

УДК 539.3: 539.638: 539.621

К вопросу расчета контактных давлений в металлополимерных подшипниках скольжения при изнашивании

М.В. Чернец¹, А.А. Корниенко¹, М.И. Пашечко², Ю.М. Чернец¹, А.И. Духота¹

¹Национальный авиационный университет,
просп. Любомира Гузара, 1, г. Киев 03058, Украина

²Люблинский политехнический институт,
ул. Надбыстшицка, 38, г. Люблин 20-618, Польша

Поступила в редакцию 28.12.2020.

После доработки 20.10.2021.

Принята к публикации 25.10.2021.

Приведён метод расчёта гибридных (металлополимерных) подшипников скольжения на контактную прочность (несущую способность), в котором учитывается существенное отличие механических свойств материалов вала и втулки, в частности модулей Юнга (в 40—100 раз). Проведены численные исследования металлополимерных подшипников с втулкой из двух видов упрочнённых полимерных композитов — полиамида РА6, наполненного стекло (30 % GF)- и углеродными (30 % GF) дисперсными волокнами. Установлено, что для принятых расчётных данных максимальные контактные давления увеличиваются пропорционально корню квадратному от увеличения внешней нагрузки на подшипник независимо от радиального зазора и материала втулки; увеличение контактных давлений пропорционально увеличению радиального зазора в соединении; в подшипнике со втулкой из углекомпозита с более высоким модулем Юнга E_{CF} давления будут выше в среднем в $\sqrt{E_{CF} / E_{GF}}$ раз, чем со втулкой из стеклокомпозита с модулем E_{GF} . В результате сравнения результатов численного решения исследуемой задачи разработанным методом контактной механики с результатами решения по используемой в инженерной практике простейшей методике расчёта контактных давлений в подшипниках скольжения по критерию среднего давления показано, что данная простейшая методика является необоснованной, поскольку наблюдается существенное отличие (в 4,0—9,7 раза) усреднённых контактных давлений от максимальных давлений. Практическое значение разработанного метода состоит в том, что с его использованием возможно осуществить расчёт контактных и износоконтактных давлений при проектном расчёте МП подшипников скольжения в отличие от известных в литературе методов решения этой износоконтактной задачи.

Ключевые слова: металлополимерные подшипники скольжения, упрочнённый полиамид, метод расчёта, контактное давление (начальное и износное), область контакта, изнашивание.

DOI:10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

Адрес для переписки:

М.И. Пашечко
Люблинский политехнический институт,
ул. Надбыстшицка, 38, г. Люблин 20-618, Польша
e-mail: mpashechko@hotmail.com

Address for correspondence:

M.I. Pashechko
Lublin University of Technology,
Nadbystrzycka st., 38, Lublin 20-816, Poland
e-mail: mpashechko@hotmail.com

Для цитирования:

М.В. Чернец, А.А. Корниенко, М.И. Пашечко, Ю.М. Чернец, А.И. Духота.
К вопросу расчета контактных давлений в металлополимерных подшипниках скольжения при изнашивании.
Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 5. — С. 552—561.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

For citation:

M.V. Chernets, A.A. Kornienko, M.I. Pashechko, Yu.M. Chernets, and A.I. Dukhota.
[To the Question of Calculation of Contact Pressure in Metal-Polymer Plain Bearings During Wear].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 552—561 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

To the Question of Calculation of Contact Pressure in Metal-Polymer Plain Bearings During Wear

M.V. Chernets¹, A.A. Kornienko¹, M.I. Pashechko², Yu.M. Chernets¹, and A.I. Dukhota¹

¹National Aviation University,
Liubomyra Huzara Ave., 1, Kyiv 03058, Ukraine

²Lublin University of Technology,
Nadbystrzycka st., 38, Lublin 20-816, Poland

Received 28.12.2020.

Revised 20.10.2021.

Accepted 25.10.2021.

Abstract

A method for calculating hybrid (metal-polymer) plain bearings for contact strength (bearing capacity) is presented. The method takes into account a significant difference in the mechanical properties of the shaft and bushing materials, in particular, Young's moduli (by a factor of 40—100). Numerical studies of metal-polymer bearings with a bushing made of two types of polyamide PA6 based composites filled with glass (30 % GF) or carbon (30 % GF) dispersed fibers have been carried out. It was found that for the accepted calculated data, the maximum contact pressures increase in proportion to the square root of the increase in the external load on the bearing, regardless of the radial clearance and bushing material; an increase in contact pressures is proportional to an increase in the radial clearance in the joint; in a carbon composite bushing with a higher Young's modulus E_{CF} , the pressures will be $\sqrt{E_{CF} / E_{GF}}$ times higher on average than in a glass composite bushing with a modulus E_{CF} . Comparing the results of the numerical solution by the developed method of contact mechanics and the results of the solution according to the simplest technique used in engineering practice for calculating the contact pressures in plain bearings according to the criterion of average pressure, it is shown that this simplest technique is unreasonable, since there is a significant difference (4.0—9.7 times) between the average contact pressures and the maximum pressures. The practical significance of the developed method lies in the fact that with its use it is possible to calculate the contact and wear contact pressures in the design calculation of the metal-polymer plain bearings in contrast to the methods known in the literature for solving this wear-contact problem.

Keywords: metal-polymer plain bearings, reinforced polyamide, calculation method, contact pressure (initial and wear), contact area, wear.

DOI:10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

Адрес для переписки:

М.И. Пашечко
Люблинский политехнический институт,
ул. Надбыstryцька, 38, г. Люблин 20-618, Польша
e-mail: mpashechko@hotmail.com

Для цитирования:

М.В. Чернеч, А.А. Корниенко, М.И. Пашечко, Ю.М. Чернеч, и др.
К вопросу расчета контактных давлений в металлополимерных подшипниках скольжения при изнашивании.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 5. — С. 552—561.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

Address for correspondence:

M.I. Pashechko
Lublin University of Technology,
Nadbystrzycka st., 38, Lublin 20-816, Poland
e-mail: mpashechko@hotmail.com

For citation:

M.V. Chernets, A.A. Kornienko, M.I. Pashechko, Yu.M. Chernets, and A.I. Dukhota.
[To the Question of Calculation of Contact Pressure in Metal-Polymer Plain Bearings During Wear].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 552—561 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-552-561

Список использованных источников

1. Панасюк В.В., Теплий М.Й. Деякі контактні задачі теорії пружності. — Київ: Наукова думка. — 1975
2. Rezaei A., Ost W., Van Paepelgem W., De Baets P., and Degrieck J. Experimental Study and Numerical Simulation of the Large-Scale Testing of Polymeric Composite Journal Bearings: Three-Dimensional and Dynamic Modeling // Wear. — 2011 (270), 431—438
3. Rezaei A., Ost W., Van Paepelgem W., De Baets P., and Degrieck J. A Study on the Effect of the Clearance on the Contact Stresses and Kinematics of Polymeric Composite Journal Bearings under Reciprocating Sliding Conditions // Tribology International. — 2012 (48), 8—14
4. Кузьменко А.Г. Развитие методов контактной трибомеханики. — Хмельницкий: ХНУ. — 2010
5. Сорокатый Р.В. Моделирование поведения трибосистем методом // Трение и износ. — 2002 (23), № 1, 16—22
6. Сорокатый Р.В., Писаренко В.Г., Дыха М.А.А. Анализ особенностей формообразования поверхности износа подшипников скольжения при пекосе осей вала и втулки // Трение и износ. — 2013 (34), № 4, 362—370
7. Zwieżycki W. Prognozowanie niezawodności zużywających się elementów maszyn. — Radom: ITE. — 1999
8. Wielieba W. Bezobsługowe łożyska ślizgowe z polimerów termoplastycznych. — Wrocław: Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 2013.
9. Чернеч М.В., Шилько С.В., Пашечко М.И., Барщ М. Износостойкость стекло- и угленаполненных полиамидных композитов для металло-полимерных зубчатых передач // Трение и износ. — 2018 (39), № 5, 457—461
10. Chernets M. and Chernets Ju. Generalized Method for Calculating the Durability of Sliding Bearings with Technological Out-of-Roundness of Details // Proc. JMechE. Part J: Journal of Engineering Tribology. — 2015 (229), no. 2, 216—226
11. Chernets M. Evaluation of Contact Strength and Durability of Plain Bearings with Different of Shaft Lobing // Proc. JMechE. Part J: Journal of Engineering Tribology. — 2015 (229), no. 12, 1444—1454
12. Budynas R.G. and Nisbett J.K. Shigley's Mechanical Engineering Design. 11 ed. — New York: McGraw-Hill Science/Engineering/Math. — 2019
1. Panasiuk V.V., Teplyi M.I. Deiaki kontaktni zadachi teorii pruzhnosti. — Kyiv: Naukova dumka. — 1975 (in Ukrainian)
2. Rezaei A., Ost W., Van Paepelgem W., De Baets P., and Degrieck J. Experimental Study and Numerical Simulation of the Large-Scale Testing of Polymeric Composite Journal Bearings: Three-Dimensional and Dynamic Modeling // Wear. — 2011 (270), 431—438
3. Rezaei A., Ost W., Van Paepelgem W., De Baets P., and Degrieck J. A Study on the Effect of the Clearance on the Contact Stresses and Kinematics of Polymeric Composite Journal Bearings under Reciprocating Sliding Conditions // Tribology International. — 2012 (48), 8—14
4. Kuzmenko A.H. Razvyyte metodov kontaktnoi trybomekhanyky. — Khmelnytskyi: KhNU. — 2010 (in Russian)
5. Sorokatyi R.V. Modeling the behavior of Tribosystems Using the Method of Triboelements // Journal of Friction and Wear. — 2002 (23), no. 1, 12—18
6. Sorokatyi R.V., Pisarenko V.G., and Dykha M.A. Analysis of Wear Surface Geometry Formation in Plain Bearings with Misaligned Shaft and Bush Axes // Journal of Friction and Wear. — 2013 (34), no. 4, 274—280
7. Zwieżycki W. Prognozowanie niezawodności zużywających się elementów maszyn. — Radom: ITE. — 1999
8. Wielieba W. Bezobsługowe łożyska ślizgowe z polimerów termoplastycznych. — Wrocław: Wyd. Politechniki Wrocławskiej. — 2013
9. Chernets M.V., Shil'ko S.V., Pashechko M.I., and Barshch M. Wear Resistance of Glass- and Carbon-Filled Polyamide Composites for Metal-Polymer Gears // Journal of Friction and Wear. — 2018 (39), no. 5, 361—364
10. Chernets M. and Chernets Ju. Generalized Method for Calculating the Durability of Sliding Bearings with Technological Out-of-Roundness of Details // Proc. JMechE. Part J: Journal of Engineering Tribology. — 2015 (229), no. 2, 216—226
11. Chernets M. Evaluation of Contact Strength and Durability of Plain Bearings with Different of Shaft Lobing // Proc. JMechE. Part J: Journal of Engineering Tribology. — 2015 (229), no. 12, 1444—1454
12. Budynas R.G. and Nisbett J.K. Shigley's Mechanical Engineering Design. 11 ed. — New York: McGraw-Hill Science/Engineering/Math. — 2019

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Belarus. 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