

УДК 629.4-592

Конструкция дискового тормоза с углеродными фрикционными материалами

Ю.И. Осенин¹, Д.С. Кривошея¹, Ю.Ю. Осенин¹, А.В. Чесноков²

¹Бердянский университет менеджмента и бизнеса,
ул. Свободы, 117а, г. Бердянск 71118, Украина

²Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет» имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова»,
ул. Гагарина, 42, г. Королев 141070, Московская область, Россия

Поступила в редакцию 31.08.2022.

После доработки 19.02.2023.

Принята к публикации 21.02.2023.

Предложена конструкция узла трения дискового тормоза, содержащего углеродные фрикционные материалы (УФМ). Суть метода состоит в организации в дисковом тормозе двух узлов трения, с размещёнными в них материалами, имеющими различные фрикционные свойства. Два узла трения создаются путём разделения тормозного диска термоизолирующей перегородкой. В одном узле трения (узел трения А) размещаются УФМ, которые имеют низкий коэффициент трения в начальном температурном режиме и высокий коэффициент трения при температуре 300 °С и более. В другом узле трения размещаются автомобильная колодка (АК) и стальной диск (сталь 35ГС), коэффициент трения которых не зависит от температуры (узел трения В). Проведенный эксперимент подтвердил правомерность создания дискового тормоза на предложенном принципе. Эксперимент проведён на стенде, который моделирует взаимодействие дискового тормоза по нагрузочно-скоростным критериям. На стенде созданы условия для конструктивного разделения тормозной диска на два узла трения А и В. В качестве примера двух узлов трения были взяты узлы трения «УФМ — УФМ» (узел трения А) и «АК — сталь 35ГС», узел трения В. Экспериментальная характеристика коэффициента трения от температуры, полученная на стенде, применительно к узлам трения, содержащие фрикционные материалы «УФМ — УФМ» и «АК — сталь 35ГС» показала, что коэффициент трения дискового тормоза принимает высокие значения во всем диапазоне реализуемых температур при торможении. В статье предложена перспективная конструкция дискового тормоза с термоизолированными узлами трения. Конструкция состоит из двух тормозных дисков и центральной части, которая является термоизолирующей. Все части склеены между собой.

Ключевые слова: дисковый тормоз, углеродный фрикционный материал, тормозной диск, фрикционные материалы, узел трения, коэффициент трения, сила трения, температура трения, торможение.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

Адрес для переписки:

А.В. Чесноков

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет» имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова»,
ул. Гагарина, 42, г. Королев 141070, Московская область, Россия
e-mail: ec_ut@bk.ru

Address for correspondence:

A.V. Chesnokov

State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow region “Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A. A. Leonov”,
st. Gagarina, 42, Korolev 141070, Moscow Region, Russia
e-mail: ec_ut@bk.ru

Для цитирования:

Ю.И. Осенин, Д.С. Кривошея, Ю.Ю. Осенин, А.В. Чесноков.
Конструкция дискового тормоза с углеродными фрикционными материалами.

Трение и износ.

2023. – Т. 44, № 1. – С. 26–33.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

For citation:

Yu.I. Osenin, D.S. Krivosheya, Yu.Yu. Osenin, and A.V. Chesnokov.
[Disc Brake Design with Carbon Friction Material].

Trenie i Iznos.

2023, vol. 44, no. 1, pp. 26–33 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

Disc Brake Design with Carbon Friction Material

Yu.I. Osenin¹, D.S. Krivosheya¹, Yu.Yu. Osenin¹, and A.V. Chesnokov²

¹*Berdyansk University of Management and Business,
st. Svobody, 117a, Berdyansk 71118, Ukraine*

²*State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow region
“Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A. A. Leonov”,
st. Gagarina, 42, Korolev 141070, Moscow Region, Russia*

Received 31.08.2022.

Revised 19.02.2023.

Accepted 21.02.2023.

Abstract

The article suggests disc brake with carbon friction materials (CFM). The principle of the method is to create two friction units in the disc brake with materials placed in them that have different frictional properties. The two friction units are created by separating the brake disc with a thermally insulating screen. One friction unit (friction unit A) has CFMs installed having a low friction coefficient in the initial temperature mode and a high friction coefficient at a temperature of 300 °C or higher. The other friction unit has a premium-class car block (CB) and a steel disk (35GS steel), the friction coefficient of which does not depend on temperature (friction unit B). The experiment conducted justifies the creation of a disc brake based on the described principle. The experiment was carried out on a testing bench that simulates the interaction of the disc brake as per the load-speed criteria. The testing bench creates conditions for a constructive separation of the brake disc into two friction units A and B. As an example of two friction units were taken: “CFM — CFM” (friction unit A) and “CB — 35GS Steel” (friction unit B). The experimental performance of the friction coefficient versus temperature obtained on the testing bench in relation to friction units containing friction materials “CFM — CFM” and “CB — 35GS Steel” showed that the friction coefficient of the disc brake takes high values in the entire range of temperatures tested during braking. The article offers a promising design of a disc brake with thermally insulated friction units. The design consists of two brake discs and a central part which is thermally insulating. All parts are glued together.

Keywords: disc brake, carbon friction materials, brake disc, friction materials, friction unit, coefficient of friction, friction force, friction temperature, braking.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

Адрес для переписки:

А.В. Чесноков

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет» имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова», ул. Гагарина, 42, г. Королев 141070, Московская область, Россия
e-mail: ec_ut@bk.ru

Address for correspondence:

A.V. Chesnokov

State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow region “Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A. A. Leonov”, st. Gagarina, 42, Korolev 141070, Moscow Region, Russia
e-mail: ec_ut@bk.ru

Для цитирования:

Ю.И. Осенин, Д.С. Кривошея, Ю.Ю. Осенин, А.В. Чесноков.
Конструкция дискового тормоза с углеродными фрикционными материалами.

Трение и износ.

2023. – Т. 44, № 1. – С. 26–33.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

For citation:

Yu.I. Osenin, D.S. Krivosheya, Yu.Yu. Osenin, and A.V. Chesnokov.
[Disc Brake Design with Carbon Friction Material].

Trenie i Iznos.

2023, vol. 44, no. 1, pp. 26–33 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-26-33

Список использованных источников

1. **Нилов А.С., Кулик В.И., Гаршин А.П.** Анализ фрикционных материалов и технологий изготовления тормозных колодок для высоконагруженных тормозных систем с дисками из керамического композиционного материала // Научные исследования и разработки. — 2015, № 7, 57—68
2. **Chen J. and Gao F.** Temperature Field and Thermal Stress Analyses of High-Speed Train Brake Disc under Pad Variations // The Open Mechanical Engineering Journal. — 2015 (9), 371—378
3. **Гапанович В.А., Андреев А.А., Пегов Д.В. и др.** Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав: монография / под ред. В.А. Гапановича. — СПб.: НП-Принт. — 2014
4. **Воробьев А.А., Кулик В.И., Нилов А.С., Спирыгова М.А.** Перспективные технологии производства тормозных дисков из керамоматричных композитов на основе SiC-матрицы систем торможения высокоскоростного железнодорожного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2020 (17), № 2, 210—220. DOI 10.20295/1815-588X-2020-2-210-220
5. **Водяников Ю.Я., Сафронов А.Н., Шелейко Т.В.** Влияние температуры на коэффициент трения композиционной колодки // Вісник СНУ ім. В. Даля — Луганськ: СНУ ім. В. Даля. — 2012, № 5(176), Ч. 1, 50—55
6. **Opel T., Langhof N., and Krenkel W.** Development and Tribological Studies of a Novel Metal-Ceramic Hybrid Brake Disc // Int J Appl Ceram Technol. — 2022 (19), 62—74. DOI:10.111/ijac.13826
7. **Li G. and Yan Q.** Comparison of Friction and Wear behavior Between C/C, C/C- SiC and Metallic Composite Materials // Tribol Lett. — 2015 (60), no. 1
8. **Önen Deniz and Rodrig İlker.** A Heat Transfer Analysis on Formula 1 Brake Discs. — 2021
9. **Zhao D., Cui H., Liu J., Cheng H., Guo Q., Gao P., Li R., Li Q., and Hou W.** A High-Efficiency Technology for Manufacturing Aircraft Carbon Brake Discs with Stable Friction Performance // Coatings. — 2022 (12), no. 6), 768. <https://doi.org/10.3390/coatings12060768>.
10. **Мышкин Н.К., Горячева И.Г., Григорьев А.Я. [и др.]** Контактное взаимодействие в прецизионных трибосистемах // Трение и износ. — 2020 (41), № 3, 263—271
11. **Kindrachuk M., Volchenko D., Balitskii A., Abramek K.F., Volchenko M., Balitskii O., Skrypnyk V., Zhuravlev D., Yurchuk A. and Kolesnikov V.** Wear Resistance of Spark Ignition Engine Piston Rings in Hydrogen-Containing Environments. Energies. — 2021 (14), no. 16, 4801. DOI: 10.3390/en14164801
12. **Anil Babu Seelam, Nabil Ahmed Zakir Hussain and Sachidananda Hassan Krishanmurthy** Design and Analysis of Disc Brake System in High Speed Vehicles // Int. J. Simul. Multidisci. Des. Optim. — 2021 (12), 19. DOI: 10.1051/smdo/2021019
13. **Осенин Ю.И., Соснов И.И., Чесноков А.В., Антошкина Л.И., Осенин Ю.Ю.** Мультифрикционный узел трения и его влияние на характеристики дискового тормоза // Трение и износ. — 2019 (40), № 4, 374—379
14. **Дисковый тормоз:** патент Украины на полезную модель № 150103. Номер заявки u2021105230, Опубл. 30.12.2021. / Ю. Осенин, Д. Кривошея, Ю. Кривошея, Г. Осенина
15. **Кривошея Ю.В., Бугаенко В.В., Соснов И.И., Малахов О.В., Малахова В.В.** Стенд для исследования характеристик взаимодействия элементов трения дискового тормоза // Вестник РГУПС. — 2020, № 1, 83—88

References

1. **Nilov A.S., Kulik V.I., Garshin A.P.** Analiz frikcionnyh materialov i tekhnologij izgotovleniya tormoznyh kolodok dlya vysokonagruzhennyh tormoznyh sistem s diskami iz keramicheskogo kompozicionnogo materiala [Analysis of friction materials and manufacturing technologies for brake pads for highly loaded brake systems with ceramic composite discs] // Nauchnye issledovaniya i razrabotki. — 2015, № 7, 57—68 (in Russian)
2. **Chen J. and Gao F.** Temperature Field and Thermal Stress Analyses of High-Speed Train Brake Disc under Pad Variations // The Open Mechanical Engineering Journal. — 2015 (9), 371—378
3. **Gapanovich V.A., Andreev A.A., Pegov D.V. i dr.** Vysokoskorostnoj zheleznodorozhnyj podvizhnoj sostav [High-speed rail rolling stock]: monografiya / pod red. V. A. Gapanovicha. — SPb.: NP-Print. — 2014 (in Russian)
4. **Vorob'ev A.A., Kulik V.I., Nilov A.S., Spiryugova M.A.** Perspektivnye tekhnologii proizvodstva tormoznyh diskov iz keramomatrichnyh kompozitov na osnove SiC-matrycy sistem tormozheniya vysokoskorostnogo zheleznodorozhnogo transporta [Promising technologies for the production of brake discs from ceramic matrix composites based on the SiC matrix of braking systems for high-speed rail transport] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. — 2020 (17), № 2, 210—220. DOI 10.20295/1815-588X-2020-2-210—220 (in Russian)
5. **Vodyannikov Yu.Ya., Safronov A.N., Sheleiko T.V.** Vliyanie temperatury na koefficient treniya kompozicionnoj kolodki [Effect of Temperature on the Friction Coefficient of a Composite Pad] // Visnik SNU im. V. Dalya. — Lugans'k: SNU im. V. Dalya. — 2012, № 5(176), Ch. 1, 50—55 (in Russian)
6. **Opel T., Langhof N., and Krenkel W.** Development and Tribological Studies of a Novel Metal-Ceramic Hybrid Brake Disc // Int J Appl Ceram Technol. — 2022 (19), 62—74. DOI:10.111/ijac.13826.
7. **Li G. and Yan Q.** Comparison of Friction and Wear

- behavior Between C/C, C/C- SiC and Metallic Composite Materials // Tribol Lett. — 2015 (60), no 1.
8. **Önen, Deniz and Rodrig İlker.** A Heat Transfer Analysis on Formula 1 Brake Discs. — 2021
 9. **Zhao D., Cui H., Liu J., Cheng H., Guo Q., Gao P., Li R., Li Q., and Hou W.** A High-Efficiency Technology for Manufacturing Aircraft Carbon Brake Discs with Stable Friction Performance // Coatings. — 2022 (12), no. 6, 768. <https://doi.org/10.3390/coatings12060768>
 10. **Myshkin N.K., Goryacheva I.G., Grigoriev A.Y. et al.** Contact Interaction in Precision Tribosystems // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 3, 191—197. <https://doi.org/10.3103/S1068366620030113>
 11. **Kindrachuk M., Volchenko D., Balitskii A., Abramek K.F., Volchenko M., Balitskii O., Skrypnyk V., Zhuravlev D., Yurchuk A. and Kolesnikov V.** Wear Resistance of Spark Ignition Engine Piston Rings in Hydrogen-Containing Environments // Energies. — 2021 (14), no. 16, 4801. DOI: 10.3390/en14164801
 12. **Anil Babu Seelam, Nabil Ahmed Zakir Hussain and Sachidananda Hassan Krishanmurthy.** Design and Analysis of Disc Brake System in High Speed Vehicles // Int. J. Simul. Multidisci. Des. Optim. — 2021 (12), 19. DOI: 10.1051/smdo/2021019
 13. **Osenin Yu.I., Sosnov I.I., Chesnokov A.V., Antoshkina L.I., and Osenin Yu.Yu.** Friction Unit of a Disc Brake Based on a Combination of Friction Materials // Journal of Friction and Wear. — 2019 (40), no. 4, 193—196. DOI: 10.3103/S1068366619040093
 14. **Diskovyy tormoz. [disc brake]:** Patent Ukrainy na poleznuyu model' № 150103. Nomer zayavki u2021105230, Opubl. 30.12.2021. / Yu. Osenin, D. Krivosheya, Yu. Krivosheya, G. Osenina (in Ukrainian)
 15. **Krivosheya Yu.V., Bugaenko V.V., Sosnov I.I., Malahov O.V., Malahova V.V.** Stend dlya issledovaniya harakteristik vzaimodejstviya elementov treniya diskovogo tormoza [Stand for the study of the characteristics of the interaction of friction elements of the disc brake] // Vestnik RGUPS. — 2020, № 1, 83—88

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