УДК 621.893:620.178.16

Влияние адгезионных свойств и текстуры поверхности ламинированной фанеры на коэффициент трения с резиной

А.В. Морозов¹, Ю.Ю. Маховская¹, К.С. Кравчук²

¹Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
пр-т Вернадского, д. 101, к. 1, г. Москва 119526, Россия

²Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов,
ул. Центральная, д. 7а, г. Троицк 108840, г. Москва, Россия

Поступила в редакцию 26.01.2021.

После доработки 17.08.2021.

Принята к публикации 20.08.2021.

В работе изучено влияние адгезии и поверхностного рельефа ламинированной фанеры на коэффициент трения с резиной. Исследовались образцы берёзовой фанеры, поверхности которых имели различную текстуру и шероховатость и были изготовлены на основе двух отличающихся смол: фенолформальдегидной и меламиновой. Исследование статического и динамического коэффициента трения было выполнено на трибометре по схеме контакта кольцо — диск при комнатной температуре 23 °С в диапазоне нормальных давлений от 0,1 до 0,5 МПа в сухом и смазанном режиме трения. Исследование адгезионных свойств покрытий было выполнено на атомно-силовом микроскопе с шариком диаметром 900 нм на конце зонда. Уточнённая контактная модель взаимодействия сферического зонда с поверхностью фанеры позволила оценить поверхностную энергию покрытий. Результаты работы показали, что при использовании фанеры в условиях только сухого контакта необходимо в первую очередь повышать адгезионные свойства её поверхности, например, введением наполнителей-адгезивов или применением в основе ламинированного покрытия полимерной смолы с повышенными адгезионными свойствами. Если в процессе эксплуатации предполагается попадание жидкостей или загрязнений на поверхность фанеры, тогда лучший эффект оказывает нанесение двухуровневой текстуры: глубоких впадин для удаления воды из контакта и поверхностной шероховатости для повышения сцепных свойств. Следует отметить, что шероховатость на некоторых типах ламинированных плёнок может быстро изменяться за счёт износа, поэтому использование плёнок с повышенными адгезионными свойствами является преимуществом для повышения сцепных свойств поверхности ламинированной фанеры.

Ключевые слова: ламинированная фанера, коэффициент трения, сцепление, адгезия, текстурирование поверхности, трение резины, паллет.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Адрес для переписки:

А.В. Морозов
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
пр-т Вернадского, д. 101, к. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: morozovalexei@mail.ru

Для цитирования:

А.В. Морозов, Ю.Ю. Маховская, К.С. Кравчук.
Влияние адгезионных свойств и текстуры поверхности
ламинированной фанеры на коэффициент трения с резиной.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 4. — С. 437–449.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Address for correspondence:

A.V. Morozov
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospect Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: morozovalexei@mail.ru

For citation:

A.V. Morozov, Yu.Yu. Makhovskaya, and K.S. Kravchuk
[Analysis of the Influence of Adhesion and Surface Texturing of the
Counterbody on the Coefficient of Friction with Rubber].
Friction and Wear.
2021, vol. 42, no. 4, pp. 437–449 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Analysis of the Influence of Adhesion and Surface Texturing of the Counterbody on the Coefficient of Friction with Rubber

A.V. Morozov¹, Yu.Yu. Makhovskaya¹, and K.S. Kravchuk²

¹*Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospekt Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia*

²*Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials,
Tsentralnaya street, 7a, Troitsk 108840, Moscow, Russia*

Received 26.01.2021.

Revised 17.08.2021.

Accepted 20.08.2021.

Abstract

In this study, the influence of adhesion and surface relief of laminated veneer on the coefficient of friction against rubber was analyzed. Birch veneer specimens with different surface texture and roughness produced by using two different resins — phenol formaldehyde and melamine — were investigated. Measurement of the static and dynamic coefficient of friction was carried out on the tribometer with ring-finger scheme at room temperature 23 °C under normal loads ranging from 0.1 to 0.5 MPa in dry and wet friction regimes. Adhesion properties of coatings were studied by using the atomic-force microscope with a ball of diameter 900 nm attached to the cantilever. A refined contact model of interaction between the spherical probe and the surface of a veneer specimen made it possible to evaluate the surface energy of the veneer coatings. The results indicate that if veneer is used only in dry contact, then it is necessary, first of all, to increase adhesion properties of its surface, for example, by using adhesive fillers or polymeric resins with high adhesion. If veneer is meant to serve in the conditions where liquid or dirt can occur on its surface, then it is better to apply a two-level texture — deep caves to remove water from contact and surface roughness to increase friction. It is necessary to point out, that the roughness on some types of laminated films can change rapidly due to wear. Therefore, the use of films with high adhesion properties for increasing the adhesion properties of the surface of the plywood is an advantage.

Keywords: laminated veneer, coefficient of friction, static friction, adhesion, surface texturing, rubber friction, plywood pallet.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Адрес для переписки:

А.В. Морозов
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
пр-т Вернадского, д. 101, к. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: morozovalexey@mail.ru

Для цитирования:

А.В. Морозов, Ю.Ю. Маховская, К.С. Кравчук.
Влияние адгезионных свойств и текстуры поверхности
ламинированной фанеры на коэффициент трения с резиной.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 4. — С. 437–449.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Address for correspondence:

A.V. Morozov
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospect Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: morozovalexey@mail.ru

For citation:

A.V. Morozov, Yu.Yu. Makhovskaya, and K.S. Kravchuk
[Analysis of the Influence of Adhesion and Surface Texturing of the
Counterbody on the Coefficient of Friction with Rubber].
Friction and Wear.
2021, vol. 42, no. 4, pp. 437–449 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-437-449

Список использованных источников

1. Candan Z., Hiziroglu S., and McDonald A.G. Surface Quality of Thermally Compressed Douglas fir Veneer // *Materials and Design*. — 2010 (31), no. 7, 3574—3577
2. Bekhta P., Proszkyk S., Krystofiak T., Mamonova M., Pinkowski G., and Lis B. Effect of Thermomechanical Densification on Surface Roughness of Wood Veneers // *Wood Material Science & Engineering*. — 2014 (9), no. 4, 233—245
3. Büyüksarı Ü. Surface Characteristics and Hardness of MDF Panels Laminated with Thermally Compressed Veneer // *Composites Part B: Engineering*. — 2013 (44), no. 1, 675—678
4. Dorn, M., Habrová, K., Koubek, and Serrano E. Determination of Coefficients of Friction for Laminated Veneer Lumber on Steel under High Pressure Loads // *Friction*. — 2020, 1—13
5. Yang X., Luo X., and Cai Y. Frictional Characteristic of Micro Structures for Wooden Pallets // 2017 World Congress on Micro and Nano Manufacturing. — Taiwan. — 2017, 1—4
6. Li W.G. and Zhang Z.K. The Effect of Micro-Pits Texture on the Coefficient of Friction between Wood and Cemented Carbide under Different Wood Moisture Content // *Wood Research*. — 2019 (64), no. 4, 731—742
7. Сачек Б. Я., Мезрин А. М. Исследование триботехнических характеристик сопряжения “поддон—напольное покрытие” // *Трение и износ*. — 2020 (41), № 3, 378—384
8. Bjerremann C., Larsen J., and Hinge M. Temperature- and Time Dependency on High Friction Poly(Styrene-co-Butyl Methacrylate) Coated Paper // *Tribology International*. — 2016 (103), 261—265
9. Bjerremann C., Larsen J., and Hinge M. Macroscale Load and Temperature Dependency on High-Friction Poly(Styrene-co-Butyl Methacrylate)-Coated Paper // *Tribology letters*. — 2018 (66:33), no. 1, 1—7
10. *Handbook of Micro/Nanotribology* / Ed. by Bharat Bhushan. — 2nd ed. — Boca Raton [etc.]: CRC Press. — 2000
11. Grunlan J.C., Xia X., Rowenhorst D., and Gerberich W.W. Preparation and Evaluation of Tungsten Tips Relative to Diamond for Nanoindentation of Soft Materials // *Review of Scientific Instruments*. — 2001 (72), no. 6, 2804—2810
12. Fujinami S., Ueda E., Nakajima K., and Nishi T. Analytical Methods to Derive the Elastic Modulus of Soft and Adhesive Materials from Atomic Force Microscopy Force Measurements // *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. — 2019 (57), 1279—1286
13. Borodich F.M. and Galanov B.A. Non-Direct Estimations of Adhesive and Elastic Properties of Materials by Depth-Sensing Indentation // *Proc. R. Soc. A*. — 2008 (464), 2759—2776
14. Lin Zh., Yu Zh., and Wei Yu. Measurement of Nanoindentation Properties of Polymers Considering Adhesion Effects between AFM Sharp Indenter and Material // *Journal of Adhesion Science and Technology*. — 2020 (34:15), 1591—1608
15. Grierson D.S., Flater E.E., and Carpick R.W. Accounting for the JKR–DMT Transition in Adhesion and Friction Measurements with Atomic Force Microscopy // *Journal of Adhesion Science and Technology*. — 2005 (19), Nos. 3—5, 291—311
16. Maugis D. Adhesion of Spheres: The JKR–DMT Transition Using a Dugdale Model // *Journal of Colloid and Interface Science*. — 1992 (150), no. 1, 243—269
17. Морозов А.В., Петрова Н.Н. Методика оценки коэффициента трения уплотнительных морозостойких резин // *Трение и износ*. — 2016 (37), № 2, 162—167
18. Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю., Морозов А.В., Степанов Ф.И. Трение эластомеров. Моделирование и эксперимент // М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований. — 2017
19. Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю. Адгезионное взаимодействие упругих тел // *Прикладная математика и механика*. — 2001 (65), no. 2, 279—279
20. <https://www.taylor-hobson.com/resource-center/faq/what-are-hybrid-parameters> [Electronic resource]
21. Savkoor A.R. On the Friction of Rubber // *Wear*. — 1965 (8), no. 3, 222—237
22. Goryacheva I. and Makhovskaya Y. Adhesion Effect in Sliding of a Periodic Surface and an Individual Indenter upon a Viscoelastic Base // *Journal of Strain Analysis for Engineering Design*. — 2016 (51), no. 4, 286—293

References

1. Candan Z., Hiziroglu S., and McDonald A.G. Surface Quality of Thermally Compressed Douglas fir Veneer // *Materials and Design*. — 2010 (31), no. 7, 3574—3577
2. Bekhta P., Proszkyk S., Krystofiak T., Mamonova M., Pinkowski G., and Lis B. Effect of Thermomechanical Densification on Surface Roughness of Wood Veneers // *Wood Material Science & Engineering*. — 2014 (9), no. 4, 233—245
3. Büyüksarı Ü. Surface Characteristics and Hardness of MDF Panels Laminated with Thermally Compressed Veneer // *Composites Part B: Engineering*. — 2013 (44), no. 1, 675—678
4. Dorn, M., Habrová, K., Koubek, and Serrano E. Determination of Coefficients of Friction for Laminated Veneer Lumber on Steel under High Pressure Loads // *Friction*. — 2020, 1—13
5. Yang X., Luo X., and Cai Y. Frictional Characteristic of Micro Structures for Wooden Pallets // 2017 World Congress on Micro and Nano Manufacturing. — Taiwan. — 2017, 1—4
6. Li W.G. and Zhang Z.K. The Effect of Micro-Pits Texture on the Coefficient of Friction between Wood and Cemented Carbide under Different Wood

- Moisture Content // Wood Research. — 2019 (64), no. 4, 731—742
7. **Sachek B.Y. and Mezrin A.M.** Studies on the Tribological Characteristics of Euro-Pallets on Film-Faced Plywood // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), № 3, 277—281
8. **Bjerremann C., Larsen J., and Hinge M.** Temperature- and Time Dependency on High Friction Poly(Styrene-co-Butyl Methacrylate) Coated Paper // Tribology International. — 2016 (103), 261—265
9. **Bjerremann C., Larsen J., and Hinge M.** Macroscale Load and Temperature Dependency on High-Friction Poly(Styrene-co-Butyl Methacrylate)-Coated Paper // Tribology letters. — 2018 (66:33), no. 1, 1—7
10. **Handbook of Micro/Nanotribology** / Ed. by Bharat Bhushan. — 2nd ed. — Boca Raton [etc.]: CRC Press. — 2000
11. **Grunlan J.C., Xia X., Rowenhorst D., and Gerberich W.W.** Preparation and Evaluation of Tungsten Tips Relative to Diamond for Nanoindentation of Soft Materials // Review of Scientific Instruments. — 2001 (72), no. 6, 2804—2810
12. **Fujinami S., Ueda E., Nakajima K., and Nishi T.** Analytical Methods to Derive the Elastic Modulus of Soft and Adhesive Materials from Atomic Force Microscopy Force Measurements // Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics. — 2019 (57), 1279—1286
13. **Borodich F.M. and Galanov B.A.** Non-Direct Estimations of Adhesive and Elastic Properties of Materials by Depth-Sensing Indentation // Proc. R. Soc. A. — 2008 (464), 2759—2776
14. **Lin Zh., Yu Zh., and Wei Yu.** Measurement of Nanoindentation Properties of Polymers Considering Adhesion Effects between AFM Sharp Indenter and Material // Journal of Adhesion Science and Technology. — 2020 (34:15), 1591—1608
15. **Grierson D.S., Flater E.E., and Carpick R.W.** Accounting for the JKR–DMT Transition in Adhesion and Friction Measurements with Atomic Force Microscopy // Journal of Adhesion Science and Technology. — 2005 (19), nos. 3—5, 291—311
16. **Maugis D.** Adhesion of Spheres: The JKR–DMT Transition Using a Dugdale Model // Journal of Colloid and Interface Science. — 1992 (150), no. 1, 243—269
17. **Morozov A.V. and Petrova N.N.** Method of Evaluating the Coefficient of Friction of Frost-Resistant Sealing Rubbers // Journal of Friction and Wear. — 2016 (37), № 2, 124—128
18. **Goryacheva I.G., Makhovskaya Yu.Yu., Morozov A.V. and Stepanov F.I.** Trenie elastomerov. Modelirovanie i eksperiment // M. — Ijevsk: Institut puternih issledovanii. — 2017 (in Russian)
19. **Goryacheva I.G. and Makhovskaya Y.Y.** Adhesive Interaction of Elastic Bodies // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. — 2001 (65), no. 2, 273—282
20. <https://www.taylor-hobson.com/resource-center/faq/what-are-hybrid-parameters> [Electronic resource]
21. **Savkoor A.R.** On the Friction of Rubber // Wear. — 1965 (8), no. 3, 222—237
22. **Goryacheva I. and Makhovskaya Y.** Adhesion Effect in Sliding of a Periodic Surface and an Individual Indenter upon a Viscoelastic Base // Journal of Strain Analysis for Engineering Design. — 2016 (51), no. 4, 286—293

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