

К.Г. ШУЧЕВ, И.А. ЗОРИЕВ, И.В. ОВЕЧКИН, М.С. ШЕВЦОВА, С.И. ИВАНОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ КОНТАКТИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРПОРОШКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Установлено оптимальное соотношение площадей полимера и металлокерамики в зоне трения для разработанной конструкции полимерпорошковых подшипников скольжения с комбинированной рабочей поверхностью, способной удерживать смазку в порах порошковой матрицы.

Ключевые слова: подшипник скольжения, полимерпорошковая поверхность.

Введение. Надежность, экономичность, а во многих случаях и габаритные размеры машин, зависят от конструкции опор трения, поэтому к подшипниковым узлам предъявляют повышенные требования, обусловленные увеличением частоты вращения, статических и динамических нагрузок, а также необходимостью значительного увеличения их ресурса.

Известны широко применяемые в различных машинах порошковые пористые подшипники скольжения, пропитанные жидкими смазочными материалами [1]. Эти подшипники работают в условиях самосмазывания, что обеспечивается выделением масла из пор в результате его терморасширения при нагреве в процессе трения.

К недостаткам подобных подшипников в пусковой период следует отнести образование прямого контакта стального вала с порошковой втулкой, так как подшипник еще не нагрелся, и затруднения в выделении смазочного материала из пор в связи с их перекрытием валом, испытывающим действие рабочих нагрузок. Перекрытие пор в период выбега и останова вала также является недостатком, так как затрудняет возврат смазочного материала в поры после его охлаждения. Это существенно увеличивает утечку масла.

Конструкция и технология изготовления подшипников. Перечисленные недостатки можно компенсировать полимерпорошковыми подшипниками скольжения с принципиально иной макроструктурой рабочей поверхности [2, 3]. Разработанные конструкции подшипников (рис. 1) имеют на рабочей поверхности порошковой матрицы полимерные вставки, выступающие на 5–8 мкм.

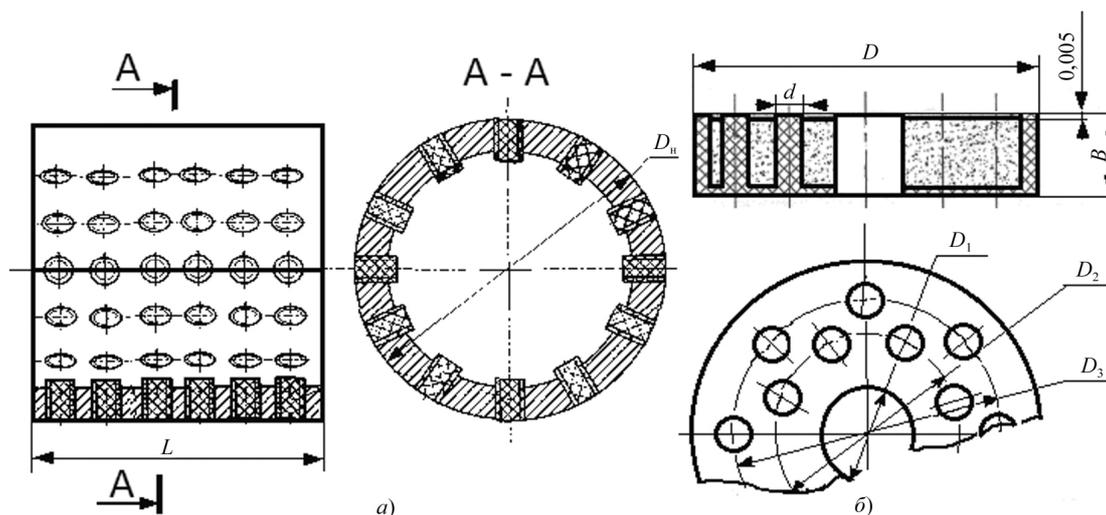


Рис. 1. Полимерпорошковые подшипники: а – радиальный; б – упорный; D – диаметр подшипника; d – диаметр полимерной вставки; D_1 – диаметр резервуара для запасов смазки; D_2 , D_3 – диаметры кольцевых рядов вставок; D_n – наружный диаметр радиального подшипника; B – ширина подшипника

Таким образом, рабочая поверхность подшипника является составной, а сам подшипник представляет собой макрокомпозит, в котором в порошковой матрице (ЖГр1, 5Д2, 5К0,8) закреплены полиамидные (П-6) вставки.

Технология изготовления порошковых заготовок подшипников включает стандартные операции: формование и спекание. Для радиальных подшипников таким способом изготавливают втулки, а для упорных – диски с центральным отверстием. Далее в порошковой матрице сверлят отверстия и нарезают резьбу. Заготовки подшипников устанавливают в литевную пресс-форму, и все отверстия одновременно заливают заподлицо термопластичным полимером. Затем рабочую поверхность подшипников обрабатывают поверхностным пластическим деформированием: радиальные подшипники – дорнованием [4], упорные – выглаживанием [5]. Дорнование выполняется с относительными натягами 0,0010–0,0015, а выглаживание с нормальным усилием 1,2–2,0 кН. В обоих случаях пористая матрица, уплотняясь, деформируется пластически, а полиамидные вставки испытывают стесненную упругую деформацию. В результате на рабочей поверхности подшипников образуются полимерные выступы требуемой высоты. Готовые подшипники пропитывают жидким смазочным материалом (Тп-22С) на специальной установке.

Методика. Экспериментальные исследования оптимальной макроструктуры поверхности полимерпорошковых упорных подшипников выполняли на машине трения модели Т-11, а радиальных – на специальном стенде (рис. 2).



Рис. 2. Испытательный стенд для радиальных подшипников

Стенд смонтирован на токарно-винторезном станке модели Е400-1000. С его помощью можно определять температуру поверхности контакта (термопара ХК), силу трения (пьезоэлектрический датчик PZT-5) и ресурс подшипника.

Машина трения позволяет выводить на дисплей компьютера, сохранять и распечатывать протоколы испытаний с информацией о силе трения, температуре в зоне контакта и толщине смазочной пленки.

Примеры образцов исследуемых полимерпорошковых подшипников представлены на рис. 3.

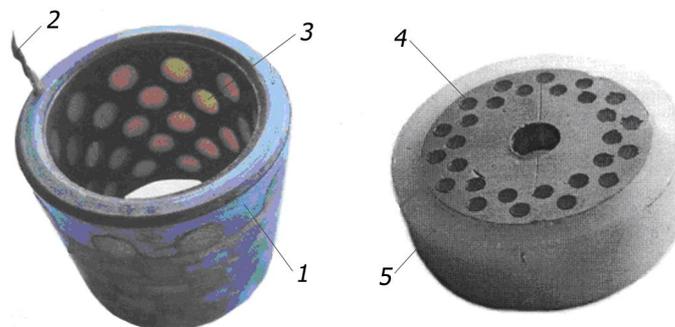


Рис. 3. Экспериментальные образцы подшипников:
1, 5 – порошковая матрица; 2 – термопара; 3, 4 – полимерные вставки

Все экспериментальные исследования реализовывались по полнофакторным 2-уровневым рототабельным линейным и квадратичным экспериментальным планам, а их результаты статистически обрабатывались.

Результаты исследований. Основное влияние на ресурс подшипников оказывают условия контактирования, определяемые, в первую очередь, соотношением на рабочей поверхности площадей полимера и порошковой матрицы. Это соотношение оценивается коэффициентом топологии, определяемым выражением

$$K = S_n/S, \quad (1)$$

где S_n и S – соответственно суммарная площадь полимерных вставок и площадь всего подшипника.

В качестве критерия оптимальности коэффициента топологии принимается минимальное значение силы или коэффициента трения.

Результаты экспериментальных исследований на машине трения позволили получить для упорных подшипников адекватную модель зависимости силы трения от коэффициента топологии и параметра нагружения в следующем виде:

$$F = 4,318 - 16,724K + 0,725(PV) + 16,05K^2 + 2,08K(PV), \quad (2)$$

где (PV) – параметр нагружения, МПа·м/с.

Для радиальных полимерпорошковых подшипников аналогичная регрессионная модель для коэффициента трения получена по результатам стендовых исследований:

$$f = 0,106 - 0,259K - 0,007\sigma + 0,266K^2 + 0,008K\sigma, \quad (3)$$

где σ – контактное напряжение, МПа.

Графическая интерпретация моделей зависимости (2) приведена на рис. 4.

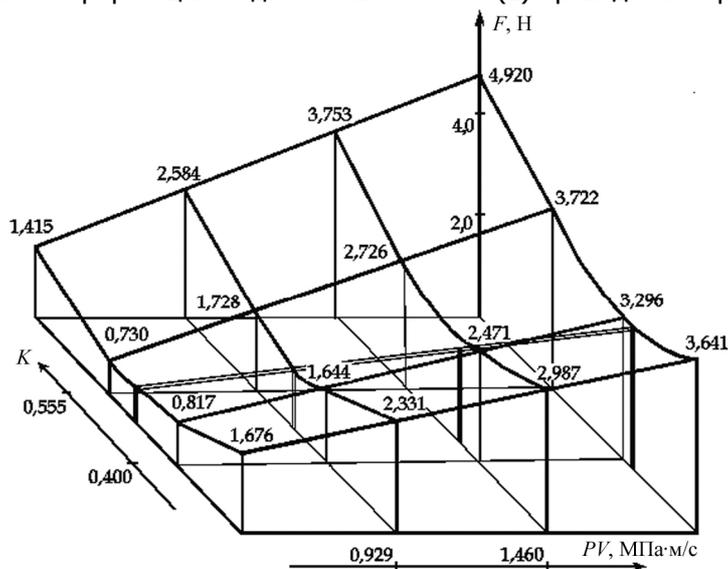


Рис. 4. Оптимум коэффициента топологии

Исследования на экстремум выражений (1) и (2) позволили получить зависимости оптимального значения коэффициента топологии от нагрузочных параметров:

– для упорных подшипников

$$K = [16,724 - 2,08(PV)]/32,114; \quad (4)$$

– для радиальных

$$K = [0,259 - 0,008(PV)]/0,533. \quad (5)$$

Расчеты показывают, что коэффициент топологии в исследованном диапазоне нагрузок для упорных подшипников находится в интервале 0,4–0,5, а для радиальных – в интервале 0,42–0,46 и изменяется аналогично в зависимости от нагрузки, уменьшаясь с ее ростом.

3. Полученное оптимальное значение коэффициента топологии обеспечивает повышенное выделение смазочного материала, стабильную толщину масляной пленки и низкое значение силы трения.

4. Промышленные испытания упорного полимерпорошкового подшипника подтвердили его высокие триботехнические характеристики и ресурс работы в режиме самосмазывания.

Библиографический список

1. Зозуля В.Д. Эксплуатационные свойства порошковых подшипников. / В.Д. Зозуля. – Киев: Наук. думка, 1989. – 288 с.

2. Пат. 87478 Российская Федерация, МПК F 16C 17/04. Упорный подшипник скольжения / С.Н. Шевцов, И.Б. Сайко, В.А. Кохановский, И.В. Овечкин. – № 2009122006/22 ; заявл. 08.06.09 ; опубл. 10.10.09 ; Бюл. № 28.

3. Пат. 83303 Российская Федерация, МПК F 16C 33/04. Подшипник скольжения / С.Н. Шевцов, И.Б. Сайко, М.Б. Флек, А.А. Клименко, В.В. Сибирский. – № 2008144976 ; заявл. 13.11.08 ; опубл. 27.05.09 ; Бюл. № 15.

4. Сайко И.Б. Повышение качества прессовой посадки подшипников скольжения из спеченных порошковых материалов / И.Б. Сайко, И.А. Зориев, С.Н. Шевцов // Изв. Волгогр. техн. ун-та. Сер.: Прогрессивные технологии в машиностроении. – Волгоград, 2006. – № 4(19). – С. 56.

5. Овечкин И.В. Конструкторско-технологическое обеспечение триботехнических характеристик металлополимерных упорных подшипников скольжения / И.В. Овечкин // Тр. I междунар. науч.-техн. конф. «Совершенствование существующих и создание новых технологий в машиностроении и авиастроении», 1–3 июня 2009 г. / ЮНЦ РАН – ОАО «Роствертол». – Ростов н/Д, 2009.

–
С. 235–244.

Материал поступил в редакцию 15.06.10.

References

1. Zozulya V.D. Ekspluatacionnye svoistva poroshkovyh podshipnikov. / V.D. Zozulya. – Kiev : Nauk. dumka, 1989. – 288 s. – in Russian.

2. Pat. 87478 Rossiiskaya Federaciya, MPK F 16S 17/04. Uporny podshipnik skol'jeniya / S.N. Shevcov, I.B. Saiko, V.A. Kohanovskii, I.V. Ovechkin. – № 2009122006/22; yayavl. 08.06.09; opubl. 10.10.09 ; Byul. № 28. – in Russian.

3. Pat. 83303 Rossiiskaya Federaciya, MPK F 16S 33/04. Podshipnik skol'jeniya / S.N. Shevcov, I.B. Saiko, M.B. Flek, A.A. Klimenko, V.V. Sibirskii. – № 2008144976 ; yayavl. 13.11.08 ; opubl. 27.05.09 ; Byul. № 15. – in Russian.

4. Saiko I.B. Povyshenie kachestva pressovoi posadki podshipnikov skol'jeniya iz spechennyh poroshkovyh materialov / I.B. Saiko, I.A. Zoriev, S.N. Shevcov // Izv. Volgogr. tehn. un-ta. Ser.: Progressivnye tehnologii v mashinostroenii. – Volgograd, 2006. – № 4(19). – S. 56. – in Russian.

5. Ovechkin I.V. Konstruktorsko-tehnologicheskoe obespechenie tribotekhnicheskikh harakteristik metallopolimernyh upornyh podshipnikov skol'jeniya / I.V. Ovechkin // Tr. I mejdunar. nauch.-tehn. konf. «Sovershenstvovanie suschestvuyuschih i sozdanie novyh tehnologii v mashinostroenii i aviastroenii», 1–3 iyunya 2009 g. / YuNC RAN – OAO «Rostvertol». – Rostov n/D, 2009. – S. 235–244. – in Russian.

K.G. SHUCHEV, I.A. ZORIYEV, I.V. OVECHKIN, M.S. SHEVTSOVA, S.I. IVANOV

OPTIMIZATION OF THE POLYMER-POWDERED BEARINGS CONTACTING CONDITIONS

Optimal correlation between polymer and metal-ceramic areas in the friction zone is established for the developed construction of polymer-powdered bearings with a combined working surface that can hold the grease contained in the metal matrix pores.

Key words: friction bearing, polymer-powdered surface.

ШУЧЕВ Константин Григорьевич (р. 1953), профессор кафедры «Инструментальное производство» Донского государственного технического университета (2008), кандидат технических наук (1984). Окончил РИСХМ (1975).

Область научных интересов – трибология, теплофизика технологических систем, резание материалов.

Автор более 70 научных работ. Имеет 3 патента.

cgshuchev@rambler.ru

ЗОРИЕВ Илья Андреевич (р. 1983), соискатель на звание кандидата технических наук по специальности «Трение и износ в машинах» на кафедре «Авиастроение» Донского государственного технического университета. Окончил ДГТУ (2006).

Область научных интересов – трение и изнашивание порошковых и полимерных композитов.

Автор 9 научных работ. Имеет 12 патентов.

iluazoriana@mail.ru

ОВЕЧКИН Игорь Викторович (р. 1982), аспирант кафедры «Технология конструкционных материалов» Донского государственного технического университета. Окончил ДГТУ (2006).

Область научных интересов – трение и износ в машинах.

Автор 10 научных работ. Имеет 1 патент.

orbitalux@mail.ru

ШЕВЦОВА Мария Сергеевна, стажер-исследователь в Южном научном центре Российской академии наук. Окончила Южный федеральный университет (2009).

Область научных интересов – моделирование полимерных композитов различного типа связности.

Автор 6 научных работ.

mariamarcs@bk.ru

ИВАНОВ Сергей Иванович (р. 1959), и. о. зав. кафедрой «Технология и оборудование сварочного производства» Таганрогского филиала Донского государственного технического университета. Окончил ДГТУ (1996).

Область научных интересов – трение и износ в машинах.

Автор 5 научных работ.

interfriends@mail.ru

Konstantin G. Shuchev (1953), Professor of the Tool Production Department, Don State Technical University (2008). Candidate of Science in Engineering (1984). He graduated from Rostov Institute of Agricultural Engineering (1975).

Research interests – tribology, thermal process systems, material cutting technology.

Author of more than 70 scientific publications and 3 patents.

Ilya A. Zoriyev (1983), Ed.D. Candidate of the Aircraft Engineering Department, Don State Technical University. He graduated from DSTU (2006).

Research interests – powdered and polymeric composites friction and deterioration.

Author of 9 scientific publications and 12 patents.

iluazoriana@mail.ru

Igor V. Ovechkin (1982), Postgraduate student of the Structural Materials Technology Department, DSTU. He graduated from Don State Technical University (2006).

Research interests – machines friction and deterioration.

Author of 10 scientific publications and 1 patent.

orbitalux@mail.ru

Maria S. Shevtsova, Research Probationer, South Scientific Centre of Russian Academy of Science. She graduated from South Federal University (2009).

Research interests – polymeric composite materials modeling.

Author of 6 scientific publications.

mariamarcs@bk.ru

Sergey I. Ivanov (1959), Acting Head of the Welding Engineering Technology and Machinery Department, Taganrog branch of Don State Technical University. He graduated from DSTU (1996).

Research interests – machine friction and deterioration.

Author of 5 scientific publications.

interfriends@mail.ru