



УКРАЇНА

(19) UA (11) 71415 (13) A

(51) 7 F16C19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ДОРІЖКА КОЧЕННЯ КІЛЬЦЯ УПОРНОГО КУЛЬКОВОГО ПІДШИПНИКА

1

2

(21) 20031212835

(22) 29.12.2003

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Скочко Євген Вікторович

(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛО-
ГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ(57) Застосування арочного профілю жолоба як
доріжки кочення кільця упорного кулькового під-
шипника.

Винахід відноситься до машинобудування, до деталей машин, а саме до упорних кулькових підшипників.

Відоме ефективне використання спеціальних доріжок кочення кілець підшипників зі збільшеною кількістю контактів з кульками. Таку кількість контактів кульок забезпечують доріжки кочення кілець кулькових радіально-упорних підшипників типів 116000, 176000, та 1176000 [1]. Ці підшипники мають кільця з арочним профілем жолоба - доріжки кочення для кульок, що забезпечує чотири- або триточковий контакт кожної з кульок з двома їх кільцями. У радіальних підшипників зі звичайним двоточковим контактом (по одному контакту кульки з кожним з кілець) [2] це забезпечує підвищення статичної вантажності в 1,3-1,8 разів та збільшення найвищої частоти обертання в 1,1-1,3 рази.

В стандартних упорних кулькових підшипниках [3] на кільцях виконані жолоби - звичайні дугові доріжки кочення з радіусом дещо більшим радіуса кульок. В цих підшипниках радіус дуги жолоба обирається рівним $R_{ж} \approx 0,515 \cdot d_k$, де d_k - діаметр кульки [4, с.230-231]. Таке значення радіуса жолоба - доріжки кочення кільця є задовільним компромісом між забезпеченням достатньо великої площі дотику з кулькою (а значить, і малою величиною тиску) та отриманням переважності тертя кочення над тертям різнонаправленого ковзання по краях плями контакту з кулькою. Подібні характеристики доріжок кочення використовуються і на радіальних підшипниках [2].

Але на відміну від них, робота упорних кулькових підшипників характеризується меншою базовою динамічною вантажністю та значно меншою

базовою статичною вантажністю в перерахунку на одну кульку. Це пояснюється негативною дією відцентрових сил при обертанні кульок працюючого упорного підшипника, які викликають зростання радіусів та розсіювання траєкторій кочення кульок. Перше явище призводить до різкого збільшення навантаження на деякі з кульок (внаслідок зменшення відстані між збіжними схилами жолобів - доріжок кочення двох кілець) та зростання їх тертя з сепаратором, друге - до зменшення робочої кількості кульок (тобто деякі з кульок, які залишились на старій траєкторії руху, внаслідок "розтиску" кілець втратили контакт з одним з них), що викликає зменшення несучої здатності підшипника.

Арочні профілі жолобів кілець як доріжки кочення кульок упорних кулькових підшипників не використовуються. Це пояснюється складністю проблеми: протилежністю умов та вимог для досягнення ефективних рішень за різними критеріями. Так для досягнення високої довговічності при значній вантажності підшипника треба намагатись збільшувати кількість контактів кожної з кульок з кільцями та збільшувати площу їх дотику, що призведе до зниження тиску в контактах. Але збільшення площі дотику викличе підвищення частки проковзування кульки на краях плями контакту, що знизить довговічність, підвищить втрати енергії та призведе до збільшення теплоутворення. Підвищення кількості контактів кожної з кульок з кільцями дозволяє зменшити величину тиску, але вплив відцентрової сили створює нерівномірний перерозподіл сил на окремих контактах і тисків на них, а також створює злом лінії тиску між кулькою і жолобами кілець [5, с.3-14].

(13) A

(11) 71415

(19) UA

Таким чином, недоліком відомої дугової доріжки кочення кілець стандартного упорного кулькового підшипника є мала площа дотику кілець з кульками та значна чутливість до дії відцентрової сили при роботі підшипника, що викликає обмеження його несучої здатності, максимальної частоти обертання та довговічності упорного підшипника.

Задачею винаходу є підвищення несучої здатності спеціальних кілець та й самого упорного кулькового підшипника, зростання його статичної та динамічної вантажностей, збільшення максимальної частоти обертання та підвищення строку служби упорного підшипника.

Поставлена задача вирішується тим, що в якості доріжки кочення кільця упорного кулькового підшипника вперше застосовується арочний профіль жолоба.

Запропонована арочна форма профілю жолоба доріжки кочення кільця підшипника викликає зростання кількості робочих контактів і площі дотику з кульками, що призводить до зменшення тиску в контактах та попереджає заклинювання кульок при роботі упорного підшипника. Арочний профіль жолоба як доріжки кочення кульок на кільцях дозволяє отримати підвищення несучої здатності та найбільшої частоти обертання упорного кулькового підшипника, а також підвищення строку його служби та зменшення тертя кульок з сепаратором та їх зношування.

Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

- на фіг.1 показаний поперечний переріз кільця з арочним профілем доріжки кочення кульок у складі упорного чотириточкового кулькового підшипника;

- на фіг.2 показаний поперечний переріз кільця з арочним профілем доріжки кочення кульок у складі упорного триточкового кулькового підшипника з сепаратором;

- на фіг.3 показаний поперечний переріз кільця з арочним профілем доріжки кочення кульок у складі упорного чотириточкового кулькового підшипника підвищеного опору дії відцентровим силам з сепаратором.

Запропонована доріжка кочення кульок на кільці 1 упорного кулькового підшипника виконана у вигляді арки, складеної із двох дуг кіл - зовнішньої 2 та внутрішньої 3. Вони характеризуються радіусами $R_{зов}$ та $R_{вн}$, а також протилежно нахиленими кутами контакту $\alpha_{зов}$ та $\alpha_{вн}$ з кульками 4. Друге кільце 5 упорного кулькового підшипника в залежності від загальної кількості контактів кульок може мати: арочну форму доріжки кочення кілець - для чотириточкового підшипника (див. фіг.1 та 3), звичайну дугову - для триточкового підшипника (див. фіг.2). До складу упорних підшипників, як правило, входить сепаратор 6.

Аналіз працездатності і ефективності роботи запропонованої доріжки кочення кілець 1 та 5 може бути виконаним лише через детальний аналіз конструкції та роботи упорного кулькового підшипника в цілому, до складу якого входить кільце (або кільця) з арочною формою доріжок кочення жолобів кілець, кульки 4 та сепаратор 6.

Відомо [5, с.183], що рух кочення кульок 4 супроводжується їх проковзуванням на краях зони

контакту з доріжками кочення кілець 1 та 5. Крім того, якщо кут контакту не дорівнює нулю, то рух кочення кульки додатково супроводжується вертінням навколо вісі, перпендикулярної до поверхні контакту. Тому для зменшення втрат енергії на вертіння кульок 4 величини кутів їх контакту в арочних профілях доріжок кочення жолобів кілець потрібно обмежувати.

При роботі підшипника на кульки також діють гіроскопічний момент та відцентрова сила.

Відомо [5, с.196, зверху], що гіроскопічний момент, який діє на кульку в осьовій площині, визначається:

$$M_i = 4,6 \cdot 10^{-9} \cdot D_{ш}^5 \cdot n_R \cdot n_m \cdot \sin \beta \text{ [кГс} \cdot \text{см]},$$

де $D_{ш}$ - діаметр кульки, см;

n_R - частота обертання кульки навколо власної осі, об/хв;

n_m - орбітальна частота обертання кульки (навколо осі підшипника), об/хв;

$\beta = (90 - \alpha)$ - кут контакту кульки з площиною, перпендикулярною осі обертання, град.

Згідно умови створення мінімального опору (протидії) гіроскопічному моменту, потрібно намагатись точки контакту розташовувати на кожному з кілець упорного підшипника на арочному профілі жолоба - доріжці кочення - наближено одна до одної, тобто з мінімальною різницею в радіусах положення двох точок контакту на дугах арки, ще й з малими кутами контакту, що особливо важливо для високошвидкісних підшипників (див. фіг.3).

У зв'язку з суттєвою дією відцентрових сил на кульки [5, с.230], яку можна розрахувати за формулою

$$F = 0,5725 \cdot d_m \cdot D_K^3 \left(1 - \frac{D_K}{d_m} \cdot \cos \alpha_0 \right)^2 \cdot n_B^2,$$

де: d_m - середній діаметр кола, який проходить через центри кульок, см;

D_K - діаметр кульок, см;

α_0 - номінальний кут контакту з площиною, перпендикулярною осі обертання, град;

n_B - частота обертання кульок, об/хв,

потрібно шукати шляхи протидії різкому зростанню тисків на контактах кульок з зовнішніми дугами арок доріжок кочення кілець. Таких шляхів власне три: зменшувати кут контакту кульки з зовнішньою дугою арки профілю доріжки кочення кільця (або кілець), зменшувати радіус цієї дуги арки, наближаючи його в бік величини радіуса кульки (що призведе до збільшення площі дотику кульки) та зменшувати діаметр кульки (що призведе до зменшення маси кульки).

Так за допомогою запропонованої доріжки кочення кульок арочної форми можна створити два кільця, а на їх основі - упорний кульковий підшипник з чотирма точками контакту кульок (див. фіг.1). Завдяки збільшеній вдвічі кількості точок дотику кульок та більшій площі дотику кожної з них, такий підшипник буде мати збільшену в 1, 4...2 рази у порівнянні зі стандартними упорними кульковими підшипниками [3] статичну вантажність при збільшеній на 5...8% максимальній частоті обертання. Цей упорний кульковий підшипник з арочним профілем доріжок кочення кілець повинен мати радіус

си дуг арки, що дорівнюють $R_{зоб}=R_{вн}=(0,508-0,512)D_k$, де D_k - діаметр кульок. Кути контакту кульок з лінією, паралельною осі обертання підшипника, треба обирати в діапазоні $\alpha_{зоб} = -\alpha_{вн} = 16-24^\circ$.

Також за допомогою запропонованої доріжки кочення кульок арочною профілю, виконаної лише на одному кільці, при стандартній формі другого кільця, але зі зменшеним радіусом дугової доріжки кочення, рівним $R=(0,510...0,514)D_k$, де D_k - діаметр кульки, можна створити триконтактний кульковий підшипник (див. фіг.2). Радіус зовнішньої дуги арки може бути обраним у вказаному діапазоні, а радіус внутрішньої дуги арки - рівним $R_{зоб}=(0,512...0,516)$. Кути контакту кульок з арочним профілем кільця повинні призначатись на рівні $\alpha_{зоб} = -\alpha_{вн} = 18...22^\circ$. Це дозволить підвищити статичну вантажність в 1,3...1,6 рази відносно стандартних упорних кулькових підшипників [3] та збільшити на 8...15% максимальну частоту обертання. За допомогою запропонованої арочної доріжки кочення кульок, виконаної на обох кільцях, може бути створено високошвидкісний упорний кульковий підшипник (див. фіг.3), який має підвищення максимальної частоти обертання відносно стандартних кулькових підшипників [3] в 1,2...1,3 рази та збільшення динамічної вантажності в 1,1...1,4 рази. Це стає можливим завдяки малим за значеннями і різним кутам контакту кульок: з внутрішньою дугою арки $\alpha_{вн} = 10...13^\circ$, з зовнішньою $\alpha_{зоб} = 14...17^\circ$, та радіусам дуг арки: внутрішньої $R_{вн}=(0,512...0,516) \cdot D_k$ та зовнішньої $R_{зоб}=(0,508...0,512) \cdot D_k$.

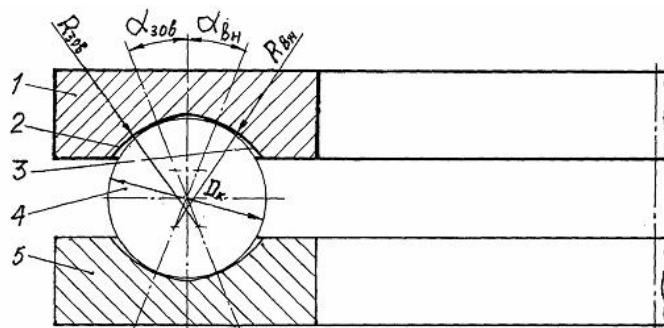
Робота запропонованої доріжки кочення кілець та й самого упорного кулькового підшипника відбувається наступним чином.

При обертанні навантаженого кулькового підшипника кульки створеною відцентровою силою притискаються в контакт до зовнішньої дуги арки доріжки кочення кілець. Це попереджує подальше радіальне віддалення кульок від осі підшипника (на відміну від прототипу - стандартного упорного підшипника) та породжуване ним заклинювання кульок і збільшення тертя з сепаратором. Одноча-

сно зменшується тиск кульки в контакт з внутрішньою дугою арки, що створює можливість деякого проковзування в цьому контакт у випадку накопичення кінематичного неузгодженого руху кочення. Такому проковзуванню сприяють похибки виготовлення та монтажу підшипника, а також наявність масляного шару змащеного підшипника. Наявність двох точок контакту на кільцях з арочним профілем доріжки кочення дозволяє отримати менший тиск, що означає зростання довговічності упорного підшипника та/або можливості підвищення його несучої здатності. Наближення значень радіусів дуг арки до величин радіусів кульок дозволяє збільшити площу дотику доріжки кочення кільця з кульками, що також призводить до зменшення тиску в контакт. Зменшення обох величин кутів контакту на арочних профілях доріжок кочення кілець упорних підшипників призводить до зменшення частки руху вертіння і знижує опір діючому гіроскопічному моменту, що викликає зниження величин тертя та нагрівання, яке в результаті призведе до підвищення довговічності та несучої здатності упорного кулькового підшипника та можливості отримання більшої максимальної частоти обертання.

Джерела інформації

- ГОСТ 8995-75. Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные с одним разъемным кольцом. -В кн. "Подшипники качения". Часть 2. -М.: Изд. стандартов, 1989. -С.154-165.
- ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. -В кн. "Подшипники качения". Часть 1. -М.: Изд-во стандартов, 1989. -С.422-438.
- ГОСТ 6874-75. Подшипники шариковые упорные однорядные. -В кн. "Подшипники качения". -Часть 2. -М.: Изд. стандартов, 1989. -С.335-350.
- Пинегин С.В. Трение качения в машинах и приборах. -М.: Машиностроение, 1976. -С.229-231.
- Ковалев М.П., Народецкий М.З. Расчет высокоточных шарикоподшипников. -М.: Машиностроение 1980. -373с.



Фиг. 1

