

УДК621.762

# Триботехнические характеристики фрикционной композиции из металлокерамических порошков и углеродсодержащей добавки на полимерном связующем

А.Ф. Ильющенко, А.В. Лешок, А.И. Шевцов, А.Н. Роговой

Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа»,  
ул. Платонова, 41, г. Минск 220043, Беларусь

Поступила в редакцию 05.04.2024.

После доработки 15.06.2024.

Принята к публикации 18.06.2024.

Проведены исследования износостойкости и коэффициентов трения фрикционной композиции из порошков ПХ30,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$  и добавки, содержащей углеродное волокно в сочетании с графитом ГЭ-1, на связующем фенольном порошкообразном материале СФП-012А. Исследование триботехнических свойств осуществлялось на инерционном стенде типа ИМ-58. С применением стереоскопического микроскопа и сканирующего электронного микроскопа с микрорентгеноспектральной приставкой проанализирована морфология поверхностей трения экспериментальных образцов, при этом получена информация об элементах, формирующих поверхность трения. Установлено, что перспективными добавками фрикционной композиции являются 5—6 % крупнодисперсных порошков  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ . Они способствуют увеличению коэффициента трения фрикционного материала до рекомендуемого минимального значения 0,3. К перспективным добавкам также относится углеродное волокно в количестве 25—50 %, которое позволяет сохранить интенсивность изнашивания композиции на уровне, не превышающем 30 мкм/км. При увеличении содержания углеродного волокна до 50 % получено минимальное значение коэффициента трения в начальный момент контакта поверхностей трибосопряжения. При этом экспериментальная кривая изменения коэффициента трения характеризуется плавным переходом в область буксования.

**Ключевые слова:** фрикционный материал, трение, износ, коэффициент трения, износостойкость, узел трения, структура, время спекания, приработка, контртело, углеродное волокно, керамические порошки.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

---

**Адрес для переписки:**

А.В. Лешок

Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа»,  
ул. Платонова, 41, г. Минск 220043, Беларусь  
e-mail: sdilav@tut.by

**Для цитирования:**

А.Ф. Ильющенко, А.В. Лешок, А.И. Шевцов, А.Н. Роговой.

Триботехнические характеристики фрикционной композиции из металлокерамических порошков и углеродсодержащей добавки на полимерном связующем.

Трение и износ.

2024. — Т. 45, № 3. — С. 227—236.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

---

**Address for correspondence:**

A.V. Liashok

State Scientific Institution “Institute of Powder Metallurgy named after Academician O.V. Romana,  
st. Platonova, 41, Minsk 220043, Belarus  
e-mail: sdilav@tut.by

**For citation:**

A.Ph. Ilyushchanka, A.V. Liashok, A.I. Shevtsov, and A.N. Rogovoy.  
[Tribological Properties of a Friction Composition of Metal-Ceramic Powders and Carbon-Containing Additives on a Polymer Binder Material].

*Trenie i Iznos.*

2024, vol. 45, no. 3, pp. 227—236 (in Russian).

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

# Tribological Properties of a Friction Composition of Metal-Ceramic Powders and Carbon-Containing Additives on a Polymer Binder Material

A.Ph. Ilyushchanka, A.V. Liashok, A.I. Shevtsov, and A.N. Rogovoy

State Scientific Institution “Institute of Powder Metallurgy named after Academician O.V. Romana,  
st. Platonova, 41, Minsk 220043, Belarus

Received 05.04.2024.

Revised 15.06.2024.

Accepted 18.06.2024.

## Abstract

Research has been carried out on the wear resistance and friction coefficients of a friction composition made from PC30, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O powders and an additive containing carbon fiber in combination with GE-1 graphite, using the SFP-012A phenolic powder binder material. The study of tribotechnical properties was carried out on an inertial stand type IM-58. Using a stereoscopic microscope and a scanning electron microscope with a micro-X-ray spectral attachment, the morphology of the friction surfaces of experimental samples was analyzed, and information was obtained about the elements forming the friction surface. It has been established that promising additives for the friction composition are 5—6 % coarse Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> powders. They help increase the coefficient of friction of the friction material to the recommended minimum value of 0.3. Promising additives also include carbon fiber in an amount of 25—50 %, which makes it possible to maintain the wear rate of the composition at a level not exceeding 30 μm/km. By increasing the carbon fiber content to 50 %, a minimum value of the friction coefficient was obtained at the initial moment of contact of the tribo-mating surfaces. In this case, the experimental curve of changes in the friction coefficient is characterized by a smooth transition to the slipping region.

**Keywords:** friction material, friction, wear, coefficient of friction, wear resistance, friction unit, structure, sintering time, running-in, counterbody, carbon fiber, ceramic powders.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

---

### Адрес для переписки:

А.В. Лешок

Государственное научное учреждение «Институт порошковой  
металлургии имени академика О.В. Романа»,  
ул. Платонова, 41, г. Минск 220043, Беларусь  
e-mail: sdilav@tut.by

### Для цитирования:

А.Ф. Ильющенко, А.В. Лешок, А.И. Шевцов, А.Н. Роговой.

Триботехнические характеристики фрикционной композиции из  
металлокерамических порошков и углеродсодержащей добавки на  
полимерном связующем.

Трение и износ.

2024. – Т. 45, № 3. – С. 227–236.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

---

### Address for correspondence:

A.V. Liashok

Institute of Machines Science named after A.A. Blagonravov of the  
Russian Academy of Sciences (IMASH RAN),  
Maly Kharitonyevsky Lane, 4, Moscow 101990, Russia  
e-mail: sdilav@tut.by

### For citation:

A.Ph. Ilyushchanka, A.V. Liashok, A.I. Shevtsov, and A.N. Rogovoy.  
[Tribological Properties of a Friction Composition of Metal-Ceramic  
Powders and Carbon-Containing Additives on a Polymer Binder  
Material].

*Trenie i Iznos.*

2024, vol. 45, no. 3, pp. 227–236 (in Russian).

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-3-227-236

## Список использованных источников

1. Федорченко И.М., Крячек В.М., Панаиоти И.И. Современные фрикционные материалы. — Киев: Наукова думка. — 1975
2. Альгин В.Б., Поддубко С.Н. Ресурсная механика трансмиссий мобильных машин. — Минск: Бел. наука. — 2019
3. Шарипов В. М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов. — М.: МГТУ МАМИ. — 2002
4. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н. Вибрации и шум в нестационарных процессах трения. — Минск: Беларуская навука. — 2012
5. Barkanov E., Mihovski M., and Sergienko V. Innovative Solution in Repair of Gas and Oil Pipelines. — Sofia: Bulgarian society for non-destructive testing publishers. — 2016
6. Лешок А.В., Роговой А.Н., Криволапов П.Н., Лазарчик М.В. Исследование влияния добавок порошков  $TiO_2$  и  $Cr_2O_3$  на механические свойства фрикционного материала сухого трения полимерное связующее-порошок железа // Порошковая металлургия. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. — Минск. — 2022, № 45, 68—73
7. Крпотин О.В., Суриков В.И., Калистратова Л.Ф. Влияние армирующего углеродного волокна на структуру и вязкоупругие свойства политетрафторэтилена // Вестник Омского университета. — 1997, № 3, 33—34
8. Ильющенко А.Ф., Лешок А.В., Дьячкова Л.Н. Спеченные фрикционные материалы на основе меди для работы в условиях граничного трения. — Минск: Медисонт. — 2021
9. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства. — М.: Кнорус. — 2011
10. Шарипов В.М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов. — М.: МГТУ «МАМИ». — 2022

## References

1. Fedorchenko I.M., Kryachek V.M., Panaioti I.I. Sovremennyye friktsionnyye materialy. — Kiyev: Naukova dumka. — 1975 (in Russian)
2. Al'gin V.B., Poddubko S.N. Resursnaya mekhanika transmissiy mobil'nykh mashin. — Minsk: Bel. Navuka. — 2019 (in Russian)
3. Sharipov V.M. Proyektirovaniye mekhanicheskikh, gidromekhanicheskikh i gidroob"yemnykh peredach traktorov. — M.: MGTU MAMI. — 2002 (in Russian)
4. Sergiyenko V.P., Bukharov S.N. Vibratsii i shum v nestatsionarnykh protsessakh treniya. — Minsk: Belaruskaya navuka. — 2012 (in Russian)
5. Barkanov E., Mihovski M., and Sergienko V. Innovative Solution in Repair of Gas and Oil Pipelines. — Sofia: Bulgarian society for non-destructive testing publishers. — 2016
6. Leshok A.V., Rogovoy A.N., Krivolapov P.N., Lazarchik M.V. Issledovaniye vliyaniya dobavok poroshkov  $TiO_2$  i  $Cr_2O_3$  na mekhanicheskiye svoystva friktsionnogo materiala sukhogo treniya polimernoye svyazuyushcheye-poroshok zheleza // Poroshkovaya metallurgiya. Respublikanskiy mezhdovedomstvennyy sbornik nauchnykh trudov. — Minsk. — 2022, № 45, 68—73 (in Russian)
7. Kropotin O.V., Surikov V.I., Kalistratova L.F. Vliyaniye armiruyushchego uglerodnogo volokna na strukturu i vyzkoupругiye svoystva politetraftoretilena // Vestnik Omskogo universiteta. — 1997, № 3, 33—34 (in Russian)
8. Ilyushchenko A.F., Leshok A.V., D'yachkova L.N. Spechennyye friktsionnyye materialy na osnove medi dlya raboty v usloviyakh granichnogo treniya. — Minsk: Medisont. — 2021 (in Russian)
9. Grebnev V.P. Traktory i avtomobili. Teoriya i ekspluatatsionnyye svoystva. — M.: Knorus. — 2011 (in Russian)
10. Sharipov V.M. Proyektirovaniye mekhanicheskikh, gidromekhanicheskikh i gidroob"yomnykh peredach traktorov. — M.: MGTU «MAMI». — 2022 (in Russian)

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](mailto:FWJ@tut.by)