



österreichisches
patentamt

(19)

(10) **AT 503 000 B1 2008-02-15**

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 2046/2005 (51) Int. Cl.⁸: **F16C 25/08** (2006.01)
F16C 33/62 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2005-12-21
(43) Veröffentlicht am: 2008-02-15

(56) Entgegenhaltungen:
US 5628571A JP 62-024025A
EP 1167787A2 DE 1116481B
DE 10147926A1 EP 718416B1

(73) Patentanmelder:
AUSTRIAN AEROSPACE GMBH
A-1120 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
FALKNER MANFRED DR.
WINZENDORF (AT)
NEUGEBAUER CHRISTIAN DR.
WIEN (AT)

(54) **WÄZLAGER MIT TEMPERATURGESTEUERTER VORSPANNUNGSVERSTELLUNG
FÜR RAUMFAHRTANWENDUNGEN**

- (57) Bei einem Wälzlager mit zwischen ringförmigen Lagerschalen aufgenommenen Wälzkörpern sind in den inneren Laufring (3) in Umfangsrichtung jeweils über einen Teilumfang verlaufende Segmente (5) in Nuten (4) oder im Fall von geteilten Laufringen in eine Teilung eingelegt, wobei das Material (z.B. Invar) der Segmente (5), eine geringere Thermalausdehnung als das Material des inneren Laufrings (3) aufweist.

AT 503 000 B1 2008-02-15

DVR 0078018

Die Erfindung bezieht sich auf ein Wälzlager mit zwischen ringförmigen Laufringen aufgenommenen Wälzkörpern.

5 Wälzlager werden je nach Beanspruchung üblicherweise in definierter Weise vorgespannt, wobei die Vorspannung des Wälzlagers einen spielfreien Betrieb des Lagers unter der jeweils erwarteten Last ermöglichen soll. Die Wahl der Vorspannung dient hierbei der Minimierung des Verschleißes und bei korrekter Optimierung auch der Aufrechterhaltung der Schmierung sowie der Verminderung des Verschleißes des Lagers.

10 Bei beweglichen Teilen von Mechanismen auf Trägerraketen, Sonden oder Satelliten werden Wälzlager eingesetzt. Hierbei ist zu beachten, dass beim Starten von Raumfahrzeugen erhebliche statische, dynamische und Schocklasten auftreten, sodass die Belastung von Wälzlagern beim Start von jener im Betrieb grundsätzlich verschieden ist. Die Wälzlager müssten die mechanischen Lasten, die beim Start auftreten, übertragen und werden aus diesem Grunde relativ
15 hoch vorgespannt oder aus dem Lastpfad ausgekoppelt. Die gelagerten Mechanismen sind während des Starts üblicherweise nicht in Betrieb.

Während des Betriebs im Weltraum herrschen gänzlich andere Bedingungen. Zum einen befinden sich die gelagerten Produkte im Zustand der Schwerelosigkeit, wobei lediglich geringe
20 Vibrationen und kaum mechanische Lasten übertragen werden müssen. Wälzlager, welche im Weltall im Einsatz sind, sollen sich durch eine möglichst hohe Lebensdauer bei hoher Genauigkeit und geringes Reibmoment auszeichnen und erfordern somit eine möglichst geringe Vorspannung, wobei im Zustand der Schwerelosigkeit sogar eine spielbehaftete Lagerung Vorteile bieten kann.

25 Bei der Auskopplung von gelagerten Bauteilen aus dem Lastpfad während des Startvorganges wird der gelagerte Bauteil mechanisch mit dem Raumfahrzeug verbunden. Die Verbindung des gelagerten Bauteiles mit dem Raumfahrzeug erfolgt dabei derart, dass das Wälzlager beispielsweise durch federnde Elemente oder durch Ausklinken einer Verbindung aus dem Lastpfad ausgekoppelt wird. Nach dem Start wird die feste Verbindung gelöst, wobei dies beispielsweise durch mechanisches Auftrennen mittels einer Zündung von Treibsätzen oder durch Abschmelzen eines Drahtes erfolgen kann, worauf der gelagerte Bauteil nur noch durch das Lager
30 getragen wird. Derartige Treibsätze bzw. nicht explodierende Lösevorrichtungen führen zu einem zusätzlichen Entwicklungsaufwand und einer erhöhten Masse solcher Systeme.

35 Die EP 1262676 A2 zeigt und beschreibt eine aktuatorbetätigte Vorspannungsabsenkung. Ein derartiger Aktuator weist naturgemäß eine zusätzliche Masse auf, und es ist für die Betätigung des Aktuators zusätzlicher Aufwand zu betreiben.

40 Bei geringen Anforderungen an die Lager kann auch mit einer gleich bleibenden Vorspannung das Auslangen gefunden werden. Der Antrieb des Mechanismus muss aber dann auf diese, den Startlasten entsprechende Vorspannung ausgelegt werden, worauf in der Folge ein höherer Energiebedarf für den Antrieb des Mechanismus und eine geringere Lebensdauer von Lager und Schmierung aufgrund der permanenten mechanischen Belastung durch die Vorspannung
45 eintritt.

Die EP 1167787 A2 beschreibt ein Wälzlager, bei dem ein Ring um die äußere Hülle des Wälzlagers gepasst ist, der einen geringeren thermischen Expansionswert aufweist als die Hülle, um welche er gepasst ist. Dadurch wird die thermische Ausdehnung durch den Ring in Grenzen
50 gehalten und das Lager unter eine gewisse Vorspannung gesetzt, welche sich temperaturabhängig ändert.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Wälzlager der eingangs genannten Art zu schaffen, welches insbesondere für Raumfahrtanwendungen geeignet ist und in der Lage ist, beim Starten
55 eines Raumfahrzeuges die hohen axialen und radialen Kräfte sowie Momente normal auf die

Rotationsachse des Wälzlagers sicher zu übertragen und in der Folge im Betrieb beim Übertragen wesentlich geringerer axialer und radialer Kräfte sowie Momente ein geringeres Reibmoment aufweist und während der gesamten Einsatzdauer des Mechanismus hohe Präzision bei geringer Masse gewährleistet und das ohne externe Aktuatoren, daher passiv arbeitet. Zur Lösung dieser Aufgabe ist das erfindungsgemäße Wälzlager im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass in den inneren Laufring in Umfangsrichtung jeweils über einen Teilumfang verlaufende Segmente in Nuten oder im Fall von geteilten Laufringen in eine Teilung eingelegt sind, wobei das Material (z.B. Invar) der Segmente, eine geringere Thermalausdehnung als das Material des inneren Laufrings aufweist. Bei dieser Konstruktion wird den besonderen Gegebenheiten der Raumfahrt optimal Rechnung getragen. Während der Start üblicherweise bei Raumtemperatur erfolgt, erfolgt der Betrieb bei wesentlich tieferen Temperaturen und insbesondere bei Temperaturen von beispielsweise 20 bis 40 K (Kelvin) oder bei hohen Temperaturen von beispielsweise über 200°C. Durch die entsprechende Wahl der Werkstoffe mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten gelingt es nun, die Deformation von Innen- und Außenring lediglich durch Temperaturveränderungen zu ändern, wobei die Lagervorspannung während des Starts höher gewählt wird als während des Betriebs, was durch entsprechende unterschiedliche Schrumpfungen der Materialien erfolgen kann. Der Innenring bzw. die Segmente des Lagers kann somit aus Werkstoffen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung bestehen, sodass insgesamt entweder das axiale Schrumpfen des Innenrings behindert oder geringer gewählt wird als das Schrumpfen des Außenrings, sodass sich die Distanz von Laufbahnen ändern kann und die Lagervorspannung bei abnehmender Temperatur reduziert wird. Zu diesem Zweck ist mit Vorteil die Ausbildung so getroffen, dass der innere und der äußere Lagerring aus unterschiedlichen Werkstoffen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung bestehen, wobei jedenfalls gemäß der Erfindung der innere Lagerring, gegebenenfalls auch der äußere Lagerring, wenigstens eine in Umfangsrichtung verlaufende Nut oder eine Teilung aufweist, in welche Segmente aus einem Material mit vom Werkstoff des Lagerrings verschiedener thermischer Ausdehnung eingesetzt sind.

In besonders einfacher Weise kann die Ausbildung so getroffen sein, dass die Wälzkörper und/oder der äußere Laufring bei sich ändernder Temperatur größere axiale Längenänderung aufweisen als der innere Laufring.

Prinzipiell ist der Einsatz von Materialien unterschiedlicher Thermaldehnung im Innenring, im Außenring oder in beiden Ringen denkbar. Wenn Innenring und Außenring aus Materialien unterschiedlicher Thermaldehnung ausgeführt sind, lässt sich durch Temperaturänderung gleichfalls eine Änderung der Vorspannung erzielen.

Als Materialien der Laufringe kommen zum Beispiel AISI 52100, AISI 440C, Cronidur-30, oder XD-15 (X45CrMoV15-2) in Betracht.

Werden Wälzkörper und Laufringe des Lagers aus Material unterschiedlicher Thermaldehnung ausgeführt, wird ebenfalls eine Änderung der Vorspannung bei Temperaturänderung des Lagers erzielt. Als Materialien der Laufringe kommen zum Beispiel AISI 52100, AISI 440C, Cronidur-30 oder XD-15 (X45CrMoV15-2) in Betracht, als Material für die Wälzkörper AISI 52100 oder AISI 440C.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels eines derartigen Wälzlagers näher erläutert.

In der Zeichnung ist mit 1 ein Außenring aus Lagerstahl, beispielsweise aus dem Stahl AISI 440C bezeichnet. Die mit 2 bezeichneten Wälzkörper, welche als Kugeln ausgeführt sind, sind gleichfalls aus Lagerstahl AISI 440C ausgebildet. Bei der Ausbildung in der Zeichnung ist auch der Innenring aus dem gleichen Material gefertigt und mit 3 bezeichnet. Der Innenring weist Nuten 4 auf, in welche Segmente 5 eingelegt sind. Diese eingelegten bzw. eingesetzten Segmente bestehen nun aus einem Material geringerer Thermalausdehnung und beispielsweise

se aus Invar-36. Die Segmente können eingepresst oder eingelegt sein, wobei die Festlegung beispielsweise durch in Bohrungen 6 eingesetzte Schrauben erfolgen kann. Das Material geringerer Thermalausdehnung, nämlich Invar, behindert axiales Schrumpfen des Innenrings beim Abkühlen, wobei der Außenring 1 ungehindert schrumpfen kann. Auf diese Weise verändert sich die Distanz zwischen den Laufbahnen 7 und die Lagervorspannung wird reduziert. Die Lagervorspannung wird zu Beginn mittels einer Mutter 8 auf den für den Start gewünschten wesentlich höheren Wert eingestellt.

Patentansprüche:

1. Wälzlager mit zwischen ringförmigen Laufringen (1, 3) aufgenommenen Wälzkörpern (2), *dadurch gekennzeichnet*, dass in den inneren Laufring (3) in Umfangsrichtung jeweils über einen Teilumfang verlaufende Segmente (5) in Nuten (4) oder im Fall von geteilten Laufringen in eine Teilung eingelegt sind, wobei das Material (z.B. Invar) der Segmente (5), eine geringere Thermalausdehnung als das Material des inneren Laufrings (3) aufweist.
2. Wälzlager nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der innere und der äußere Laufring (1, 3) aus unterschiedlichen Werkstoffen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung bestehen.
3. Wälzlager nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass geteilte Laufringe mit voneinander verschiedenen Werkstoffen mit unterschiedlicher thermischer Dehnung ausgebildet sind.
4. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Wälzkörper (2) und/oder der äußere Laufring (1) bei sich ändernder Temperatur eine größere axiale Längenänderung aufweisen als der innere Laufring (3).
5. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Materialien der Laufringe (1, 3) aus der Gruppe AISI 52100 (100Cr6), AISI 440C (X105CrMo17), Cronidur-30 (X30CrMoN151) oder XD-15 (X45CrMoV15-2) ausgewählt sind.
6. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Material für die Wälzkörper (2) AISI 52100 (100Cr6) oder AISI 440C (X105CrMo17) gewählt ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

