSC and SEM. The results of DSC and mechanical tests show that addition of UHMWPE produces a two-phase structure, in which UHMWPE is a dispersed phase and plays the role of a crystallization nucleator, which at a content of 1 wt. % UHMWPE leads to the formation of a fine-crystalline structure with a reduced fracture toughness under static and impact loading. The rate of abrasive wear of the composites monotonously decreases with an increase in the content of UHMWPE, which is explained by an increase in the tensile work to failure spent on plastic deformation and fibrillation of UHMWPE particles strongly bonded with the HDPE matrix.

Keywords: high-density polyethylene, ultra-high molecular weight polyethylene, abrasive wear, degree of crystallinity, toughness.

DOI:10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

Адрес для переписки:

В.Н. Адериха
Белорусско-китайская научно-исследовательская лаборатория — инновационный центр,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь,
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
НАН Беларуси,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь
e-mail: vnad@tut.by

Address for correspondence:

V.N. Aderikha
Belarus-China Joint Research and Development Laboratory-Innovation Center,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
V.A. Bely Metal-Polymer Research Institute of NAS Belarus,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
e-mail: vnad@tut.by

Для цитирования:

В.Н. Адериха, Цай Фэйпун, В.Н. Коваль, Ли Сююй,
В.А. Шаповалов, О.А. Макаренко, Се Юнгуан.
Повышение сопротивления ПЭВП абразивному изнашиванию
малыми добавками СВМПЭ.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 1. – С. 5–14.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

For citation:

V.N. Aderikha, Cai Feipeng, V.N. Koval, Li Xiaoyu, V.A. Shapovalov,
O.A. Makarenko, and Xie Yongguang.
[Increasing the Resistance of HDPE to Abrasive Wear with Small
Additions of UHMWPE].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 1, pp. 5–14 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-5-14

Список использованных источников

1. **Bohm H., Betz S., and Ball A.** The Wear Resistance of Polymers // *Tribology International*. — 1990 (23), no. 6, 399—406
2. **Budinski K.G.** Resistance to Particle Abrasion of Selected Plastics // *Wear*. — 1997 (203-204), 302—309
3. **Jia X. and Ling R.** Two-Body Free-Abrasive Wear of Polyethylene, Nylon1010, Epoxy and Polyurethane Coatings // *Tribology International*. — 2007 (40), 1276—1283
4. **Tervoort T.A., Visjager J., and Smith P.** On Abrasive Wear of Polyethylene // *Macromolecules*. — 2002 (35), 8467—8471
5. **Seguela R.** Critical Review of the Molecular Topology of Semicrystalline Polymers: The Origin and Assessment of Intercrystalline Tie Molecules and Chain Entanglements // *J. Polym. Sci. Part B: Polym Phys*. — 2005 (43), 1729—1748
6. **Pan X., Huang Y., Zhang Y., Liu B., and He X.** Improved Performance and Crystallization behaviors of Bimodal HDPE/UHMWPE Blends Assisted by Ultrasonic Oscillations // *Mater. Res. Express*. — 2019, no. 6, 035306 <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aaf36f>
7. **Wu B., Cai Y., Zhao X., and Ye L.** Fabrication of Well-Miscible and Highly Enhanced Polyethylene/Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene Blends by Facile Construction of Interfacial Intermolecular Entanglement // *Polymer Testing*. — 2021 (93), 106973
8. **Ушакова Т.М., Старчак Е.Е., С.С. Гостев, Гринев В.Г., Крашенинников В.Г., Горенберг А.Я., Новокшонова Л.А.** Полимер-полимерные композиции на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и полиэтилена высокой плотности: синтез, морфология, свойства // *Химическая физика*. — 2020 (39), № 5, 66—71
9. **Lucas A. de A., Ambryso J.D., Otaguro H., Costa L.C., and Agnelli J.A.M.** Abrasive wear of HDPE/UHMWPE blends // *Wear*. — 2011 (270), 576—583
10. **Song S., Wu P., Ye M., Feng J., and Yang Y.** Effect of Small Amount of Ultra High Molecular Weight Component on the Crystallization behaviors of Bimodal High Density Polyethylene // *Polymer*. 2008 (49), 2964—2973
11. **Wunderlich B.** *Macromolecular Physics*. vol. 2 Crystal Nucleation Growth Annealing. — New York: Academic. — 1976 (<https://doi.org/10.1002/crat.19770120121>)
12. **Fornes T.D. and Paul D.R.** Crystallization behavior of Nylon 6 Nanocomposites // *Polymer*. — 2003 (44), 3945—3961
13. **Bower D.I.** *An Introduction to Polymer Physics*. — New York: Cambridge University Press. — 2003
14. **Fan Z., Wang Y., and Bu H.** Influence of Intermolecular Entanglements on Crystallization Behavior of Ultra-High Molar Mass Polyethylene // *Polym. Eng. Sci.* — 2003 (43), no. 3, 607—614
15. **Keum J.K., Zuo F., and Hsiao B.S.** Probing the Flow-Induced Shish-Kebab Structure in Entangled Polyethylene Melts by Synchrotron X-ray Scattering // *J. Appl. Cryst.* — 2007 (40), 48—51
16. **Khasraghi S.S. and Rezaei M.** Preparation and Characterization of UHMWPE/HDPE/MWCNT Melt-Blended Nanocomposites // *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. — 2015 (28), no. 3, 205—326

References

1. **Bohm H., Betz S., and Ball A.** The Wear Resistance of Polymers // *Tribology International*. — 1990 (23), no. 6, 399—406
2. **Budinski K.G.** Resistance to Particle Abrasion of Selected Plastics // *Wear*. — 1997 (203-204), 302—309
3. **Jia X. and Ling R.** Two-Body Free-Abrasive Wear of Polyethylene, Nylon1010, Epoxy and Polyurethane Coatings // *Tribology International*. — 2007 (40), 1276—1283
4. **Tervoort T.A., Visjager J., and Smith P.** On Abrasive Wear of Polyethylene // *Macromolecules*. — 2002 (35), 8467—8471
5. **Seguela R.** Critical Review of the Molecular Topology of Semicrystalline Polymers: The Origin and Assessment of Intercrystalline Tie Molecules and Chain Entanglements // *J. Polym. Sci. Part B: Polym Phys*. — 2005 (43), 1729—1748
6. **Pan X., Huang Y., Zhang Y., Liu B., and He X.** Improved Performance and Crystallization behaviors of Bimodal HDPE/UHMWPE Blends Assisted by Ultrasonic Oscillations // *Mater. Res. Express*. — 2019, no. 6, 035306. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aaf36f>
7. **Wu B., Cai Y., Zhao X., and Ye L.** Fabrication of Well-Miscible and Highly Enhanced Polyethylene/Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene Blends by Facile Construction of Interfacial Intermolecular Entanglement // *Polymer Testing*. — 2021 (93), 106973
8. **Ushakova T.M., Starchak E.E., Gostev S.S., Grinev V.G., Krasheninnikov V.G., Gorenberg A.Ya., Novokshonova L.A.** Polymer-polymer compositions based on ultra-high molecular weight polyethylene and high density polyethylene: synthesis, morphology, properties // *Chemical Physics*. — 2020 (39), no. 5, 66—71 (in Russian)
9. **Lucas A. de A., Ambryso J.D., Otaguro H., Costa L.C., and Agnelli J.A.M.** Abrasive wear of HDPE/UHMWPE blends // *Wear*. — 2011 (270), 576—583
10. **Song S., Wu P., Ye M., Feng J., and Yang Y.** Effect of Small Amount of Ultra High Molecular Weight Component on the Crystallization behaviors of Bimodal High Density Polyethylene // *Polymer*. 2008 (49), 2964—2973
11. **Wunderlich B.** *Macromolecular Physics*. vol. 2 Crystal Nucleation Growth Annealing. — New

- York: Academic. — 1976)
(<https://doi.org/10.1002/crat.19770120121>)
12. **Fornes T.D. and Paul D.R.** Crystallization behavior of Nylon 6 Nanocomposites // *Polymer*. — 2003 (**44**), 3945—3961
 13. **Bower D.I.** An Introduction to Polymer Physics. — New York: Cambridge University Press. — 2003
 14. **Fan Z., Wang Y., and Bu H.** Influence of Intermolecular Entanglements on Crystallization Behavior of Ultra-High Molar Mass Polyethylene // *Polym. Eng. Sci.* — 2003 (**43**), no. 3, 607—614
 15. **Keum J.K., Zuo F., and Hsiao B.S.** Probing the Flow-Induced Shish-Kebab Structure in Entangled Polyethylene Melts by Synchrotron X-ray Scattering // *J. Appl. Cryst.* — 2007 (**40**), 48—51
 16. **Khasraghi S.S. and Rezaei M.** Preparation and Characterization of UHMWPE/HDPE/MWCNT Melt-Blended Nanocomposites // *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. — 2015 (**28**), no. 3, 205—326

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by