

УДК 621.762

# Триботехнические свойства порошкового фрикционного материала на основе меди с добавкой порошка титана

А.В. Лешок, А.Ф. Ильющенко, Л.Н. Дьячкова, Т.И. Пинчук

Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа.  
ул. Платонова, д. 41, г. Минск 220005, Беларусь

Поступила в редакцию 14.09.2020.

После доработки 05.01.2021.

Принята к публикации 10.01.2021.

В работе представлены результаты исследования влияния добавки порошка титана на триботехнические свойства порошкового фрикционного материала на основе меди, работающего в условиях смазки. Показано, что введение 5—25 об. % порошка титана способствует повышению значения коэффициента трения с 0,054 до 0,096. Это объясняется формированием на поверхности частиц титана, в процессе спекания фрикционного материала, слоя карбида, карбонитрида и нитрида титана, а также интерметаллического соединения системы титан-медь толщиной до 6 мкм микротвёрдостью 4000—3000 МПа. Полученные в работе данные позволили разработать фрикционный материал повысивший ресурс работы маслохлаждаемого тормоза.

**Ключевые слова:** фрикционный композиционный материал на основе меди, титан, коэффициент трения, износ.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

---

**Адрес для переписки:**

А.В. Лешок  
Институт порошковой металлургии имени академика  
О.В. Романа,  
ул. Платонова, д. 41, г. Минск 220005, Беларусь  
e-mail: sdilav@tut.by

**Address for correspondence:**

A.V. Liashok  
O.V. Roman Powder Metallurgy Institute,  
Platonov str., 41, Minsk 220005, Belarus  
e-mail: sdilav@tut.by

---

**Для цитирования:**

А.В. Лешок, А.Ф. Ильющенко, Л.Н. Дьячкова, Т.И. Пинчук.  
Триботехнические свойства порошкового фрикционного  
материала на основе меди с добавкой порошка титана.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42. — С. 128—135.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

**For citation:**

A.V. Liashok, A.Ph. Ilyushchanka, L. N. Dyachkova, and T.I. Pinchuk.  
[Tribotechnical Properties of Powder Friction Material Based on  
Copper with Addition of Titanium Powder].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 2, pp. 128—135 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

# Tribotechnical Properties of Powder Friction Material Based on Copper with Addition of Titanium Powder

A.V. Liashok, A.Ph. Ilyushchanka, L. N. Dyachkova, and T.I. Pinchuk

O.V. Roman Powder Metallurgy Institute,  
Platonov str., 41, Minsk 220005, Belarus.

Received 14.09.2020.

Revised 05.01.2021.

Accepted 10.01.2021.

## Abstract

In the work present, the results of a study of the effect of adding titanium powder on the tribotechnical properties of a powder friction material based on copper operating under boundary friction conditions are presented. It is shown that the introduction of 5—25 vol. % of titanium powder increases the value of the friction coefficient from 0.054 to 0.096. This is due to the formation of a layer of carbide, carbon-nitride and titanium nitride on the surface of a titanium particle during sintering of a friction material, as well as an intermetallic compound of the titanium-copper system up to 6  $\mu\text{m}$  thick with a microhardness of 4000—3000 MPa. The data obtained in the work made it possible to develop a friction material that increased the service life of the oil-cooled brake.

**Keywords:** friction material, iron-chromium alloy powder, titanium, coefficient of friction, wear.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

---

**Адрес для переписки:**

А.В. Лешок  
Институт порошковой металлургии имени академика  
О.В. Романа.  
ул. Платонова, д. 41, г. Минск 220005, Беларусь  
e-mail: sdilav@tut.by

**Для цитирования:**

А.В. Лешок, А.Ф. Ильющенко, Л.Н. Дьячкова, Т.И. Пинчук.  
Триботехнические свойства порошкового фрикционного  
материала на основе меди с добавкой порошка титана.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42. — С. 128—135.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

---

**Address for correspondence:**

A.V. Liashok  
O.V. Roman Powder Metallurgy Institute,  
Platonov str., 41, Minsk 220005, Belarus  
e-mail: sdilav@tut.by

**For citation:**

A.V. Liashok, A.Ph. Ilyushchanka, L. N. Dyachkova, and T.I. Pinchuk.  
[Tribotechnical Properties of Powder Friction Material Based on  
Copper with Addition of Titanium Powder].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 2, pp. 128—135 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-128-135

## Список использованных источников

1. **Федорченко И.М.** Современные фрикционные материалы. — Киев: Наук. думка. — 1975
2. **Ильющенко А.Ф., Дмитрович А.А., Шаповалова О.А., Лешок А.В.** Фрикционные материалы для гидромеханических передач // Тракторы и сельхозмашины. — 2011, № 6, 41
3. **Лешок А.В., Роговой А.Н.** Модификация составов спеченных фрикционных материалов углеродсодержащими добавками и наноразмерными порошками // Материалы 13-й междунар. науч.-техн. конф. «Новые материалы и технологии». — 2018, 129
4. **Витязь П.А., Роговой А.Н., Лешок А.В.** Исследование влияния добавок различной природы на особенности разрушения спеченного порошкового фрикционного материала // Порошковая металлургия: Респ. межвед. сб. науч. тр. — Минск: Беларус. Навука. — 2017, № 40, 10—15.
5. **Лешок А.В., Ильющенко А.Ф., Дьячкова Л.Н., Пинчук Т.И.** Триботехнические свойства порошкового фрикционного материала на основе меди с добавкой порошка железохромистого сплава // Трение и износ. — 2021 (42), № 1, 5—12
6. **Андреев В.Г., Андреева В.Д.** Исследование фазового состава пропиточных сплавов на основе систем медь-олово, титан-олово, титан-медь // Труды СПБГТУ. — 2009, № 510, 134—139
7. **Либенсон Г.А.** Производство порошковых изделий. Учебник для техникумов. — М.: Металлургия. — 1990
8. **Нарва В.К.** Технология порошковых материалов и изделий. — М.: Изд. Дом МИСиС. — 2012
9. **Андреевский Р.А.** Порошковое материаловедение. — М.: Металлургия. — 1991
10. **Алымов М.И., Шустов В.С., Касимцев А.В., Жигунов В.В., Анкудинов А.Б., Зеленский В.А.** Синтез нанопорошков карбида титана и изготовление пористых материалов на их основе // Российские нанотехнологии. — 2011 (6), № 1–2, 84—89
11. **Бурков П.В.** Структурообразование, фазовый состав и свойства твердосплавных материалов на основе карбида титана: дис. ВАК РФ 05.02.01, д-р техн. наук. — 2009
12. **Murray J.L.** Binary Alloy Phase Diagrams / ASM Int., Materials Park. — V. 2. — USA. — 1990, 1494
13. **Кульментьев А.И., Кульментьева О.П., Махмуд А.М.** Структура и свойства нанокристаллических покрытий из нитрида титана, полученных при непрерывном осаждении или ионно-плазменной имплантации // Компрессорное и энергетическое машиностроение. — 2011 (24),

№ 2, 36—39

14. **Пухова И.В., Гальченко Н.К., Колесникова К.А.** Влияние карбидов титана на структуру и свойства сварочных электродов марки Т590 // VII Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы машиностроения». — Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — 2013, 209—213

## References

1. **Fedorchenko I. M.** Sovremennyye friktsionnyye materialy — Kiyev: Nauk. dumka. — 1975 (in Russian)
2. **Il'yushchenko A.F., Dmitrovich A.A., Shapovalova O.A., Leshok A.V.** Friktsionnyye materialy dlya gidromekhanicheskikh peredach // Traktory i sel'khozmashiny. — 2011, № 6, 41 (in Russian)
3. **Leshok A.V., Rogovoy A.N.** Modifikatsiya sostavov spechennykh friktsionnykh materialov uglerodsoderzhashchimi dobavkami i nanorazmernymi poroshkami // Materialy 13-y mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Novyye materialy i tekhnologii». — 2018, 129 (in Russian)
4. **Vityaz' P. A., Rogovoy A. N., Leshok A. V.** Issledovaniye vliyanija dobavok razlichnoj prirody na osobennosti razrusheniya spechennogo poroshkovogo friktsionnogo materiala. Po-roshkovaya metallurgiya: Resp. mezhved. sb. nauch. tr. — Minsk: Belarus. Navuka. — 2017, № 40, 10—15 (in Russian)
5. **Leshok A.V., Il'yushchenko A.F., D'yachkova L.N., Pinchuk T.I.** Tribotechnical properties of a copper-based powder friction material with the addition of iron-chromium alloy powder // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), № 1, 1—6
6. **Andreyev V.G., Andreyeva V.D.** Issledovaniye fazovogo sostava propitochnykh splavov na osnove sistem med'-olovo, titan-olovo, titan-med' // Trudy SpBGTU. — 2009, № 510, 134—139 (in Russian)
7. **Libenson G.A.** Proizvodstvo poroshkovykh izdeliy. Uchebnik dlya tekhnikumov. — M.: Metallurgiya. — 1990 (in Russian)
8. **Narva B.K.** Tekhnologiya poroshkovykh materialov i izdeliy. — M.: Izd. Dom MISiS. — 2012 (in Russian)
9. **Andriyevskiy R.A.** Poroshkovoye materialovedeniye. M.: Metallurgiya. — 1991 (in Russian)
10. **Alymov M.I., Shustov V.S., Kasimtsev A.V., Zhigunov V.V., Ankudinov A.B., Zelenskiy V.A.** Sintez nanoporoshkov karbida titana i izgotovleniye poristykh materialov na ikh osnove // Rossiyskiye nanotekhnologii. — 2011 (6), № 1–2, 84—89 (in Russian)
11. **Burkov P.V.** Strukturoobrazovaniye, fazovyy

- sostav i svoystva tverdosplavnnykh materialov na osnove karbida titana: dissertatsiya VAK RF 05.02.01, doktor tekhnicheskikh nauk. — 2009 (in Russian)
12. **Murray J.L.** Binary alloy phase diagrams / ASM Intern., Materials Park. — V.2. — USA. — 1990, 1494
13. **Kul'ment'yev A.I., Kul'ment'yeva O.P., Makhmud A.M.** Struktura i svoystva nanokristallicheskikh pokrytiy iz nitrida titana, poluchennykh pri nepreryvnom osazhdennii ili ionno-plazmennoy implantatsii // Kompressornoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. — 2011 (24), № 2, 36—39 (in Russian)
14. **Pukhova I.V., Gal'chenko N.K., Kolesnikova K.A.** Vliyaniye karbidov titana na strukturu i svoystva svarochnykh elektrodom marki T590 // VII Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Sovremennyye problemy mashinostroyeniya». — Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskiy universitet. — 2013, 209—213 (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)  
Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>