



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 253 655 A1

4(51) F 16 C 27/04

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP F 16 C / 290 310 1	(22)	16.05.86	(44)	27.01.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Ingenieurschule für Maschinenbau und Elektrotechnik Berlin, Marktstraße 9, Berlin, 1134, DD
(72)	Fuhrmann, Erich, Dr.-Ing.; Jankowski, Bernhard, Dr.-Ing., DD

(54)	Federndes Wälzlager mit spezieller Wälzkörpergestaltung
------	---

(57) Federndes Wälzlager mit spezieller Wälzkörpergestaltung, welches insbesondere bei statisch unbestimmter Lagerung angewendet wird, oder wenn harte Stöße schadensfrei zu überstehen sind, oder wenn es auf Spielfreiheit ankommt, oder um biegekritische Drehzahlen herabzusetzen. Der Wälzkörper ist dadurch gekennzeichnet, daß er in der Umgebung seiner Rotationsachse materialfrei ist und so zur Formfeder wird. Fig. 3 stellt einen Wälzkörper dar. Fig. 3

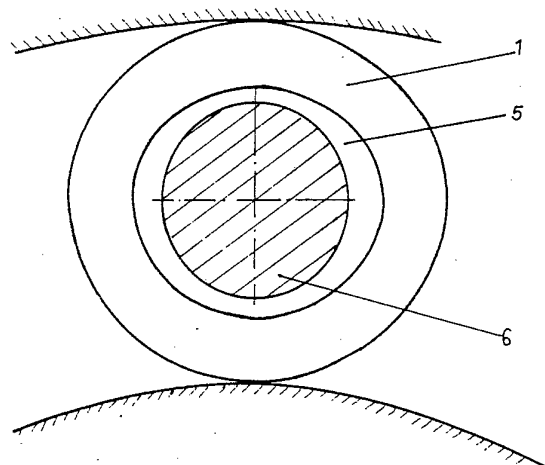


Fig. 3

Erfindungsanspruch:

1. Federndes Wälzlager mit spezieller Wälzkörpergestaltung, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Wälzkörper durch Ausbildung eines materialfreien Raumes in der Umgebung seiner Rotationsachse zur Formfeder wird und sein spielfreier Einbau unter definierter Vorspannung und Verformung derart erfolgt, daß die kalkulierte Grenze der Lagerbelastung durch das Verschwinden der Vorspannung auf der lastfreien Seite bestimmt wird, daß die vorausbestimmbare Federkonstante so gewählt wird, daß immer eine knappe Hälfte aller eingebauten Wälzkörper die Betriebsbelastung mitträgt, wodurch das Verhältnis der Lagerbelastung zur Wälzkörperbelastung günstig verändert wird und daß der materialfreie Raum in der Umgebung der Rotationsachse der Wälzkörper sowohl durch seine Lage als auch durch die Art seiner elastischen Verformung geeignet ist zur Aufnahme von Zapfen, an denen sowohl ein Käfig als auch andere Anbauten befestigt werden können.
2. Federndes Wälzlager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sowohl die Forderung an die Herstellungsgenauigkeit als auch an die Oberflächenhärte geringer wird im Gegensatz zur Forderung an die Biegeweichselfestigkeit, der für das Material der erfindungsgemäßen Lösung eine erhöhte Bedeutung zukommt.

Hierzu 2. Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein federndes Wälzlager mit spezieller Wälzkörpergestaltung, welches im Maschinenbau insbesondere dort angewendet werden kann, wo eine statisch unbestimmte Lagerung vorgesehen ist, oder aber infolge starrer Kupplung zweier Wellen die Lagerung statisch unbestimmt wird. Weitere Anwendungsfälle ergeben sich aus einer gewollten Herabsetzung der biegekritischen Drehzahl oder bei Vorliegen stoßartiger statischer Belastung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt ist eine beachtliche Anzahl von Wälzlagerarten und -ausführungen mit unterschiedlichen Eigenschaften für verschiedene Funktionen. Sie weisen radiale Lagerluft auf und sind unelastisch. Bekannt sind auch mannigfaltige Konstruktionen zur Aufnahme dieser Wälzlager in Gehäuse, die u. a. die Teilfunktion des nachgiebigen Lagers erfüllen. Dieses Sonderkonstruktionen sind aufwendig und erfordern Spezialerfahrung. Bekannt sind auch elastische Kupplungen, deren Anwendung die schädlichen Auswirkungen einer statischen Unbestimmtheit infolge starrer Wellenkupplung mildern. Ihre Anwendung ist jedoch nicht in jedem Einsatzfall möglich. Bekannt sind auch elastische Einbauten in Wälzlagern auf der Basis von Stoffedern und von Formedern (z. B. DD 39472). Sie gewährleisten zwar den Zweck des federnden Lagers, vermeiden jedoch nicht die radiale Lagerluft und beeinträchtigen die Führungsgenauigkeit.

Ziel der Erfindung

Das Ziel ist ein federndes Wälzlager ohne radiale Lagerluft, welches serienmäßig mit definierten Eigenschaften hergestellt wird. Es soll für spezielle Anwendungsfälle die Palette der Wälzlagerausführungen ergänzen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein federndes Wälzlager hoher Führungsgenauigkeit und mit vom Hersteller zu beeinflussenden Federkonstanten zu schaffen, welches ohne radiale Lagerluft in kaltem und warmem Zustand arbeitet, eine verbesserte statische und dynamische Tragfähigkeit aufweist und darüber hinaus aufgrund verringerten Materialeinsatzes leichter ist.

Die Merkmale der Erfindung

Sie bestehen darin, daß die Wälzkörper als Formfedern mit definierten Federkonstanten ausgeführt werden, indem der Raum in der Umgebung ihrer Rotationsachse materialfrei gemacht wird und ihr Einbau in den Wälzraum zwischen Innen- und Außenring unter Vorspannung erfolgt.

Dadurch ist im Einbauzustand keine Lagerluft vorhanden, bei Temperaturerhöhung des Innenringes gegenüber dem Außenring erhöht sich die Vorspannung und im umgekehrten Betriebszustand vermindert sie sich, ohne den Wert Null zu erreichen. Die theoretisch kreisförmige Kontur des Wälzkörpers im Koaxialschnitt durch das Wälzlager ist dadurch um Millimeterbruchteile elliptisch.

Durch die Betriebslast werden die belasteten Wälzkörper stärker verformt und die entlasteten nähern sich der Kreisform. Die Belastungsgrenze ist erreicht, wenn an den entlasteten Wälzkörpern radiale Lagerluft entsteht.

Die Erhöhung der Ermüdungslaufzeit (Pittingbildung) beim erfindungsgemäßen Lager beruht auf zwei Einflußgrößen, die Merkmale der Erfindung sind.

Einmal wird bei erhöhter Belastung infolge der Verformung die Schmiegunge verbessert und zum anderen wird infolge der elastischen Verformung die sogenannte Punktlast nicht mehr existent.

Während bei starren Wälzkörpern zeitweise nur ein Wälzkörper die gesamte Belastung aufnimmt, tragen bei den erfindungsgemäß federnden Wälzkörpern alle, die sich innerhalb der Halbschale befinden, die in Belastungsrichtung liegt, wenn auch mit unterschiedlichen Anteilen.
Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß der freie Raum in der Umgebung der Rotationsachse der Wälzkörper nicht nur eine Materialersparnis mit sich bringt, sondern auch als Aufnahme zur Befestigung und Führung der Wälzkörper dienen kann.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend am Beispiel eines Zylinderrollenlagers, unter Bezugnahme auf Figuren, näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1: die Ansicht eines erfindungsgemäßen Wälzkörpers für ein Zylinderrollenlager und den Verlauf des Biegemomentes über den Umfang.

Fig. 2: Den Mechanismus der Lastverteilung auf mehrere Wälzkörper proportional der Verformung und

Fig. 3: eine Darstellung eines Zapfens im materialfreien Raum in der Umgebung der Rotationsachse des Wälzkörpers.

Ein Wälzkörper 1 hat die Gestalt eines Hohlzylinders mit einem Außendurchmesser D und einer Wandstärke s . Er wird von einer Kraft F radial belastet, die er von einem Innenring 2 auf einen Außenring 3 zu übertragen hat. Infolge eines in der Umgebung seiner Rotationsachse 4 freien Raumes 5 wird aus dem Wälzkörper 1 eine Formfeder, die hauptsächlich Biegebeanspruchung und Biegeverformungen unterworfen ist, wobei das maximale Moment M_m unter der Kraft auftritt

$$M_m = \frac{F_2 \cdot s}{\pi} (D/s - 1)$$

und um einen Viertelumfang versetzt das Moment

$$M_{n2} = M_m (1 - \pi/2) \text{ auftritt.}$$

Geht man von einer Laubreite b des Wälzkörpers aus, ergibt sich eine maximale Biegebeanspruchung

$$b_2 = \frac{6}{\pi} \frac{F_2}{b \cdot s} (D/s - 1)$$

Die Verformung beider Halbschalen des Wälzkörpers, d. h., seine Abplattung ist dann bei einem Elastizitätsmodul E

$$V_2 = \frac{F_2}{E b} (D/s - 1)^3 \left(\frac{3}{4} \pi - \frac{6}{\pi} \right).$$

Die Federkonstante c des erfindungsgemäßen Wälzkörpers ergibt sich dann zu

$$c = \frac{4 \pi}{3 \pi^2 - 24} \frac{E \cdot b}{(D/s - 1)^3}.$$

Während bei starr angenommenem Wälzkörper sich die radiale Lagerbelastung F_r voll auf einen einzigen Wälzkörper überträgt, kann bei linearer Federkennlinie die Aufteilung der Kräfte auf die einzelnen Wälzkörper berechnet werden. Nach Fig. 2 gilt

$$F_r = F_1 \left(1 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{i=\text{int } n/4} \cos \frac{2 i \pi}{n} \right),$$

wobei n die Anzahl der Wälzlager ist.

Eine Materialeinsparung ergibt sich vordergründig durch den Wegfall des Materials im freien Raum 5 gegenüber der herkömmlichen Bauart.

Ein Teil dieser Einsparung wird möglicherweise aufgezehrt durch die erfindungsgemäß dichtere Packung der Wälzkörper, d. h. ihre größere Anzahl pro Lager.

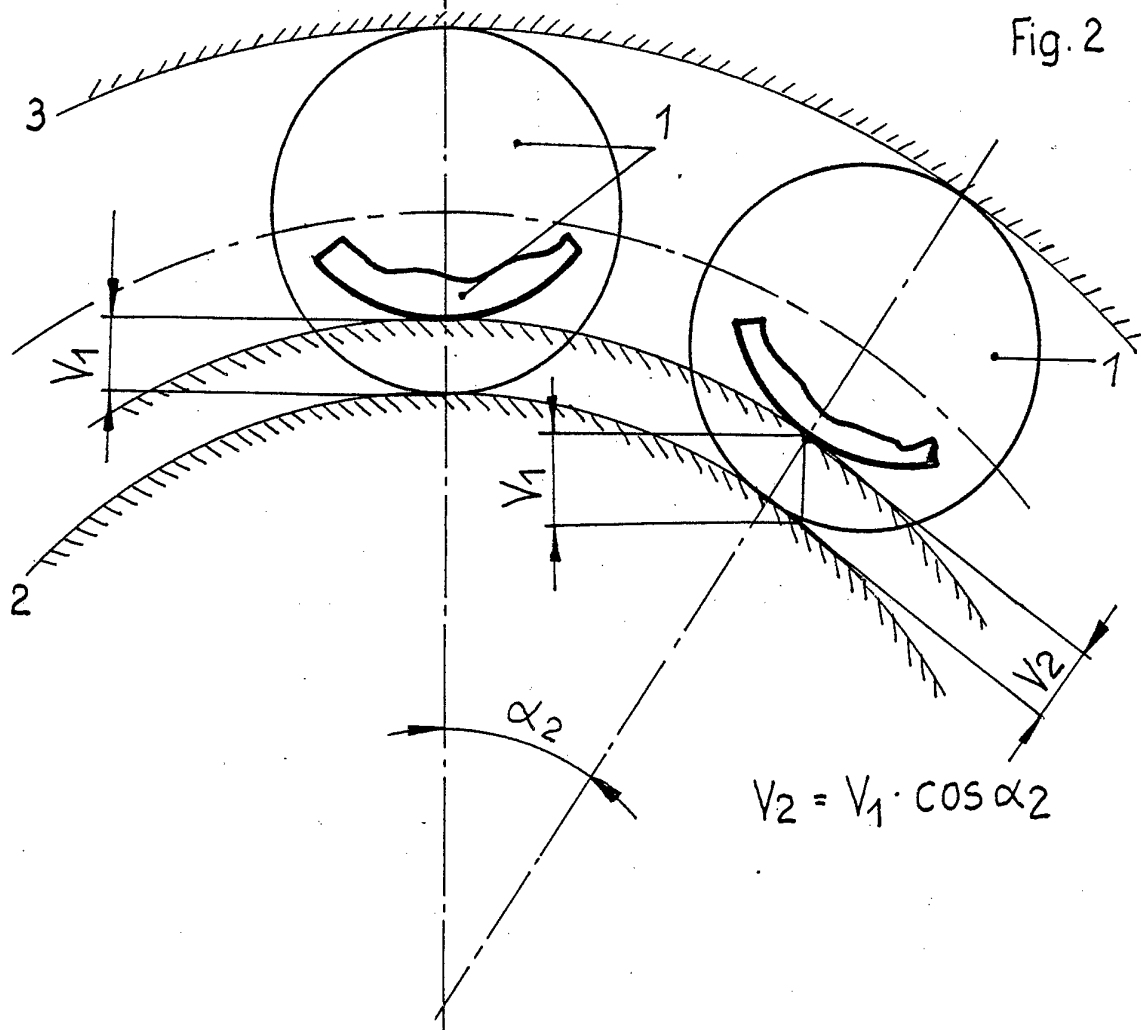
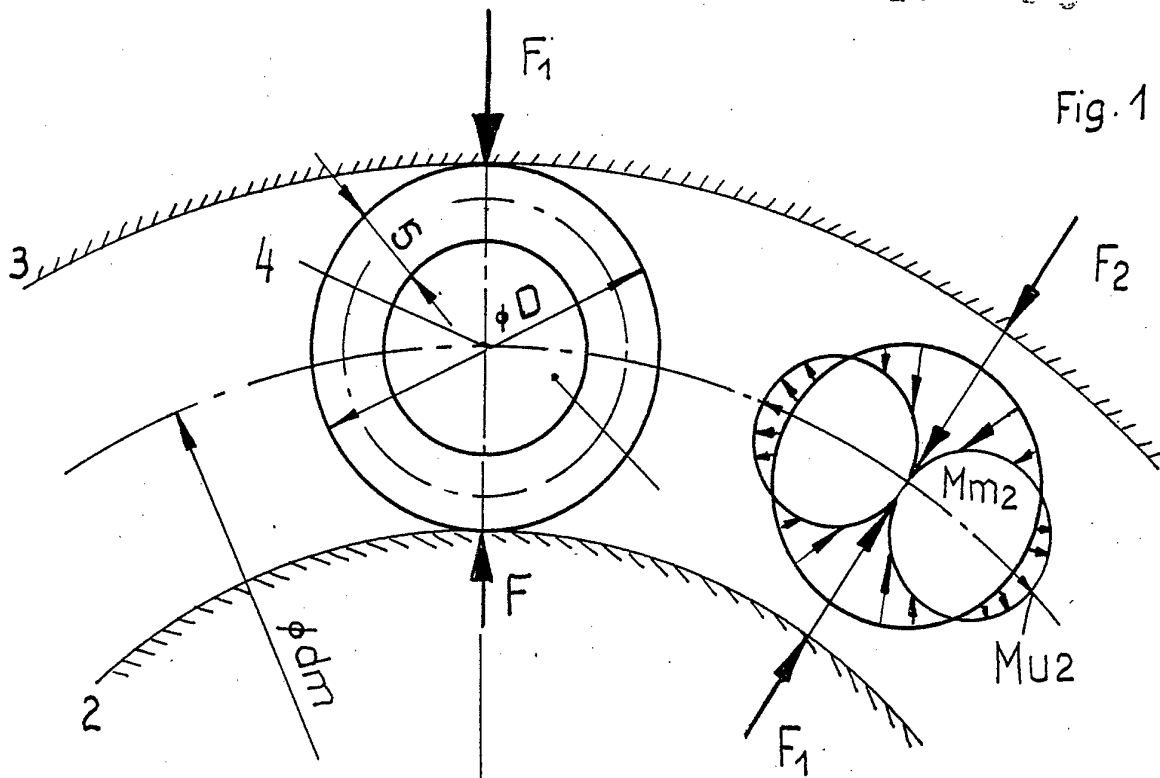
Die erfindungsgemäße Lösung gestattet eine wesentlich zweckmäßigere Gestaltung des Käfigs, der herkömmlich die Wälzkörper beidseitig umfaßt und so bei größeren Reibungsradius eine große Distanz der einzelnen Wälzkörper und beträchtlichen Mehraufwand erfordert.

Fig. 3 zeigt, daß die Funktion des Käfigs besser dadurch erfüllt wird, daß er über Zapfen 6 verfügt, die in den freien Raum 5 des Wälzkörpers eingreifen und dort wegen des kleinen Reibungsradius und der elliptischen Ausbildung des freien Raumes ähnliche Bedingungen vorfinden wie der Zapfen eines Gleitlagers mit Zitronenspiel.

Durch Wegfall der äußeren Umfassung des Wälzkörpers durch den Käfig ist eine bessere Auslastung des Wälzraumes möglich. Für ein erfindungsgemäßes Lager, was in seinen äußeren Abmessungen etwa dem NU 22 11 entspricht, sollen folgende Verhältnisse vorgestellt werden:

Auf einem $d_m = 78 \text{ mm}$ lassen sich bequem $n = 20$ Wälzkörper mit $D = 10 \text{ mm}$ unterbringen, was einem $\alpha = 18^\circ$ entspricht. Angenommen wurde $s = 2 \text{ mm}$, $b = 12 \text{ mm}$. Entsprechend einer mittleren Lagerluft von $40 \mu\text{m}$ beim NU 22 11 wird eine Vorspannung für einen Wälzkörper von $20 \mu\text{m}$ angesetzt, die einer Vorspannkraft von ca. $1,7 \text{ kN}$ entspricht.

Geht man von einer dynamischen Lagerbelastung von $F_r = 6 \text{ kN}$ aus, ergibt sich für einen Wälzkörper $F_1 = 1,05 \text{ kN}$, was einer zusätzlichen Verformung von $12,5 \mu\text{m}$ entspricht. Aus der Gesamtbelastung durch Vorspannkraft und Betriebskraft ergibt sich eine maximale Biegebeanspruchung von 880 MPa .



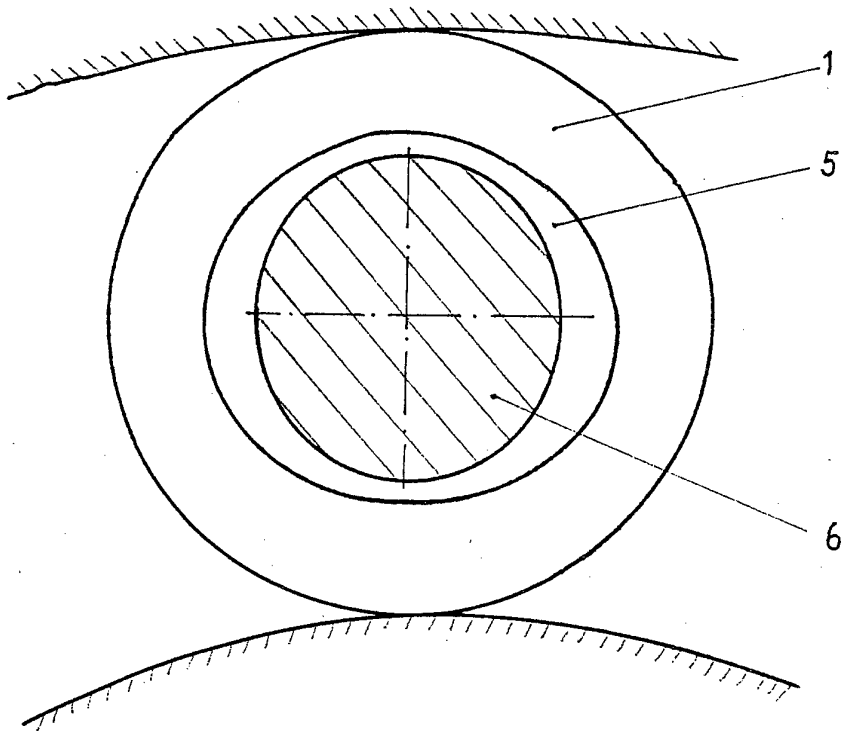


Fig. 3