

УДК 669.14.018.8: 621.45.038.72

Триботехнические свойства композиционных бор-углеродных покрытий

Д.Г. Пилипцов

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»,
ул. Советская, 104, г. Гомель 246019, Беларусь

Поступила в редакцию 26.04.2022.

После доработки 21.08.2022.

Принята к публикации 22.08.2022.

Легированные бором углеродные покрытия были получены комбинированным методом, сочетающим их осаждение из потоков импульсной углеродной плазмы и бора, формируемого в результате испарения мишени, импульсным излучением твердотельного YAG:Nd³⁺ лазера. Установлено изменение твёрдости и модуля упругости покрытий с различной концентрацией бора. Введение в структуру а-С покрытий атомов бора, приводящее к формированию бор-углеродных соединений изменяет не только твёрдость и модуль упругости, но и кинетику сухого трения и износ контртела. На начальном этапе трения наблюдаются высокие значения коэффициента трения, которые зависят от шероховатости поверхности и от её твёрдости, а также интенсивности протекания в зоне фрикционного контакта процессов графитизации и трибохимических реакций. Изучены особенности трения и изнашивания контактных сопряжений, содержащих композиционные бор-углеродные покрытия, в различных смазочных средах, проведена оценка влияния концентрации бора на адсорбционные и триботехнические параметры. Показано, что увеличение содержания бора в углеродном покрытии приводит к повышению смачивания покрытий смазочными средами. При этом регистрируется значительное снижение (при трении в граничной смазке ТАД-17 более чем в 120 раз) коэффициента объёмного износа контртела. Зависимость коэффициента трения от концентрации бора не является монотонной, что является следствием проявления различных по своему влиянию трибохимического и абразивного механизмов изнашивания.

Ключевые слова: композиционные покрытия, углеродные покрытия, бор, трение, износостойкость, твёрдость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

Адрес для переписки:

Д.Г. Пилипцов
Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»,
ул. Советская, 104, г. Гомель 246019, Беларусь
e-mail: pdg_@mail.ru

Address for correspondence:

D.G. Piliptsou
Educational Institution «Francisk Skorina Gomel State University»,
Sovetskaya, 104, Gomel 246019, Belarus
e-mail: pdg_@mail.ru

Для цитирования:

Д.Г. Пилипцов.
Триботехнические свойства композиционных бор-углеродных покрытий.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 378–386.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

For citation:

D.G. Piliptsou.
[Tribological Properties of Composite Boron-Carbon Coatings].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 378–386 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

Tribological Properties of Composite Boron-Carbon Coatings

D.G. Piliptsou

*Educational Institution «Francisk Skorina Gomel State University»,
Sovetskaya, 104, Gomel 246019, Belarus*

Received 26.04.2022.

Revised 21.08.2022.

Accepted 22.08.2022.

Abstract

Boron-doped carbon coatings have been obtained by a method that combines the deposition of a pulsed carbon plasma coating and a boron flow formed as a result of the evaporation of a target made of boron by pulsed radiation from a solid-state YAG:Nd³⁺ laser. A change in the hardness and elastic modulus of coatings with different boron concentrations has been established. The introduction of boron atoms into the structure of a-C coatings, resulting in the formation of boron-carbon compounds, changes not only the hardness and elastic modulus, but also the kinetics of Coulomb friction and the counterbody wear. The early stage of friction is evidenced by high values of the friction coefficient, which depend on the surface roughness and hardness, as well as the intensity of graphitization and tribochemical reactions in the friction contact zone. The friction and wear features of contact interfaces containing composite boron-carbon coatings in various lubricating media have been studied; the effect of boron concentration on adsorption and tribomechanical parameters has been assessed. It has been shown that an increase in the boron content in the carbon coating leads to an increase in wetting of the coatings by lubricating media. In this case, a significant decrease (by more than 120 times during friction in the boundary lubrication TAD-17) of the counterbody volumetric wear coefficient is recorded. The dependence of the friction coefficient on the boron concentration is not monotone, which is a consequence of the manifestation of tribochemical and abrasive wear mechanisms that differ in their influence.

Keywords: composite coatings, carbon coatings, boron, friction, wear resistance, hardness.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

Адрес для переписки:

Д.Г. Пилипцов
Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»,
ул. Советская, 104, г. Гомель 246019, Беларусь
e-mail: pdg_@mail.ru

Address for correspondence:

D.G. Piliptsou
Educational Institution «Francisk Skorina Gomel State University»,
Sovetskaya, 104, Gomel 246019, Belarus
e-mail pdg_@mail.ru

Для цитирования:

Д.Г. Пилипцов.
Триботехнические свойства композиционных бор-углеродных
покрытий.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 378–386.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

For citation:

D.G. Piliptsou.
[Tribological Properties of Composite Boron-Carbon Coatings].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 378–386 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-378-386

Список использованных источников / References

1. **Piliptsov D.G., Rudenkov A.S., Luchnikov P.A., Rogachev A.V., Jiang Xiao Hong, Zhou Bing.** Composite Carbon Coatings Deposited from Cathode Pulse Plasma. — Moscow: Radiotekhnika. — 2020 (in Russian)
2. **Teng Fei Zhang [et al.]** Microstructure and High-Temperature Tribological Properties of Si-Doped Hydrogenated Diamond-Like Carbon Film // Applied Surface Science. — 2018 (435), 963—973
3. **Bewilogua K. and Hofmann D.** History of Diamond-Like Carbon Films — From First Experiments to Worldwide Applications // Surface and Coatings Technology. — 2014 (242), 214—225
4. **Sayan N.I. [et al.]** Effect of Substrate Nature and Heat Treatment of Diamond-Like Coatings on Their Tribological Characteristics // Journal of Friction and Wear. — 2005 (26), no. 2, 182—186 (in Russian)
5. **Chchinadze V.** Fundamentals of tribology (friction, wear, lubrication). — M.: Mashinostroenie. — 2001 (in Russian)
6. **Kalin M. and Vižintin J.** The Tribological Performance of DLC-Coated Gears Lubricated with Biodegradable Oil in Various Pinion/Gear Material Combinations // Wear. — 2005 (259), 1270—1280
7. **MI. De Jian Sun [et al.]** Friction and Wear of Cr-Doped DLC Films under Different Lubrication Conditions // Vacuum. — 2013 (94), 1—5
8. **Topolyansky P.A., Ermakov S.A., and Topolyansky A.P.** Diamond-Like Coating for Hardening and Restoration of Fuel Equipment Parts // Tribology — Mechanical Engineering: Materials of the XII International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 80th Anniversary of IMASH RAS. — Moscow. — 2018, 499—502
9. **Kulesh E.A. [et al.]** Boron-Carbon Coatings: Structure, Morphology and Mechanical Properties // Journal of Engineering Sciences. — 2020 (7), C1—C9
10. **Piliptsov D.G. [et al.]** Structural Properties of Carbon Composites Doped with Boron // Bulletin of the Karaganda University. “Physics” Series. — 2020 (99), no. 3, 31—37
11. **Charitidis C.A.** Nanomechanical and Nanotribological Properties of Carbon-Based Thin Films: a Review // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. — 2010 (28), 51—70
12. **Hansen N.** Hall-Petch Relation and Boundary Strengthening // Scripta Materialia. — 2004 (51), no. 8, 801—806
13. **Zhang T.Y., Xu W.H., and Zhao M.H.** The Role of Plastic Deformation of Rough Surfaces in the Size-Dependent Hardness // Acta Mater. — 2004 (52), 57—68
14. **Herrmann, M., Matthey B., and Gestrich T.** Boron-Doped Diamond with Improved Oxidation Resistance // Diamond & Related Materials. — 2019 (92), 47—52
15. **Blok H.** Theoretical Studies of Temperature Rise at Surfaces of Actual Contact under Oiliness Lubricating Conditions // Proc. Gen. Discuss. Lubr. Lubr. — 1937 (2), 222—235

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