

УДК 621.891, 531.43, 536

Тепловые (температурные) принципы совместимого трения

Памяти профессора Автандила Виссарионовича Чичинадзе

С.В. Федоров

Калининградский государственный технический университет,
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия

Поступила в редакцию 28.07.2021.

После доработки 17.04.2022.

Принята к публикации 18.04.2022.

В работе анализируется температурный эффект фрикционной подобласти в аспекте общего структурно-энергетического анализа закономерностей эволюции трущихся поверхностей. В соответствии с тепловой динамикой трения, коэффициент трения (и интенсивность износа) фрикционных пар — однозначные функции максимальной температуры поверхности трения, которая является интегральным фактором, отражающим обобщённо параметры процесса трения. В рамках предлагаемого метода трибоэргодинамики оценка коэффициента трения осуществляется по величине скрытой (потенциальной) энергии. Эта энергия однозначно и интегрально характеризует истинное структурное состояние элементарной трибосистемы. Общий структурно-энергетический анализ эволюции контакта трения показывает для начальной области совместимости условие равенства потенциальной и кинетической составляющих внутренней энергии приспособившегося объёма трения (элементарной трибосистемы). Поэтому величина коэффициента совместимого трения зависит не только от уровня накопленной потенциальной энергии, но и температуры объёма трения. Увеличение кинетической компоненты плотности внутренней энергии этого адаптивного объёма приводит к понижению структурной компоненты плотности внутренней энергии и это влияет на понижение коэффициента трения, то есть на понижение сопротивления трению. Стационарность равновесного состояния адаптивного объёма трения зависит от окружающих его тепловых (температурных) полей, что является практическим фактором управления фрикционных характеристик процесса трения.

Ключевые слова: трение, деформация, эволюция, совместимость, энергия, тепло, температуры трения, коэффициент трения, фрикционность, антифрикционность.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Адрес для переписки:

С.В. Федоров
Калининградский государственный технический университет,
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия
e-mail: fedorov@klgtu.ru

Для цитирования:

С.В. Федоров.
Тепловые (температурные) принципы совместимого трения.
Трение и износ.
2022. — Т. 43, № 2. — С. 210—220.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Address for correspondence:

S.V. Fedorov
Kaliningrad State Technical University,
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia
e-mail: fedorov@klgtu.ru

For citation:

S.V. Fedorov.
[Thermal (Temperature) Principles of Compatible Friction].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 2, pp. 210–220 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Thermal (Temperature) Principles of Compatible Friction

S.V. Fedorov

Kaliningrad State Technical University,
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia

Received 28.07.2021.

Revised 17.04.2022.

Accepted 18.04.2022.

Abstract

In the article, the author analyzes the temperature effect of the frictionality subdomain and the principle of summing the friction temperatures in the aspect of the general structural-energy analysis of the laws of the evolution of the rubbing surfaces. In accordance with the thermal dynamics of friction, the coefficient of friction (and the intensity of wear) of friction pairs are unambiguous functions of the maximum temperature of the friction surface, which is an integral factor that generally reflects the parameters of the friction process. Within the framework of the proposed method of triboergodynamics, the coefficient of friction is estimated by the value of the latent (potential) energy. This energy uniquely and integrally characterizes the true structural state of an elementary tribosystem. The general structural-energy analysis of the evolution of the friction contact shows for the initial region of compatibility the condition of equality of the potential and kinetic components of the internal energy of the adapted friction volume (elementary tribosystem). Therefore, the value of the coefficient of compatible friction depends not only on the level of accumulated potential energy, but also on the temperature of the friction volume. An increase in the kinetic component of the internal energy density of this adaptive volume leads to a decrease in the structural component of the internal energy density and this affects a decrease in the coefficient of friction, i.e., to reduce the friction resistance. The stationarity of the equilibrium state of the adaptive friction volume depends on the thermal (temperature) fields surrounding it, which is a practical factor in controlling the frictional characteristics of the friction process.

Keywords: friction, deformation, evolution, compatibility, energy, heat of friction, friction temperatures, friction coefficient, frictionality, antifricition.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Адрес для переписки:

С.В. Федоров
Калининградский государственный технический университет,
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия
e-mail: fedorov@klgtu.ru

Для цитирования:

С.В. Федоров.
Тепловые (температурные) принципы совместимого трения.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 2. – С. 210–220.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Address for correspondence:

S.V. Fedorov
Kaliningrad State Technical University,
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia
e-mail: fedorov@klgtu.ru

For citation:

S.V. Fedorov.
[Thermal (Temperature) Principles of Compatible Friction].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 2, pp. 210–220 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-210-220

Список использованных источников

1. **Тепловая динамика трения** / под ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Наука. — 1973
2. **Решение задач тепловой динамики и моделирования трения и износа** / под ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Наука. — 1980
3. **Чичинадзе А.В., Матвеевский Р.М., Браун Э.Д.** Материалы в триботехнике нестационарных процессов. — М.: Наука. — 1986
4. **Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. и др.** Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. переработ. и доп. / под общей ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Машиностроение. — 2001
5. **Буше Н.А., Копытко В.В.** Совместимость трущихся поверхностей. — М.: Наука. — 1981
6. **Fedorov S.V.** Structural-Energy Interpretation of a Tribosystem // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 2, 117—123. © Allerton Press, Inc., 2021. DOI: 10.3103/S1068366621020033
7. **Фёдоров С.В.** Основы трибоэргодинамики и физико-химические предпосылки теории совместности. — Калининград: КГТУ. — 2003
8. **Поверхностная прочность материалов при трении** / под ред. Б.И. Костецкого. — Киев: Техніка. — 1976
9. **Fedorov S. and Assenova.** Synergy and Self-Organization in Tribosystem's Evolution. Energy Model of Friction // 9th Int. Conf. on Tribology (Balkantrib'17) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 2018, 295, 012028 doi:10.1088/1757-899X/295/1/012028
10. **Фёдоров В.В.** Термодинамические аспекты прочности и разрушения твёрдых тел. — Ташкент: ФАН. — 1979
11. **Федоров В.В., Панин В.Е., Ромашов Р.В., Хачатурьян С.В., Коршунов В.Я.** Явление структурно-энергетической аналогии процессов механического разрушения и плавления металлов и сплавов // В кн. «Синергетика и усталостное разрушение металлов» / под ред. В.С. Ивановой. — М.: Наука. — 1989
12. **Fedorov S.** Selforganized Nano-Quantum Solid Lubricant // Tribologist + Schmierungstechnik. — 2016 (63), nu. 3, 5—13

References

1. **Teplovaya dinamika treniya** / pod red. A.V. Chichinadze. — M.: Nauka. — 1973 (in Russian)
2. **Reshenie zadach teplovoj dinamiki i modelirovaniya treniya i iznosa** / pod red. A.V. Chichinadze. — M.: Nauka. — 1980 (in Russian)
3. **Chichinadze A.V., Matveevskij R.M., Braun E.D.** Materialy v tribotekhnike nestacionarnykh processov. — M.: Nauka. — 1986 (in Russian)
4. **Chichinadze A.V., Braun E.D., Bushe N.A. i dr.** Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka): Uchebnik dlya tekhnicheskikh vuzov. 2-e izd. pererabot. i dop. / pod obshchej red. A.V. Chichinadze. — M.: Mashinostroenie. — 2001 (in Russian)
5. **Bushe N.A., Kopytko V.V.** Sovmestimost' trushchihsya poverhnostej. — M.: Nauka. — 1981 (in Russian)
6. **Fedorov S.V.** Structural-Energy Interpretation of a Tribosystem // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 2, 117—123. © Allerton Press, Inc., 2021. DOI: 10.3103/S1068366621020033
7. **Fedorov S. V.** Fundamentals of Triboergodynamics and Physico-chemical Prerequisites of Compatibility Theory. — KGTU, Kaliningrad. — 2003 (in Russian)
8. **Poverhnostnaya prochnost' materialov pri trenii** / pod red. B.I. Kosteckogo. — Kiev: Tekhnika. — 1976 (in Russian)
9. **Fedorov S. and Assenova.** Synergy and Self-Organization in Tribosystem's Evolution. Energy Model of Friction // 9th Int. Conf. on Tribology (Balkantrib'17) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 2018, 295, 012028 doi:10.1088/1757-899X/295/1/012028
10. **Fedorov V. V.,** Thermodynamic aspects of strength and destruction of solids. — Tashkent: Publ. House "FAN". — 1979 (in Russian)
11. **Fedorov V.V., Panin V.E., Romashov R.V., Hachatur'yan S.V., Korshunov V.Ya.** Yavlenie strukturno-energeticheskoy analogii processov mehanicheskogo razrusheniya i plavleniya metallov i splavov // V kn. «Sinergetika i ustalostnoe razrushenie metallov» / pod red. V.S. Ivanovoj. — M.: Nauka. — 1989 (in Russian)
12. **Fedorov S.** Selforganized Nano-Quantum Solid Lubricant // Tribologist + Schmierungstechnik. — 2016 (63), nu. 3, 5—13

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