

УДК 621.891;620.193

Влияние ингибиторов коррозии в составах фрикционных композитов на коррозионную стойкость металлического контртела и шумообразование при трении

В.П. Сергиенко, В.В. Кожушко, С.Н. Бухаров, В.К. Меринов

Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси
(ИММС НАН Беларуси),
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

Поступила в редакцию 12.07.2023.

После доработки 10.10.2023.

Принята к публикации 13.10.2023.

Исследовано влияние ингибиторов коррозии в составах фрикционных композитов на коррозионные процессы и шумообразование в узлах трения. Изготовлены модельные композиты, содержащие в качестве целевой добавки комплексные ингибиторы коррозии. Проведены триботехнические испытания фрикционного композита по схеме «плоскость—плоскость». Показано, что плёнки переноса на поверхности стального контртела образуются преимущественно ламинарными частицами износа композита с размерами до 50 мкм. Данные рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии подтвердили наличие в плёнках переноса всех элементов, относящихся к основным компонентам фрикционного материала, включая ингибиторы коррозии. Проведены климатические испытания. Показано, что в паре трения с композитом, не содержащим ингибитор коррозии, преобладающей является сплошная коррозия металлического контртела, однако с течением времени активно развиваются питтинги. Степень коррозионного повреждения поверхности достигает 90—95 % номинальной площади контакта. Установлено, что введение комплексного ингибитора коррозии в состав фрикционных композитов в количестве 1,5—3,0 мас. % снижает степень коррозионного поражения номинальной площади трения металлического контртела на 20—35 %. Обнаружен эффект снижения степени коррозионного повреждения области поверхности металлического контртела за пределами номинальной площади трения на 50-60 %. Проведены трибоакустические испытания металлических контртел, подверженных коррозионному воздействию в ходе климатических испытаний. В полосе частот 50 Гц — 20 кГц определены уровни звукового давления, генерируемого фрикционной парой трения. Установлено, что использование ингибиторов коррозии привело к снижению уровня шума, причём наиболее значимое уменьшение на 7—30 дБ произошло в высокочастотной области 6—20 кГц.

Ключевые слова: фрикционный композит, тормоза, ингибитор коррозии, пленки переноса, коррозия, шумообразование при трении.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

Адрес для переписки:

В.П. Сергиенко
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
НАН Беларуси (ИММС НАН Беларуси),
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь
e-mail: sergienko_vp@mail.ru

Address for correspondence:

V.P. Sergienko
V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of
Sciences of Belarus,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
e-mail: sergienko_vp@mail.ru

Для цитирования:

В.П. Сергиенко, В.В. Кожушко, С.Н. Бухаров, В.К. Меринов
Влияние ингибиторов коррозии в составах фрикционных
композитов на коррозионную стойкость металлического
контртела и шумообразование при трении.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 5. — С. 389—399.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

For citation:

V.P. Sergienko, V.V. Kozhushko, S.N. Bukharov, and V.K. Merinov
[Influence of Corrosion Inhibitors in Friction Composite Formula on
Corrosion Resistance of Metallic Counterbody and on Friction Induced
Noise].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 5, pp. 389—399 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

Influence of Corrosion Inhibitors in Friction Composite Formula on Corrosion Resistance of Metallic Counterbody and on Friction Induced Noise

V.P. Sergienko, V.V. Kozhushko, S.N. Bukharov, and V.K. Merinov

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

Received 12.07.2023.

Revised 10.10.2023.

Accepted 13.10.2023.

Abstract

The influence of corrosion inhibitors in friction composite formulation on corrosion processes and noise generation in friction units has been studied. Model friction composites containing complex corrosion inhibitors as target additives were manufactured. Tribological tests of the friction composites were carried out using the “plane-to-plane” scheme. It has been shown that transfer films are formed predominantly on the surface of metallic counterbody by laminar wear particles of the composite with sizes up to 50 μm . X-ray photoelectron spectroscopy data confirmed the presence in the transfer films of all elements related to the main components of the friction material including corrosion inhibitors. Climatic tests were realized. It has been shown that in a friction pair with a composite that does not contain a corrosion inhibitor, continuous corrosion of the metal counterbody is predominant, but pitting actively develops over time. The degree of the surface corrosion damage reached 90—95 % of the nominal contact area. It has been established that addition of a complex corrosion inhibitor into the formulation of friction composites in an amount of 1.5—3.0 wt. % reduced the degree of corrosion damage within the nominal friction area of the metal counterbody by 20—35 %. The effect of reducing the degree of corrosion damage to the surface area of the metal counterbody outside the nominal friction area by 50—60 % was discovered. Triboacoustic tests were carried out on metal counterbodies exposed to corrosion during climatic tests. In the frequency band 50 Hz — 20 kHz, the sound pressure levels generated by the friction pair were determined. It was found that the use of corrosion inhibitors led to a decrease in noise levels, with the most significant reduction of 7—30 dB occurring in the high-frequency range 6—20 kHz.

Keywords: friction composite, brakes, corrosion inhibitor, transfer films, corrosion, friction induced noise.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

Адрес для переписки:

В.П. Сергиенко
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
НАН Беларуси (ИММС НАН Беларуси),
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь
e-mail: sergienko_vp@mail.ru

Address for correspondence:

V.P. Sergienko
V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of
Sciences of Belarus,
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus
e-mail: sergienko_vp@mail.ru

Для цитирования:

В.П. Сергиенко, В.В. Кожушко, С.Н. Бухаров, В.К. Меринов
Влияние ингибиторов коррозии в составах фрикционных
композиций на коррозионную стойкость металлического
контртела и шумообразование при трении.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 5. — С. 389—399.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

For citation:

V.P. Sergienko, V.V. Kozhushko, S.N. Bukharov, and V.K. Merinov
[Influence of Corrosion Inhibitors in Friction Composite Formula on
Corrosion Resistance of Metallic Counterbody and on Friction Induced
Noise].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 5, pp. 389—399 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-389-399

Список использованных источников

1. **Pallas M.-A. et al.** Noise Emission of Electric and Hybrid Electric Vehicles: deliverable FOREVER (n° Forever WP2 D-2-1-V4). [Research Report] // IFSTTAR – Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. — 2015
2. **Noh H.J. and Jang H.** Friction Instability Induced by Iron and Iron Oxides on Friction Material Surface // *Wear*. — 2018 (**440-401**), 93—99
3. **Cox R.L.** Engineered Tribological Composites. The Art of Friction Material Development. — SAE International. — 2012
4. **Day A. and Bryant D.** Braking of Road Vehicles (2nd edition). — Oxford: Butterworth-Heinemann. — 2022
5. **Sergienko V.P. and Bukharov S.N.** Noise and Vibration in Friction Systems. — Switzerland: Springer. — 2015
6. **Park C.W., Shin M.W., and Jang H.** Friction-Induced Stick-Slip Intensified by Corrosion of Gray Iron Brake Disk // *Wear*. — 2014 (**309**), 89—95
7. **Regulation (EU) № 540/2014 of the European Parliament and of the Council.** — The European Parliament and the Council of the European Union (27.05.2014)
8. **Motta M., Zanocco M., Rondinella A., Iodice V., Sin A., Fedrizzi L., and Andreatta F.** Inhibitive Effect of 8-hydroxyquinoline on Corrosion of Gray Cast Iron in Automotive Braking Systems // *Electrochimica Acta* — 2023 (**449**). doi:10.1016/j.electacta.2023.142221
9. **Xiong S., Wu H., Liu Z., and Zhang B.** QSAR Models for the Prediction of the Relationship Among Corrosion Inhibition Efficiency, Friction Coefficient and Oil Film Strength of Lubricants // Polycyclic Aromatic Compounds. doi:10.1080/10406638.2021.1873806
10. **Liu S., Jing Y., Zhang T., J. Zhang, F. Xu, Song Q., Ye Q., Liu S., and Liu W.** Excellent Tribological and Anti-Corrosion Performances Enabled by Novel Hollow Graphite Carbon Nanosphere with Controlled Release of Corrosion Inhibitor // *Chemical Engineering Journal*. — 2021 (**412**). doi:10.1016/j.cej.2021.128648
11. **Dante R.C.,** Handbook of Friction Materials and their Applications. — Wood Head Publishing. — 2016
12. **Pandian B.R. and Mathur G.S.** Natural Products as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media (review) // *Materials Letters*. — 2008 (**62**), no. 1(15), 113—116
13. **Козлова Л.С., Сибилева С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Е.** Ингибиторы коррозии (обзор) // *Авиационные материалы и технологии*. — 2015. № 2(35), 67—75
14. **Berthier Y.** Third-Body Reality – Consequences and Use of the Third-Body Concept to Solve Friction and Wear Problems // *Wear — Materials, Mechanisms and Practice*. G. Stachowiak. — John Wiley and Sons, Ltd. — 2005, 292
15. **Fischer P., Purscher M. Huemer-Kals S., and Prezelj J.** Characterization of Brake Creep Groan Vibrations // *SAE Int. J. Advances & Curr. Prac. in Mobility*. — 2021 (**3**), no. 2, 1049—1058. doi: 10.4271/2020-01-1505
16. **Wang A.Y., Mo J.L., Wang X.C., Zhu M.H., and Zhou Z.R.** Effect of Surface Roughness on Friction-Induced Noise: Exploring the Generation of Squeal at Sliding Friction Interface // *Wear*. — 2018 (**402-403**), 80—90
17. **Бухаров С.Н., Сергиенко В.П., Григорьев А.Я.** Влияние шероховатости стального контртела на триботехнические характеристики фрикционных композитов при трении в среде масла // *Трение и износ*. — 2019 (**40**), № 6, 635—643
18. **Wong D.W., Mo Y.L., Liu M.Q., Li Y.X., Quyang H., Zhu M.H., and Zhou Z.R.,** Improving Tribological Behaviours and Noise Performance of Railway Disc Brake by Grooved Surface Texturing // *Wear*. — 2017 (**376-377**), 1586—1600

References

1. **Pallas M.-A. et al.** Noise Emission of Electric and Hybrid Electric Vehicles: deliverable FOREVER (n° Forever WP2 D-2-1-V4). [Research Report] // IFSTTAR – Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. — 2015
2. **Noh H.J. and Jang H.** Friction Instability Induced by Iron and Iron Oxides on Friction Material Surface // *Wear*. — 2018 (**440-401**), 93—99
3. **Cox R.L.** Engineered Tribological Composites. The Art of Friction Material Development. — SAE International. — 2012
4. **Day A. and Bryant D.** Braking of Road Vehicles (2nd edition). — Oxford: Butterworth-Heinemann. — 2022
5. **Sergienko V.P. and Bukharov S.N.** Noise and Vibration in Friction Systems. — Switzerland: Springer. — 2015
6. **Park C.W., Shin M.W., and Jang H.** Friction-Induced Stick-Slip Intensified by Corrosion of Gray Iron Brake Disk // *Wear*. — 2014 (**309**), 89—95
7. **Regulation (EU) № 540/2014 of the European Parliament and of the Council.** — The European Parliament and the Council of the European Union (27.05.2014)
8. **Motta M., Zanocco M., Rondinella A., Iodice V., Sin A., Fedrizzi L., and Andreatta F.** Inhibitive Effect of 8-hydroxyquinoline on Corrosion of Gray Cast Iron in Automotive Braking Systems // *Electrochimica Acta* — 2023 (**449**). doi:10.1016/j.electacta.2023.142221
9. **Xiong S., Wu H., Liu Z., and Zhang B.** QSAR Models for the Prediction of the Relationship

- Among Corrosion Inhibition Efficiency, Friction Coefficient and Oil Film Strength of Lubricants // Polycyclic Aromatic Compounds. doi:10.1080/10406638.2021.1873806
10. **Liu S., Jing Y., Zhang T., J. Zhang, F. Xu, Song Q., Ye Q., Liu S., and Liu W.** Excellent Tribological and Anti-Corrosion Performances Enabled by Novel Hollow Graphite Carbon Nanosphere with Controlled Release of Corrosion Inhibitor // Chemical Engineering Journal. — 2021 (412). doi:10.1016/j.cej.2021.128648
 11. **Dante R.C.**, Handbook of Friction Materials and their Applications. — Wood Head Publishing. — 2016
 12. **Pandian B.R. and Mathur G.S.** Natural Products as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media (review) // Materials Letters. — 2008 (62), no. 1(15), 113—116
 13. **Kozlova L.S., Sibileva S.V., Chesnokov D.V., Kutyrev A.E.** Ingibitory korrozii (obzor) // Aviacionnye materialy i texnologii — 2015 (35), no. 2, 67—75 (in Russian)
 14. **Berthier Y.** Third-Body Reality – Consequences and Use of the Third-Body Concept to Solve Friction and Wear Problems // Wear — Materials, Mechanisms and Practice. G. Stachowiak. — Yohn Wiley and Sons, Ltd. — 2005, 292
 15. **Fischer P., Purscher M. Huemer-Kals S., and Prezelj J.** Characterization of Brake Creep Groan Vibrations // SAE Int. J. Advances & Curr. Prac.in Mobility. — 2021 (3), no. 2, 1049—1058. doi: 10.4271/2020-01-1505
 16. **Wang A.Y., Mo J.L., Wang X.C., Zhu M.H., and Zhou Z.R.** Effect of Surface Roughness on Friction-Induced Noise: Exploring the Generation of Squeal at Sliding Friction Interface // Wear. — 2018 (402-403), 80—90
 17. **Bukharov S.N., Sergienko V.P., and Grigor'ev A.Y.** The Influence of the Roughness of a Steel Counterbody on the Tribological Characteristics of Friction Composites under Friction in Oil // Journal of Friction and Wear. — 2019 (40), no. 6, 481—487
 18. **Wong D.W., Mo Y.L., Liu M.Q., Li Y.X., Quyang H., Zhu M.H., and Zhou Z.R.** Improving Tribological Behaviours and Noise Performance of Railway Disc Brake by Grooved Surface Texturing // Wear. — 2017 (376-377), 1586—1600

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