УДК 621.891

Триботехнические свойства металлокерамических материалов на никелевой основе

Н.В. Севостьянов, А.Н. Большакова, Т.А. Болсуновская, Н.П. Бурковская

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
ул. Радио, д. 17, г. Москва 105005, Россия

Поступила в редакцию 08.02.2021.

После доработки 23.10.2021.

Принята к публикации 25.10.2021.

Традиционные антифрикционные материалы подшипников скольжения на основе бронзы, стальных сплавов, баббитов, чугуна не отвечают требованиям современной проектируемой авиационной техники. Металлокерамические материалы рассматриваются как перспективные для применения в тяжело нагруженных узлах трения при изготовлении подшипников скольжения. Металлокерамические материалы сочетают в себе твёрдость керамики, что обеспечивает высокую износостойкость и механическую прочность металлов. В настоящей работе исследовались металлокерамические материалы на основе никелевой матрицы с 60%-ным наполнением керамической фазой для различных материалов наполнения — TiC, ZrO₂, SiC, AlN, MoSi₂, и Si₃N₄. Комплексное исследование триботехнических и механических свойств металлокерамических материалов, синтезированных методом искрового плазменного спекания, с различными керамическими наполнителями позволили установить оптимальные характеристики для использования в качестве антифрикционного материала в узлах подшипников скольжения. Триботехнические испытания металлокерамических материалов в паре трения со сталью 95X18 показали убывающие зависимости и самые низкие значения износа и коэффициента трения от нагрузки и скорости скольжения для материалов с наполнителями TiC и ZrO₂. Приведены также результаты физико-механических испытаний исследуемых материалов, включающие ударную вязкость, плотность, прочность при изгибе и микротвёрдость. Лучшие триботехнические свойства из исследуемых показал МКМ системы Ni–ZrO₂, в то же время его применение в узлах трения ограничено низкими значениями ударной вязкости и прочности при изгибе. Оптимальным сочетанием низких значений коэффициента трения и износа из исследованных образцов, а также высокими ударной вязкостью, прочностью при изгибе и микротвёрдостью для применения в качестве антифрикционного материала в узлах трения характеризуется МКМ система Ni–TiC.

Ключевые слова: металлокерамика, керметы, коэффициент трения, износ, твёрдость, ударная вязкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

Адрес для переписки:

Н.В. Севостьянов
Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
ул. Радио, д. 17, г. Москва 105005, Россия
e-mail: kolia-phone@mail.ru

Address for correspondence:

N.V. Sevostyanov
All-russian scientific research institute of aviation materials,
Radio Street, 17, Moscow 105005, Russia
e-mail: kolia-phone@mail.ru

Для цитирования:

Н.В. Севостьянов, А.Н. Большакова, Т.А. Болсуновская,
Н.П. Бурковская.
Триботехнические свойства металлокерамических материалов на
никелевой основе.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 5. — С. 518–525.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

For citation:

N.V. Sevostyanov, A.N. Bolshakova, T.A. Bolsunovskaya, and
N.P. Burkovskaya.
[Tribotechnical Properties of Nickel Based Cermet Materials].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 518–525 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

Tribotechnical Properties of Nickel Based Cermet Materials

N.V. Sevostyanov, A.N. Bolshakova, T.A. Bolsunovskaya, and N.P. Burkovskaya

All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials,
Radio Street, 17, Moscow 105005, Russia

Received 08.02.2021.

Revised 23.10.2021.

Accepted 25.10.2021.

Abstract

Traditional antifriction bearing materials based on bronze, steels, babites, cast iron do not meet the requirements of being designed modern aviation technology. Sintered cermet materials are considered promising for use in heavily loaded friction units in the manufacture of plain bearings. Cermet materials combine the hardness of ceramics, which provides high wear resistance and mechanical strength of metals. In this work, we investigated nickel matrix based cermet materials with 60 % reinforcement with a ceramic phase for various reinforcing filler materials — TiC, ZrO₂, SiC, AlN, MoSi₂, and Si₃N₄. A comprehensive study of the tribotechnical and mechanical properties of cermet materials synthesized by the method of spark plasma sintering with various ceramic fillers made it possible to establish the optimal characteristics for use as an antifriction material in plain bearing units. Tribotechnical tests of cermet materials in a pair of friction with steel 95X18 showed a decrease in dependence and the smallest values of wear and friction coefficient in terms of the load and sliding speed for materials with TiC and ZrO₂ as fillers. The results of physical and mechanical tests of the materials are also given, including impact strength, density, bending strength and microhardness. The best tribotechnical properties of the studied ones were shown by Ni–ZrO₂ system cermet, at the same time its application in friction units is limited by low values of impact toughness and bending strength. The Ni–TiC system cermets is characterized by the optimal combination of the friction coefficient low values and wear among the studied samples, as well as high impact toughness, bending strength and microhardness for use as an antifriction material in friction units.

Keywords: metal-ceramics, cermets, friction coefficient, wear, hardness, impact toughness.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

Адрес для переписки:

Н.В. Севостьянов
Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных
материалов,
ул. Радио, д. 17, г. Москва 105005, Россия
e-mail: kolia-phone@mail.ru

Address for correspondence:

N.V. Sevostyanov
All-russian scientific research institute of aviation materials,
Radio Street, 17, Moscow 105005, Russia
e-mail: kolia-phone@mail.ru

Для цитирования:

Н.В. Севостьянов, А.Н. Большакова, Т.А. Болсуновская,
Н.П. Бурковская.
Триботехнические свойства металлокерамических материалов на
никелевой основе.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 5. — С. 518–525.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

For citation:

N.V. Sevostyanov, A.N. Bolshakova, T.A. Bolsunovskaya, and
N.P. Burkovskaya.
[Tribotechnical Properties of Nickel Based Cermet Materials].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 518–525 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-518-525

Список использованных

1. **Каблов Е.Н.** Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. — 2015, № 1 (34), 3—33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33
2. **Каблов Е.Н.** Материалы нового поколения — основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // *Интеллект и технологии*. — 2016, № 2 (14), 16—21
3. **Buznik V.M. and Kablov E.N.** Arctic Materials Science: Current State and Prospects // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. — 2017 (87), no. 5, 397—408
4. **Критский В.Ю., Зубко А.И.** Исследование возможности использования керамических авиационных подшипников скольжения нового поколения в конструкциях опор роторов газотурбинных двигателей // *Двигатель*. — 2013, № 3(87), 24—26
5. **Иванов Е.В.** Создание износостойких и антифрикционных материалов и покрытий для космического корабля «Буран» // *Авиационные материалы и технологии*. — 2013, № S-1, 142—151
6. **Соломенцева А.В., Фадеева В.М., Железина Г.Ф.** Антифрикционные органопластики для тяжело нагруженных узлов трения скольжения авиационных конструкций // *Авиационные материалы и технологии*. — 2016, № 2, 30—34. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-2-30-34
7. **Фарафонов Д.П., Мигунов В.П., Алешина Р.Ш.** Исследование триботехнических характеристик материалов, применяемых для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток турбин ГТД // *Авиационные материалы и технологии*. — 2016, № S1 (43), 24—30. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-S1-24-30
8. **Кулагина Г.С., Коробова А.В., Зуев С.В., Железина Г.Ф.** Исследование трибологических свойств органопластиков на основе тканого армирующего наполнителя // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-техн. журн.* — 2016, № 11, Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 9.01.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-11-6-6
9. **Шатт В.** Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы. — М.: Металлургия. — 1999
10. **Кислый П.С., Боднарук Н.И., Боровикова М.С. и др.** Керметы. — Киев: Наукова думка. — 1985
11. **Сорокин О.Ю., Солнцев С.Ст., Евдокимов С.А., Осин И.В.** Метод гибридного искрового плазменного спекания: принцип, возможности, перспективы применения // *Авиационные материалы и технологии*. — 2014, № S6, 11—16.

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-s6-11-16

12. **Гращенко Д.В., Ефимочкин И.Ю., Черепанин Р.Н.** Высоконаполненные металлические композиционные материалы на интерметаллидной матрице с карбидным и оксидным упрочнением // *Конструкции из композиционных материалов*. — 2015, № 2 (138), 23—26
13. **ГОСТ 9450-76 — Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.** Введ. 01.01.1977. — М.: Издательство стандартов. — 1978
14. **Вейнберг Ф.** Приборы и методы физического металловедения. — М.: Мир. — 1973, Вып. 1
15. **ASTM G99-05 (Reapproved 2010) Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus**
16. **Куксенова Л.И., Лаптева В.Г., Колмаков А.Г., Рыбакова Л.М.** Методы испытания на трение и износ. — М.: Интермет Инжиниринг. — 2001

References

1. **Kablov E.N.** Innovacionnye razrabotki FGUP «VIAM» GNC RF po realizacii «Strategicheskikh napravlenij razvitiya materialov i tekhnologij ih pererabotki na period do 2030 goda» // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. — 2015, № 1 (34), 3—33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33 (in Russian)
2. **Kablov E.N.** Materialy novogo pokoleniya — osnova innovacij, tekhnologicheskogo liderstva i nacional'noj bezopasnosti Rossii // *Intellect i tekhnologii*. — 2016, № 2 (14), 16—21 (in Russian)
3. **Buznik V.M. and Kablov E.N.** Arctic Materials Science: Current State and Prospects // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. — 2017 (87), no. 5, 397—408
4. **Kritskij V.Yu., Zubko A.I.** Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya keramicheskikh aviacionnyh podshipnikov skol'zheniya novogo pokoleniya v konstrukciyah opor rotorov gazoturbinnih dvigatelej // *Dvigatel'*. — 2013, № 3(87), 24—26 (in Russian)
5. **Ivanov E.V.** Sozdanie iznosostojkih i antifrikcionnyh materialov i pokrytij dlya kosmicheskogo korablya «Buran» // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. — 2013, № S-1, 142—151 (in Russian)
6. **Solomenceva A.V., Fadeeva V.M., Zhelezina G.F.** Antifrikcionnye organoplastiki dlya tyazhelonagruzennyh uzlov treniya skol'zheniya aviacionnyh konstrukcij // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. — 2016, № 2, 30—34. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-2-30-34 (in Russian)
7. **Farafonov D.P., Migunov V.P., Aleshina R.SH.** Issledovanie tribotekhnicheskikh harakteristik materialov, primenyaemyh dlya uprochneniya bandazhnyh polok rabochih lopatok turbin GTD // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. — 2016, № S1 (43), 24—30. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-S1-24-30 (in Russian)

8. **Kulagina G.S., Korobova A.V., Zuev S.V., Zhelezina G.F.** Issledovanie tribologicheskikh svoystv organoplastikov na osnove tkanogo armiruyushchego napolnitelya // Trudy VIAM: elektron. nauch.-tekhn. Zhurn. — 2016, № 11, Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 9.01.2019). DOI:10.18577/2307-6046-2016-0-11-6-6 (in Russian)
9. **SHatt V.** Poroshkovaya metallurgiya. Spechennye i kompozicionnye materialy. — M.: Metallurgiya. — 1999 (in Russian)
10. **Kislyj P.S., Bodnaruk N.I., Borovikova M.S. i dr.** Kermety. — Kiev: Naukova dumka. — 1985 (in Russian)
11. **Sorokin O.Yu., Solncev S.St., Evdokimov S.A., Osin I.V.** Metod gibridnogo iskrovogo plazmennogo spekaniya: princip, vozmozhnosti, perspektivy primeneniya // Aviacionnye materialy i tekhnologii. — 2014, № S6, 11—16. DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-s6-11-16. (in Russian)
12. **Grashchenkov D.V., Efimochkin I.Yu., Cherepanin R.N.** Vysokonapolnennye metallicheskie kompozicionnye materialy na intermetallidnoj matrice s karbidnym i oksidnym uprochneniem // Konstrukcii iz kompozicionnykh materialov. — 2015, № 2 (138), 23—26 (in Russian)
13. **GOST 9450-76** — Izmerenie mikrotverdsti vdvavlivaniem almaznykh nakonechnikov. Vved. 01.01.1977. — M.: Izdatel'stvo standartov. — 1978
14. **Vejnberg F.** Pribory i metody fizicheskogo metallovedeniya. — M.: Mir. — 1973, Vyp. 1 (in Russian)
15. **ASTM G99–05 (Reapproved 2010) Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus**
16. **Kuksenova L.I., Lapteva V.G., Kolmakov A.G., Rybakova L.M.** Metody ispytaniya na trenie i iznos. — M.: Internet Inzhiniring. — 2001 (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