

УДК 620.178.16

Влияние заполнения и направления 3D-печати на трение и износ полилактической кислоты (PLA) при ротационном скольжении

Ф. Цивич, С. Митрович, Н. Грукович, З. Жованович, Д. Дзунич, С. Миленкович

Инженерный факультет Крагуевацкого университета, Сербия,
Сестре Жанжич, 6, Крагуевац 34000, Сербия

Поступила в редакцию 18.11.2020.

После доработки 05.01.2021.

Принята к публикации 15.01.2021.

Исследовались особенности трения образцов из полилактической кислоты (PLA), полученных по технологии FDM 3D печати при различных значениях заполнения внутренней структуры. Трибологические испытания проводились на нанотрибометре при нагрузках в диапазоне 5—15 мН по схеме шар/плоскость при вращении образца. Сравнивались данные, полученные при трении в направлении вдоль и перпендикулярно направлению печати. Установлено, что меньший коэффициент трения наблюдается при трении по направлению печати. Образцы с 20 % заполнением внутренней структуры имели значительно больший коэффициент трения, чем образцы со 100 % заполнением. Более высокий коэффициент износа зарегистрирован в случае 100 % заполнение. Показано, что при увеличении нагрузки наблюдается локальный минимум значений износа для всех образцов. Коэффициент износа исследованных образцов не превышал 10^{-3} $\text{мм}^3/(\text{Н}\cdot\text{м})$.

Ключевые слова: PLA, 3D-печать, моделирование плавленого осаждения (FDM), динамический коэффициент трения, износ.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

Адрес для переписки:

Ф. Цивич
Инженерный факультет Крагуевацкого университета, Сербия,
Сестре Жанжич, 6, Крагуевац 34000, Сербия
e-mail: zivic@kg.ac.rs

Address for correspondence:

Fatima Zivic
Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia
Sestre Janjic, 6, Kragujevac 34000, Serbia
e-mail: zivic@kg.ac.rs

Для цитирования:

Ф. Цивич, С. Митрович, Н. Грукович, З. Жованович, Д. Дзунич,
С. Миленкович.
Влияние заполнения и направления 3D-печати на трение и износ
полилактической кислоты (PLA) при ротационном скольжении.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 2. — С. 170—177.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

For citation:

Fatima Zivic, Slobodan Mitrovic, Nenad Grujovic, Zivana Jovanovic,
Dragan Dzunic, and Strahinja Milenkovic.
[Influence of 3D Printing Infill and Printing Direction on Friction and
Wear of Polylactic Acid (PLA) under Rotational Sliding].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 2, pp. 170—177 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

Influence of 3D Printing Infill and Printing Direction on Friction and Wear of Polylactic Acid (PLA) under Rotational Sliding

Fatima Zivic, Slobodan Mitrovic, Nenad Grujovic, Zivana Jovanovic, Dragan Dzunic, and Strahinja Milenkovic

Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia
Sestre Janjic, 6, Kragujevac 34000, Serbia.

Received 18.11.2020.

Revised 05.01.2021.

Accepted 15.01.2021.

Abstract

We used Fused Deposition Modeling (FDM) for 3D printing of Polylactic acid (PLA) samples, with variation of printing infill (20 % and 100 %). Tribological tests were realized at nanotribometer, under low loads (5 mN; 10 mN; 15 mN), with rotating module (ball-on-flat). We studied friction and wear of PLA samples in two different positions: along the printing direction and normal to the printed direction. Tribological contacts along the printing direction, showed lower friction coefficient than the contacts normal to the printing direction. Samples with 20 % infill produced significantly higher friction coefficient than those with 100 % infill. Higher wear factor was exhibited in case of dense structure (100 % infill) than in case of porous material (20 % infill). Load increase showed slight transitional behaviour for all types of contacts. Wear factor was of order of 10^{-3} mm³/(N·m), for all tests.

Keywords: PLA, 3D printing, Fused Deposition Modeling (FDM), dynamic friction coefficient, wear.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

Адрес для переписки:

Ф. Цивич
Инженерный факультет Крагуевацкого университета, Сербия,
Сестре Јанжић, 6, Крагуевац 34000, Сербия
e-mail: zivic@kg.ac.rs

Address for correspondence:

Fatima Zivic
Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia
Sestre Janjic, 6, Kragujevac 34000, Serbia
e-mail: zivic@kg.ac.rs

Для цитирования:

Ф. Цивич, С. Митрович, Н. Грујовић, З. Јовановић, Д. Дзунич,
С. Миленковић.
Влияние заполнения и направления 3D-печати на трение и износ
полилактической кислоты (PLA) при ротационном скольжении.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 2. — С. 170—177.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

For citation:

Fatima Zivic, Slobodan Mitrovic, Nenad Grujovic, Zivana Jovanovic,
Dragan Dzunic, and Strahinja Milenkovic.
[Influence of 3D Printing Infill and Printing Direction on Friction and
Wear of Polylactic Acid (PLA) under Rotational Sliding].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 2, pp. 170—177 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-170-177

Список использованных источников

1. Narayanan G., Vernekar V.N., Kuyinu E.L., and Laurencin C.T. Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials for Orthopaedic Regenerative Engineering // Adv. Drug Deliv. Rev. — 2016 (107), 247—276
2. Tappa K., Jammalamadaka U., Weisman J.A., Ballard D.H., Wolford D.D., Pascual-Garrido C., Wolford L.M., Woodard P.K., and Mill D.K. 3D Printing Custom Bioactive and Absorbable Surgical Screws, Pins, and Bone Plates for Localized Drug Delivery // J. Funct. Biomater. — 2019 (1), no. 10(2):17. doi: 10.3390/jfb10020017
3. Upex P., Jouffroy P., and Riouallon G. Application of 3D Printing for Treating Fractures of Both Columns of the Acetabulum: Benefit of Pre-contouring Plates on the Mirrored Healthy Pelvis // Orthop. Traumatol. Surg. Res. — 2017 (103(3)), 331—334
4. Eutionnat-Diffo P.A, Chen Y., Guan J., Cayla A., Campagne C., Zeng X., and Nierstrasz V. Stress, Strain and Deformation of Poly-Lactic Acid Filament Deposited onto Polyethylene Terephthalate Woven Fabric Through 3D Printing Process // Sci. Rep. — 2019, no. 9, Article number: 14333, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50832-7>
5. Hanon M.M., Kovács M., and Zsidai L. Tribology behaviour Investigation of 3D Printed Polymers // Int. Rev. Appl. Sci. Eng. — 2019 (10), no. 2, 173—181
6. Zhang P., Hu Z., and Xie H. Friction and Wear Characteristics of Polylactic Acid (PLA) for 3D Printing under Reciprocating Sliding Condition // Ind. Lubr. Tribol. — 2020 (72/4), 533—539, doi 10.1108
7. Briscoe B.J. and Sinha S.K. Wear of Polymers // Proc. Inst. Mech. Eng. Part J.-J. Eng. Tribol. — 2002 (216(6)), 401—413
8. Прожега М.В., Решников Е.О., Ширшов А.Д., Яковенко Н.Г. Фрикционные свойства полимеров для 3D-печати при трении в вакууме// Трение и износ. — 2020 (41), № 6, 760—767, doi: 10.32864/0202-4977-2020-41-6-760-767
9. Panda S., Sarangi M., and Roy Chowdhury S.K. An Analytical Model of Mechanistic Wear of Polymers // J. Tribol. — 2018 (140(1)), no. 011609, no. TRIB-17-1036, <https://doi.org/10.1115/1.4037136>
1. Narayanan G., Vernekar V.N., Kuyinu E.L., and Laurencin C.T. Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials for Orthopaedic Regenerative Engineering // Adv. Drug Deliv. Rev. — 2016 (107), 247—276
2. Tappa K., Jammalamadaka U., Weisman J.A., Ballard D.H., Wolford D.D., Pascual-Garrido C., Wolford L.M., Woodard P.K., and Mill D.K. 3D Printing Custom Bioactive and Absorbable Surgical Screws, Pins, and Bone Plates for Localized Drug Delivery // J. Funct. Biomater. — 2019 (1), no. 10(2):17. doi: 10.3390/jfb10020017
3. Upex P., Jouffroy P., and Riouallon G. Application of 3D Printing for Treating Fractures of Both Columns of the Acetabulum: Benefit of Pre-contouring Plates on the Mirrored Healthy Pelvis // Orthop. Traumatol. Surg. Res. — 2017 (103(3)), 331—334
4. Eutionnat-Diffo P.A, Chen Y., Guan J., Cayla A., Campagne C., Zeng X., and Nierstrasz V. Stress, Strain and Deformation of Poly-Lactic Acid Filament Deposited onto Polyethylene Terephthalate Woven Fabric Through 3D Printing Process // Sci. Rep. — 2019, no. 9, Article number: 14333, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50832-7>
5. Hanon M.M., Kovács M., and Zsidai L. Tribology behaviour Investigation of 3D Printed Polymers // Int. Rev. Appl. Sci. Eng. — 2019 (10), no. 2, 173—181
6. Zhang P., Hu Z., and Xie H. Friction and Wear Characteristics of Polylactic Acid (PLA) for 3D Printing under Reciprocating Sliding Condition // Ind. Lubr. Tribol. — 2020 (72/4), 533—539, doi 10.1108
7. Briscoe B.J. and Sinha S.K. Wear of Polymers // Proc. Inst. Mech. Eng. Part J.-J. Eng. Tribol. — 2002 (216(6)), 401—413
8. Prozhega M.V., Reschikov E.O., Shirshov A.D., Yakovenko N.G. Frikcionnye svojstva po-limerov dlya 3D-pechatati pri trenii v vakuum // Trenie i iznos. — 2020 (41), № 6, 760—767 (in Russian)
9. Panda S., Sarangi M., and Roy Chowdhury S.K. An Analytical Model of Mechanistic Wear of Polymers // J. Tribol. — 2018 (140(1)), no. 011609, no. TRIB-17-1036, <https://doi.org/10.1115/1.4037136>

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
Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>