



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 68247

(13) A

(51) 7 F16C19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КУЛЬКОВИЙ ПІДШИПНИК КОЧЕННЯ

1

(21) 20031110780
(22) 28.11.2003
(24) 15.07.2004
(46) 15.07.2004, Бюл. № 7, 2004 р.
(72) Скочко Євген Вікторович
(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНО-
ЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(57) Кульковий підшипник кочення, що має два
кільця з доріжками кочення та кульки між ними, а
на кільцях, хоча б на одному, з боку, протилежного
доріжці кочення, виконана кільцева канавка моно-

2

тонного профілю з шириною, більшою ширини
доріжки кочення, яка сформувала поперечний пе-
реріз кільця як двоопорну балку, який
відрізняється тим, що найбільша товщина стінки
кільця між поверхнею кільцевої канавки і доріжкою
кочення виконана у напрямку нормалей, які про-
ходять через точки її дотику з кульками, а
профілем канавки разом з профілем доріжки ко-
чення утворено поперечний переріз кільця,
відповідний балці рівного опору згину.

Винахід відноситься до галузі машинобуду-
вання, а саме до деталей машин.

Найбільш близьким аналогом кулькового під-
шипника кочення, що заявляється, і вибраним як
прототип, є радіально-упорний кульковий підшип-
ник з нелінійним демпфером [1]. Він має зовнішнє і
внутрішнє кільця з кільцевими канавками на зов-
нішніх поверхнях, доріжки кочення та кульки між
ними. Найбільша глибина кільцевих канавок роз-
ташована в площині, яка проходить через точки
контакту кульок з доріжкою кочення кульок кільця,
а профіль канавки виконаний за кривою закону
Вейбулла:

$$y = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a} \right)^{b-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{a} \right)^b \right],$$

де:

x та y - координати кривої профілю;

a - позитивний характер закону, який
дорівнює половині ширини канавки;b - позитивний параметр, зменшений на оди-
ницю, прямо пропорційний зворотній величині кута
контакту кульок з доріжкою кочення кільця.

Вказана крива профілю канавки носить
монотонний характер (тобто вона не має різких
перегинів). Кожне кільце має по дві опірні поверх-
ні, розділені кільцевою канавкою, що створює ра-
зом з доріжкою кочення пружний елемент, котрий
під дією навантаження згинається в поперечному
перерізі кільця як двоопірна балка. Ефективність
деформування кільця зростає при збільшенні ши-

рини кільцевої канавки. На фіг.1 [1] показано, що
ширина кільцевої канавки виконана більшою, ніж
ширина доріжки кочення підшипника.

Загальними суттєвими ознаками відомого ви-
находу та кулькового підшипника кочення, що за-
являється, є два кільця з доріжками кочення та
кульки між ними, а на кільцях, хоча б на одному, з
боку, протилежного доріжці кочення, виконана кі-
льцева канавка монотонного профілю, з шириною,
більшою ширини доріжки кочення, яка сформува-
ла поперечний переріз кільця як двоопірну балку.

Але, на відміну від запропонованого винаходу,
в прототипі розглядається вказана двоопірна бал-
ка, як пружний плоский обмеженої ширини еле-
мент, деформування якого не пов'язане з дефор-
муванням всього кільця підшипника. А в дійсності,
деформація цієї пружної двоопірної балки - попе-
речного перерізу кільця, - що показана на фіг.2 [1]
у вигляді підняття країв перерізу (внаслідок тиску
кульки на доріжку кочення кільця), супроводжу-
ються ще й протилежною просторовою деформа-
цією - випинанням замкнених колових країв кілець
по обидва боки від виконаного перерізу (внаслідок
зберігання довжини периметру кільця). Але таке
випинання країв будь-якого з кілець неможливе
внаслідок напруженого монтажного з'єднання
підшипника з корпусом та валом. Наслідком не-
можливості супроводжуваних просторових дефор-
мацій кілець є примусове зниження вказаної де-
формації їх поперечного перерізу, тобто суттєве
підвищення жорсткості пружного елемента
підшипника.

(13) A

(11) 68247

(19) UA

Аналіз літератури показує, що при виготовленні кульок допустиме відхилення середнього діаметра за 60 ступенем точності кульок складає $\pm 30\text{мкм}$, непостійність одиничного діаметра - $1,5\text{мкм}$, відхилення від сферичної форми - $1,5\text{мкм}$ [2, с.5, табл.2]. Допустиме відхилення при виготовленні кілець кулькових підшипників, наприклад, типів 306 та 326 за четвертим класом точності складає для форми і діаметра доріжок кочення по $6-10\text{мкм}$, для трьох видів биття - по $3-7\text{мкм}$ [3, с.162-163, табл.9, 10]. Враховуючи безперервний рух кульок по доріжкам кочення підшипника, випадковість миттєвого "поєднання" певних локальних розмірів кілець і кульок, можна стверджувати, що для вирівнювання навантаження на окремі кульки підшипника необхідна величина деформації пружних елементів кілець повинна складати величину $0,01...0,06\text{мм}$.

Зважаючи на високу жорсткість як самого пружного елемента (з шириною канавки) кільця підшипника за прототипом, так і значну монтажну жорсткість колових країв кілець, а також високу жорсткість з'єднання пружного елемента з цими коловими краями, можна зробити висновок про недостатність локального деформування кілець і неможливість вирівнювання навантаження на окремі кульки відомого підшипника. Тобто, негативний вплив неточності виготовлення кульок і кілець підшипника на його роботу не може бути скомпенсованим пружними властивостями кілець відомого технічного рішення. Це не дає змогу повністю використати несучу здатність всіх кульок, збільшити їх робочу кількість. Таким чином, недовісок підшипника-прототипу, є невисока несуча здатність, тобто обмежені статична і динамічна вантажності.

Метою запропонованого винаходу є підвищення несучої здатності кулькового підшипника кочення, тобто збільшення його статичної та динамічної вантажностей.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення кулькового підшипника кочення при обмеженій точності виготовлення форми і розмірів кульок та доріжок кочення кілець, в якому шляхом зниження жорсткості штучних пружних елементів кілець досягається наближення розподілу навантаження окремих кульок до розрахункових значень. За рахунок цього забезпечується підвищення кількості робочих кульок, які знаходяться в дузі контакту, і, в результаті, зростає несуча здатність кулькового підшипника кочення, збільшується його статична та динамічна вантажності.

Поставлена задача вирішується тим, що в кульковому підшипнику кочення, що має два кільця з доріжками кочення та кульки між ними, а на кільцях, хоча б на одному, з боку, протилежного доріжці кочення, виконана кільцева канавка монотонного профілю з шириною, більшою ширини доріжки кочення, яка сформувала поперечний переріз кільця як двоопірну балку, виконані нові суттєві ознаки. Згідно з винаходом, найбільша товщина стінки кільця між поверхнею кільцевої канавки і доріжкою кочення виконана у напрямку нормалей, які проходять через точки її дотику з кульками, а профілем канавки разом з профілем доріжки ко-

чення створено поперечний переріз кільця, відповідний балці рівного опору згину.

Запропонована конструкція кулькового підшипника кочення забезпечує збільшення локальної деформації пружних елементів його кілець як за рахунок структурного (конструктивного) послаблення жорсткості самого пружного елемента шляхом виконання його у вигляді балки рівного опору згину [4, с.273, 287], так і за рахунок послаблення зв'язків пружного елемента з краями кілець, що дозволяє суттєво зменшити деформування цих країв. Така двоопірна балка рівного опору згину деформується практично по всій довжині, на відміну від балки поперечного перерізу кільця підшипника за прототипом, яка деформується в одній точці - посередині кільця. Сукупна дія двох вказаних ефектів дозволить, з одного боку, при локальному окружному деформуванні кілець знизити переважаність "більших" кульок, а, з другого боку, при взаємному наближенні кілець підключити до роботи "менші" кульки. Загалом це призведе до збільшення кількості робочих кульок і, як наслідок, до зростання статичної вантажності кулькового підшипника кочення. Вказана можливість локального деформування кілець дозволить знизити динамічне переважаність "більших" кульок підшипника, підвищити втому міцність та динамічну вантажність запропонованого підшипника кочення.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

- на фіг.1 - переріз кулькового підшипника кочення (радіальний тип);
- на фіг.2 - переріз кулькового підшипника кочення (радіально-упорний двоточковий тип);
- на фіг.3 - переріз кулькового підшипника кочення (радіально-упорний чотириточковий тип з розніжним зовнішнім кільцем);
- на фіг.4 - переріз кулькового підшипника кочення (радіально-упорний чотириточковий тип з розніжним внутрішнім кільцем);
- на фіг.5 - переріз кулькового підшипника кочення (упорний тип).

Кульковий підшипник кочення має кільця 1 та 2, з доріжками кочення 3 та 4 відповідно. Між доріжками кочення 3 та 4 кілець 1 та 2 встановлені кульки 5. На кільцях 1 та 2 (або на одному з них) з боку, протилежного доріжці кочення 3 та/або доріжці кочення 4 виконана кільцева канавка монотонного профілю 5 з шириною B , більшою ширини b доріжки кочення 3 (та/або 4).

Найбільша товщина стінки кільця підшипника кочення між поверхнею кільцевої канавки і доріжкою кочення виконана у напрямку нормалей, які проходять через точку (пляму) її дотику з кульками. Так в радіальному підшипнику кочення (фіг.1) кільцева канавка виконана на обох кільцях, а найбільша товщина стінки кілець виконана у напрямку нормалей до точок дотику з кульками, які лежать у середній площині, перпендикулярній осі підшипника кочення.

В радіально-упорному двоточковому (кожна кулька має по одному контакту з кільцями) підшипнику кочення кільцева канавка виконана на обох кільцях і має найбільшу товщину стінки на них, яка знаходиться на нормалях до точок дотику

з кульками, відхилених від радіальних ліній на кут α . Ці нормалі лежать на конічній поверхні з віссю, яка співпадає з віссю підшипника кочення (див. фіг.2).

В чотириточкових радіально-упорних підшипниках з аروحним профілем доріжок кочення, які мають рознімне зовнішнє (див. фіг.3) чи внутрішнє кільце (див. фіг.4) кільцева канавка створена тільки на нерознімних кільцях. Найбільша товщина стінки кільця виконана у напрямках сімейств двох нормалей, відхилених від радіусів на кут α у різні боки, що розташовані на двох конусах з загальною віссю, яка співпадає з віссю підшипника кочення (фіг.3 та 4).

В торцевому підшипнику кочення кільцеві канавки виконані на обох кільцях. Найбільша товщина стінки кільця виконана на нормалях до точок дотику з кульками, які лежать на циліндричній поверхні обертання з віссю, яка співпадає з віссю упорного підшипника кочення (див. фіг. 5).

Профілем кільцевої канавки разом з профілем доріжки кочення на кільцях всіх вказаних типів підшипників кочення створено їх поперечні перерізи, відповідні балці рівного опору згину, тобто від найбільшої товщини стінки кільця (на нормалях до точки дотику з кульками) по обидва боки товщина стінки зменшується. Це дає змогу зменшити загальну жорсткість створеного таким чином пружного елемента на кільцях підшипників кочення.

Якщо радіуси доріжок кочення кульок на підшипниках обираються рівними $R = 0,515 \cdot d_k$, де d_k - діаметр кульок [5, с.229-231], то, наприклад, дугові профілі кільцевих канавок можуть бути виконаними з меншими радіусами $R_k = (0,2...0,5) \cdot d_k$. Радіуси галтелей кільцевих канавок можуть мати значення $r = (0,01...0,06) \cdot d_k$. Ширина кільцевої канавки може бути виконаною рівною $V_{к.к.} = (1,1...1,5) \cdot b_{д.к.}$, де $b_{д.к.}$ - ширина доріжки кочення.

Кульковий підшипник кочення працює таким чином.

Внаслідок виготовлення на кільцях кулькового підшипника кочення кільцевих канавок, коли профілем канавки разом з профілем доріжки кочення створено поперечний переріз кільця, відповідний балці рівного опору згину, при його роботі відбувається ефективно локальне деформування кільця в

місці миттєвого співпадання найбільших розмірів кульок і доріжок кочення кільцець.

Так максимальний прогин балки рівного опору згину в півтора рази більше прогину балки постійного перерізу [4, с.273, знизу]. Відносно деформації кільцець підшипника за прототипом, внаслідок значно більшої жорсткості балки поперечного перерізу кільця з найменшою його товщиною в точці дотику з кульками, локальний прогин кільця запропонованого кулькового підшипника кочення буде більшим в 2-3 рази і вище.

Внаслідок взаємного наближення кільцець [5] при їх деформуванні навпроти "більших" кульок до робочого контакту будуть підключатись "менші" кульки, робота яких підвищить кількість робочих контактів, створить більш рівномірне навантаження на кульки, що загалом призведе до підвищення несучої здатності, тобто збільшення статичної та динамічної вантажностей кулькового підшипника кочення.

В кульковому підшипнику кочення, який має лише одне кільце з вказаною кільцевою канавкою (фіг.3 та 4), можливо отримати підвищення статичної вантажності в 1,3...1,6 рази, динамічної вантажності - до 1,1...1,4 рази. В кульковому підшипнику кочення, що має два кільця з кільцевими канавками, можливе підвищення статичної вантажності в 1,5...1,8 разів. В упорному кульковому підшипнику кочення (фіг.5) можливе підвищення статичної вантажності до двох разів.

Джерела інформації

1. А. с. СССР №961023, МКИ 4 F16C19/00. Радиально-упорный шарикоподшипник с нелинейным демпфером / Г.В. Морозов, В.Г. Баранов, В.Г. Иванов, А.М. Барышников, О.М. Домашев. - №2079265/02; Заявл. 29.11.74; Опубл. 05.06.77, Бюл. №21.

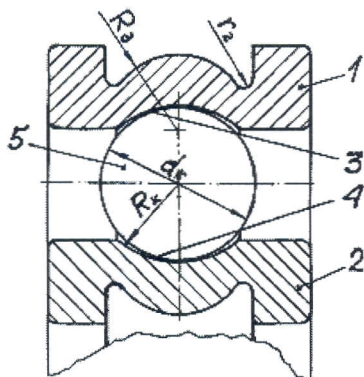
2. ГОСТ 3722-81. Шарикоподшипники качения. Технические условия.

3. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчёт, проектирование и обслуживание опор: Справочник. -М.: Машиностроение, 1983. -543с.

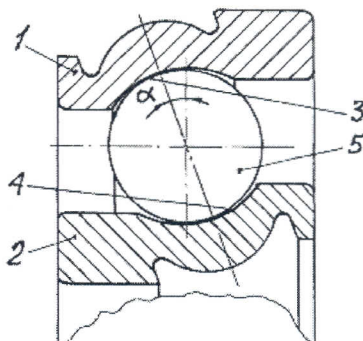
4. Справочник по сопротивлению материалов. / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Отв. ред. Писаренко Г.С. - 2-е изд. - К.: Наукова думка, 1988. -736с.

5. Пинегин С.В. Трение качения в машинах и приборах. - М.: Машиностроение, 1976. -262с.

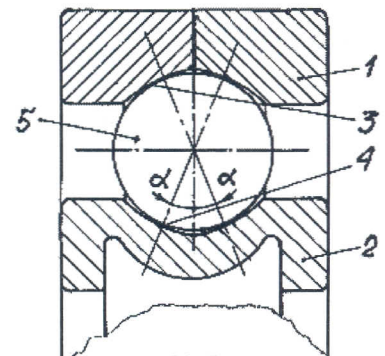
6. Ковалев М.П., Народецкий М.З. Расчёт высокоточных шарикоподшипников. М.: Машино



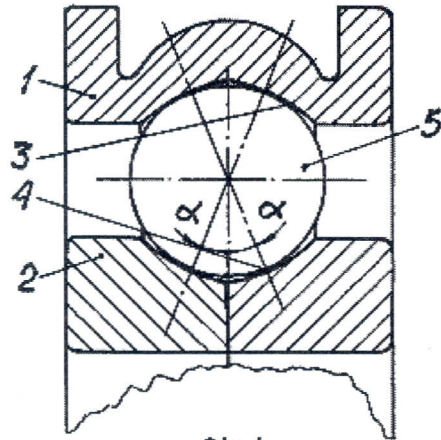
Фиг. 1



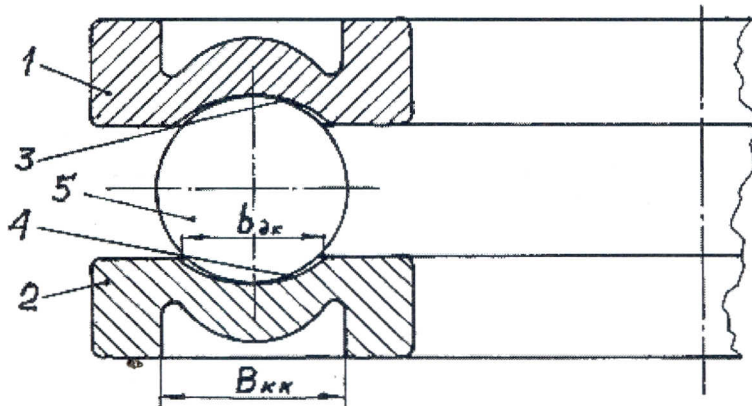
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5