

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 75/2015
(22) Anmeldetag: 13.02.2015
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2018

(51) Int. Cl.: **G01B 5/14** (2006.01)
G01M 13/04 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 11/03 (2006.01)
G01B 7/14 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 3623977 A1
DE 10301429 A1
DE 102007007459 A1

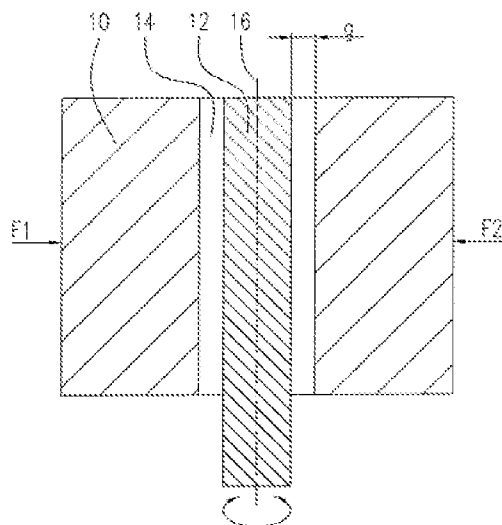
(73) Patentinhaber:
Minebea Mitsumi Inc.
Nagano-ken (JP)
(72) Erfinder:
Bauer Martin Dr.
78052 Villingen-Schwenningen (DE)
(74) Vertreter:
Gibler & Poth Patentanwälte KG
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren zur Bestimmung des radialen Spiels bei einem fluiddynamischen Gleitlager

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des radialen Spiels bei einem fluiddynamischen Gleitlager in betriebsbereitem (oder fertig aufgebautem) Zustand, wobei das fluiddynamische Gleitlager eine Lagerbuchse (10) und eine in einer Lagerbohrung der Lagerbuchse (10) angeordnete Welle (12) aufweist, mit den Schritten:

- Bestimmen der Koordinaten von mindestens 2 Messpunkten (R_1 , R_2) auf einem Außenumfang der Lagerbuchse (10) bei festgehaltener Lagerbuchse und anschließendes Lösen der Lagerbuchse (10),
- Ausüben einer radial wirkenden Kraft F auf einen Messpunkt (P_1) auf dem Außenumfang der Lagerbuchse (10), so dass die Lagerbuchse (10) in Bewegung versetzt wird, wobei die Kraft aufrecht erhalten wird, bis sich die festgehaltene Welle (12) und die Lagerbohrung (10) berühren,
- Bestimmen der Koordinaten des Messpunktes (P_1) während sich die festgehaltene Welle (12) und die Lagerbuchse (10) unter Einwirkung einer Kraft F_b berühren,
- Wiederholen der Schritte B und C für mindestens einen weiteren Messpunkt (P_2) am Außenumfang der Lagerbuchse (10).
- Bestimmen des radialen Spiels durch Vergleichen der Messwerte des Messpunktes (R_i) und des Messpunktes (P_i).

Fig. 1



Beschreibung

VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES RADIALEN SPIELS BEI EINEM FLUIDDYNAMISCHEN GLEITLAGER

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des radialen Spiels bei einem fluid-dynamischen Gleitlager, insbesondere in betriebsbereitem, d. h. in fertig aufgebautem Zustand.

[0002] Bei dem fluiddynamischen Gleitlager handelt es sich insbesondere um ein fluiddynamisches Gleitlager zur Drehlagerung eines Spindelmotors, wie er beispielsweise zum Antrieb von Festplattenlaufwerken oder Lüftern Verwendung findet.

STAND DER TECHNIK

[0003] Ein fluiddynamisches Gleitlager besteht im einfachsten Fall aus einer Lagerbuchse mit einer Lagerbohrung, in welcher eine Welle drehbar gelagert ist.

[0004] Der Durchmesser der Lagerbohrung ist geringfügig größer als der Durchmesser der Welle, so dass zwischen der Lagerbohrung und der Welle ein Lagerspalt verbleibt, der mit einem Lagerfluid gefüllt ist. Als Lagerfluid kann ein Gas oder eine Flüssigkeit verwendet werden.

[0005] Bei Spindelmotoren, wie sie zum Antrieb von Festplattenlaufwerken verwendet werden, ist der Lagerspalt nur wenige Mikrometer breit, wobei der Durchmesser der Lagerbuchse beispielsweise etwa 8 bis 10 mm und der Durchmesser der Welle 2,3 bis 4,0 mm beträgt. Ein typisches fluiddynamische Lager ist beispielsweise in der DE 10 2008 052 469 A1, insbesondere Figur 8, offenbart.

[0006] Das radiale Spiel eines fluiddynamischen Gleitlagers kann beispielsweise dadurch ermittelt werden, dass man den Außendurchmesser der Welle und den Innendurchmesser der Lagerbohrung vermisst und durch Bildung der Differenz die Breite des dazwischen liegenden Lagerspalt erhält. Diese Art der Vermessung lässt sich nur im nicht zusammengebauten Zustand des Lagers, also an den Einzelteilen, vornehmen. Oftmals weisen fluiddynamische Gleitlager auch auf den Lagerflächen angeordnete Lagerrillen auf, die bei dieser Art der Messung stören. Eine Messung der oben beschriebenen Art wird daher vorzugsweise vor der Einbringung von Lagerrillen in die Lagerflächen durchgeführt.

[0007] Es sind auch indirekte Methoden zur Messung des Radialspiels bei Gleitlagern bekannt, beispielsweise durch Messung des Drehwiderstandes. Hierzu müssen jedoch genau vorgegebene Bedingungen, insbesondere auch Viskosität des Lagerfluids, Temperatur des Lagerfluids etc. eingehalten werden, um ein reproduzierbares Messergebnis zu erhalten. Die erhaltenen Messergebnisse sind jedoch relativ ungenau und erlauben es nicht, den Lagerspalt im Bereich von Zehntel Mikrometern genau zu vermessen.

[0008] Die DE 3623977 A1 betrifft eine Vorrichtung zum Messen der Radialluft von Wälzlager. Zu Bestimmung der Radialluft sind zwei um 90° versetzte Belastungs- und Messeinrichtungen vorgesehen, die starr zueinander positioniert sind. Der innere Laufring des Wälzlagers sitzt auf einem Dorn, der ebenfalls starr mit dem Gestell der Vorrichtung positioniert ist. Die Belastungselemente bewirken bei stillstehendem inneren Laufring, eine diametrale Verschiebung und Belastung des äußeren Laufringes. Zur Ermittlung des ersten Messwertes bewirkt zunächst ein Belastungselement eine Verschiebung des äußeren Laufringes in eine radiale Richtung. Dabei wird der dem Abstand "Innenring-Außenring" entsprechende Messwert abgelesen bzw. anderweitig gespeichert. Anschließend wird der äußere Laufring in der gleichen Diametralebene von dem diametral gegenüberliegenden Belastungselement nunmehr in umgekehrter Richtung verschoben, nachdem die vorausgehende Belastung gelöst ist. Die Differenz zwischen dem sich dabei ergebenden Messwert und dem bereits abgelesenen ergibt die Radialluft in dieser

Diametralebene. Die gleiche Vorgehensweise erfolgt anschließend in der um 90° versetzten Diametralebene.

[0009] Die DE 10301429 A1 offenbart ein Verfahren zur Prüfung des Lagerspalts zwischen einer Welle und einer Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers, mittels welchem sich eine Prüfung des Lagerspaltes durchführen lässt. Dazu wird bei einem Lagerprüfling die Welle in der Wellenaufnahme in Funktionslage positioniert und dafür gesorgt, dass ein Messfluid den Lagerspalt durchströmt und dass ein oder mehrere den Fluiddurchfluss durch den Lagerspalt charakterisierende Parameter gemessen werden.

[0010] Die DE 102007007459 A1 betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Vermessung einer Bohrung in einer Buchse, insbesondere einer Lagerbuchse und einer zugehörigen Welle eines fluiddynamischen Lagers. Die Vorrichtung umfasst eine erste Haltevorrichtung zum Einspannen der Lagerbuchse, eine zweite Haltevorrichtung zum Einspannen der Welle, eine Vorschubeinrichtung zum Einführen der Welle in eine Lagerbohrung der Lagerbuchse, wobei der Durchmesser der Welle geringfügig kleiner ist als der Durchmesser der Lagerbohrung. Ferner sind Mittel zum Einbringen eines fluiden Mediums mit einer definierten Viskosität in einen zwischen Lagerbuchse und Welle verbleibenden Lagerspalt vorgesehen, eine Antriebsvorrichtung zum Rotieren der Welle mit einer definierten Drehzahl relativ zur Lagerbuchse, derart, dass sich ein fluiddynamischer Effekt im Lager einstellt, sowie eine Messvorrichtung zur Messung eines auf die Lagerbuchse wirkenden Drehmoments und zum Ermitteln eines den radialen Lagerspalt beschreibenden Wertes anhand des gemessenen Drehmoments.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0011] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Bestimmen des radialen Spiels bei einem fluiddynamischen Gleitlager in betriebsbereitem, d. h. fertig aufgebautem Zustand, anzugeben, mit welchem das radiale Spiel mit ausreichend guter Genauigkeit ermittelt werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0013] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte:

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Bestimmen des radialen Spiels RP bei einem fluiddynamischen Lager vorgeschlagen, wobei das fluiddynamische Lager eine Lagerbuchse und eine in einer Lagerbohrung der Lagerbuchse angeordnete Welle aufweist.

[0016] Das Verfahren umfasst einen ersten Schritt A) zum Bestimmen der Koordinaten von mindestens 2 Messpunkten R_1 , R_2 auf einem Außenumfang der Lagerbuchse bei festgehaltener Lagerbuchse. Daraufhin wird die Lagerbuchse wieder gelöst, so dass diese, beispielsweise innerhalb einer Messebene, frei bewegbar ist.

[0017] In einem Schritt B) wird eine radial wirkende Kraft F auf einen Messpunkt P_1 auf dem Außenumfang der Lagerbuchse ausgeübt, so dass die Lagerbuchse in Bewegung versetzt wird. Dabei wird die Kraft F aufrecht erhalten, bis sich die festgehaltene Welle und die Lagerbohrung berühren.

[0018] In einem Schritt C) werden nun die Koordinaten des Messpunktes P_1 bestimmt, während sich die festgehaltene Welle und die Lagerbohrung unter Einwirkung einer Kraft F_b berühren.

[0019] In einem Schritt D) ist das Wiederholen der Schritte B und C für mindestens einen weiteren Messpunkt P_2 am Außenumfang der Lagerbuchse zusammengefasst. Es ist dabei vorteilhaft, möglichst viele Messpunkte R_i und P_i , mit $i = 1, 2, 3, \dots$, aufzunehmen, so dass die Genauigkeit der Messung erhöht wird. Insbesondere können dadurch auch solche Messfehler, die auf der Unrundheit der Welle und/oder der Lagerbuchse basieren, minimiert werden. Nach dem Bestimmen aller Messpunkte P_i kann die Welle wieder gelöst werden.

[0020] Schließlich wird im Schritt E) das radiale Spiel RP durch Vergleichen der Messwerte für R_i und P_i bestimmt.

[0021] Das radiale Spiel RP entspricht der Hälfte der Differenz zwischen dem Außendurchmesser der Welle und dem Innendurchmesser der Lagerbohrung, d. h. das radiale Spiel entspricht der Breite des Lagerspalts bei konzentrischer Anordnung von Welle und Lagerbohrung.

[0022] Je nach Messaufbau kann die Reihenfolge der Schritte A bis E variieren. Beispielsweise können die Schritte in der Reihenfolge A, B, C, D, E ausgeführt werden. Die Verfahrensschritte können jedoch auch in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden. Es kann beispielsweise erst die Messung bei festgehaltener Welle erfolgen und danach die Messung bei festgehaltener Lagerbuchse ausgeführt werden. Die Reihenfolge der Verfahrensschritte kann somit auch B, C, D, A, E sein. Im Sinne der Erfindung sind weitere Abwandlungen, etwa zusätzliche Zwischenschritte und/oder eine weitere Umstellung der Verfahrensschritte, möglich.

[0023] Vorzugsweise liegen sich zwei Messpunkte auf dem Außenumfang der Lagerbuchse zur Bestimmung der Messwerte R_i wenigstens näherungsweise gegenüber. Ebenso ist es bevorzugt, dass sich mindestens zwei Messpunkte auf dem Außenumfang der Lagerbuchse zur Bestimmung der Messwerte P_i wenigstens näherungsweise gegenüberliegen.

[0024] Um eine möglichst genaue Messung zu ermöglichen, ist es vorteilhaft möglichst viele Messpunkte R_i und P_i zu verwenden. Es ist daher besonders bevorzugt, wenn zur Bestimmung des radialen Spiels mindestens 4 Messpunkte R_i sowie mindestens 4 Messpunkte P_i verwendet werden. Dabei kann es besonders vorteilhaft sein, wenn diese Messpunkte gleichmäßig auf dem Außenumfang der Lagerbuchse voneinander beabstandet sind. Da eine Erhöhung der Anzahl der Messpunkte R_i und P_i zur Erhöhung der Messgenauigkeit führt, kann es vorteilhaft sein jeweils zwischen 50 und 5000 Messpunkte R_i und P_i zu verwenden.

[0025] Zum Erhöhen der Genauigkeit des Verfahrens werden die beiden Schritte A und B vorzugsweise in derselben axialen Ebene relativ zur Lagerbuchse durchgeführt. In diesem Falle werden die geometrischen Fehler auf der Lagerbuchsenoberfläche jeweils zum gleichen Messfehler führen und bei der nachfolgenden Differenzbildung eliminiert.

[0026] In mancher bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Messsensor als taktiler, d. h. berührender Messsensor ausgebildet. In diesem Falle kann der Messsensor gleichzeitig als Mittel zur Ausübung der radialen Kraft auf die Lagerbuchse dienen. Der Messsensor muss dabei ausreichend groß und stabil genug sein, um die Lagerbuchse relativ zur eingespannten Welle zu verschieben, bis dass die Welle und Lagerbuchse sich vorzugsweise mit einer definierten Kraft berühren.

[0027] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann der Messsensor als berührungsloser Sensor ausgebildet sein, beispielsweise als kapazitiver Sensor, optischer Sensor, etc. In diesem Fall muss die radiale Kraft auf die Lagerbuchse durch separate Mittel, beispielsweise durch eine radial wirkende Vorrichtung auf die Lagerbuchse ausgeübt werden.

[0028] Es ist auch besonders bevorzugt, dass die Kraft F auf den Messpunkt am Außenumfang der Lagerbuchse nach dem Schritt C, wenn sich die festgehaltenen Welle und die Lagerbohrung berühren, reduziert wird. Dann erfolgt die Messung im Schritt D unter reduzierter Krafteinwirkung F_b , wobei $F > F_b \geq 0$ gilt.

[0029] Desweiteren ist es bevorzugt, dass der Messsensor im Bereich des Berührungspunktes eine konvexe Oberfläche aufweist. Beispielsweise kann der Messsensor kugelförmig sein. Dadurch kann die auf die Lagerbuchse wirkende Kraft auch dann sehr genau bestimmt werden, wenn die Zustellrichtung des Sensors nicht mit der Richtung der auf die Lagerbuchse wirkenden Kraft übereinstimmt. Dabei ist es auch vorteilhaft, wenn der Durchmesser des Messsensors groß genug ist, dass die Rauigkeit der Oberfläche des Rotorbauteils nicht zu Schwankungen der Messergebnisse führt. Beispielsweise kann der Durchmesser des Messsensors deutlich größer gewählt werden, als die Längenskala der Erhebungen und Vertiefungen der Oberfläche des Rotorbauteils aufgrund dessen Rauigkeit.

[0030] Vorzugsweise wird zum Ausüben der Kraft F auf das Rotorbauteil eine radial zustellbare Vorrichtung verwendet.

[0031] Besonders bevorzugt ist der Messsensor derart ausgewählt, dass er dazu geeignet ist eine Abweichung der Richtung der auf den Außenumfang der Lagerbuchse ausgeübten Kraft von der Zustellrichtung der radial zustellbaren Vorrichtung zu bestimmen.

[0032] Wird ein berührender Messsensor verwendet, kann es auch vorteilhaft sein, dass der Messsensor kontinuierlich eine Kraft auf den Außenumfang der Lagerbuchse ausübt, während der Messsensor entlang dem Außenumfang geführt wird und die Messwerte für die Messpunkte R_i , beziehungsweise P_i , aufnimmt. Dadurch können die Messpunkte R_i und P_i zumindest näherungsweise jeweils zu einer kontinuierlichen Durchmesser messung zusammengefasst werden, wobei das radiale Spiel des fluiddynamischen Lagers der halben Differenz der beiden Durchmesser entspricht.

[0033] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise zur Bestimmung des radialen Spiels eines fluiddynamischen Lagers in einem Elektromotor verwendet.

[0034] Bei fluiddynamischen Lagern ist es oft der Fall, dass zwei oder mehrere fluiddynamische Lager entlang einer Achse angeordnet sind. Beispielsweise weisen Spindelmotoren für Festplattenantriebe häufig zwei voneinander axial beabstandete Radiallager auf. Beide Radiallager können beispielsweise im Wesentlichen zylindrisch ausgeformte Lagerflächen aufweisen. Ebenso können konisch ausgebildete Radiallager vorhanden sein, die in einem axialen Abstand voneinander angeordnet sind. Bei mehreren, axial voneinander beabstandeten Lagern kann es in manchen Ausgestaltungen der Erfindung vorgesehen sein, dass das radiale Spiel der einzelnen Lager getrennt voneinander bestimmt wird. Dazu kann die Kraft auf die Lagerbuchse in einer ersten Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens axial weiter oben, auf der Seite eines oberen Radiallagers ausgeübt werden, so dass das radiale Spiel des oberen Radiallagers bestimmt werden kann. In einer weiteren Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Kraft auf die Lagerbuchse weiter unten, auf der Seite eines unteren Radiallagers, ausgeübt werden, so dass das radiale Spiel des unteren Radiallagers bestimmt werden kann.

[0035] Es ist besonders bevorzugt, dass der Elektromotor zum Antrieb in einem Festplattenlaufwerk oder zum Antrieb mindestens eines Lüfters verwendet wird.

[0036] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, das radiale Spiel eines fluiddynamischen Gleitlagers in zusammengebautem, d. h. betriebsfertigen Zustand des Gleitlagers zu messen.

[0037] Die erreichbare Messgenauigkeit ist dabei hinreichend genau, so dass reproduzierbare Messergebnisse und sogar absolute Messergebnisse möglich sind.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Hieraus ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0039] Figur 1 zeigt einen schematischen Schnitt durch ein fluiddynamisches Gleitlager.

[0040] Figur 2 zeigt einen Schnitt durch ein fluiddynamisches Lager eines Spindelmotors während des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0041] Figur 3 zeigt einen Schnitt durch das fluiddynamische Lager aus Figur 2 zu einem anderen Zeitpunkt während des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0042] Figur 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf die Welle und das Rotorbauteil eines fluiddynamischen Lagers.

[0043] Figur 5 zeigt analog zur Figur 4 eine Draufsicht auf die Welle und das Rotorbauteil eines fluiddynamischen Lagers.

BESCHREIBUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN DER ERFINDUNG

[0044] Die Funktionsweise eines fluiddynamischen Lagers bzw. eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem entspricht der in der Offenlegung DE 10 2008 052 469 A1 beschriebenen Aufbau- und Funktionsweise.

[0045] In Figur 1 ist schematisch ein Schnitt durch eine einfache Bauform eines fluiddynamischen Lagers dargestellt. Das Lager umfasst eine Lagerbuchse (Rotorbauteil) 10, die eine Lagerbohrung aufweist, in welcher eine Welle 12 drehbar um eine Achse 16 angeordnet ist. Zwischen der Welle 12 und der Lagerbohrung der Lagerbuchse 10 verbleibt ein ringförmiger Lagerspalt 14, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt ist. Das maximale radiale Spiel des Lagers entspricht der Breite g des Lagerspalts 14.

[0046] Das Messprinzip der Erfindung basiert nun darauf, dass man beispielsweise die Welle 12 fest einspannt und eine Kraft $F = F_1$ auf die Lagerbuchse 10 aufbringt, so dass die Lagerbuchse 10 im Bild nach rechts gedrückt wird und der Lagerspalt 14 auf der linken Seite verschwindet und rechts die doppelte Breite hat. Man misst nun die relative Lage der Lagerbuchse 10 in radialer Richtung.

[0047] In einem weiteren Schritt übt man nun eine Kraft $F = F_2$ von rechts auf die Lagerbuchse 10 aus. Hierdurch bewegt sich die Lagerbuchse 10 nach links, so dass der rechte Abschnitt des Lagerspalts 14 verschwindet und der linke Abschnitt die doppelte Breite aufweist.

[0048] In dieser Stellung misst man wiederum die relative Lage der Lagerbuchse 10 in radialer Richtung.

[0049] Durch Gegenüberstellen der relativen Lagen bei Kraftausübung F_1 und Kraftausübung F_2 kann man die Gesamtverschiebung der Lagerbuchse 10 in radialer Richtung bestimmen, die der doppelten Breite g des Lagerspaltes 14 entspricht.

[0050] Die einfache Breite g des Lagerspalts 14 stellt das radiale Spiel des fluiddynamischen Gleitlagers dar.

[0051] Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch einen Teil eines Spindelmotors mit einem fluiddynamischen Lagersystem. Man erkennt die Lagerbuchse 10, die hier als komplettes Rotorbauteil inklusive Nabe des Motors ausgebildet ist.

[0052] Eine im Querschnitt T-förmige Welle 12 ist in der Lagerbohrung der Lagerbuchse 10 drehbar angeordnet. Die Welle 12 ist in einem feststehenden Lagerbauteil 18 befestigt.

[0053] Zwischen der Welle 12 und der Lagerbohrung der Lagerbuchse 10 verbleibt ein Lagerspalt 14, der mit einem Lagerfluid gefüllt ist. Das Rotorbauteil dreht sich um eine Drehachse 16.

[0054] Das Lagersystem umfasst beispielsweise zwei fluiddynamische Radiallager 24, 26, die einem axialen Abstand zueinander zwischen der Welle 12 und der Lagerbuchse 10 angeordnet sind. Zwischen den beiden Radiallagern 24, 26 verbreitert sich der Lagerspalt und definiert einen sogenannten Separatorspalt 28 mit größerer Spaltbreite.

[0055] Erfindungsgemäß ist die Breite des Lagerspaltes 14 interessant, da diese dem radialen Spiel des fluiddynamischen Gleitlagers entspricht.

[0056] In einem ersten Schritt der Erfindung wird mittels einer Spannvorrichtung 20 die Lagerbuchse, d. h. das Rotorbauteil 10, radial gespannt. Dann wird mittels eines Messensors, beispielsweise eines taktilen Tasters 22, die Koordinate des Messpunktes R_1 gemessen. Diese Messung wird nun mindestens einmal, vorzugsweise mehrfach, für weitere Messpunkte R_i entlang dem Umfang der Lagerbuchse wiederholt. Idealerweise wird durch die Messreihe der vollständige Umfang der Lagerbuchse abgetastet und somit deren Durchmesser bestimmt. Sollten nur relativ wenige Messpunkte R_i verwendet werden, dann ist es besonders vorteilhaft, wenn sich die Messpunkte immer paarweise gegenüberliegen.

[0057] Aus den ermittelten Messpunkten entlang des Umfangs der Lagerbuchse kann nun der Radius Z_1 , beziehungsweise der Durchmesser $OD_1 = 2 Z_1$, bestimmt werden.

[0058] Die Lagerbuchse 10 wird danach wieder aus der Spannvorrichtung 20 ausgespannt.

[0059] In einem weiteren Schritt gemäß Figur 3 wird nun die Welle 12 bzw. das die Welle haltende Lagerbauteil 18 in die Spannvorrichtung 20 eingespannt.

[0060] Das Rotorbauteil 10 mit Lagerbuchse ist im Rahmen des radialen Lagerspiels frei beweglich. Dieser Umstand wird ausgenutzt, indem in einem weiteren Schritt mit dem taktilen Messsensor 22 eine Kraft in etwa radialer Richtung nach links auf das Rotorbauteil 10 ausgeübt wird.

[0061] Das Rotorbauteil 10 wird sich dabei nach links verschieben, so dass sich auch die Breite des Lagerspaltes rechts und links der Achse entsprechend verschiebt.

[0062] Die Kraft durch den taktilen Messsensor 22 wird solange aufrechterhalten, bis der Lagerspalt rechts von der Achse 16 verschwindet und links der Achse 16 die doppelte Spaltbreite g aufweist. Die Oberfläche der Lagerbohrung liegt in dieser Position an der Oberfläche der Welle 12 an. Vor dem Aufnehmen eines Messwertes kann es vorteilhaft sein, die Kraft auf die Lagerbuchse zu reduzieren, so dass eine mögliche Durchbiegung der Welle vermindert werden kann. In einem nächsten Schritt wird in dieser Stellung die Koordinate des Messpunktes P_i mittels des taktilen Messsensors 22 gemessen.

[0063] Im weiteren Verlauf des Verfahrens wird die Messung mittels des taktilen Messsensors 22 an mindestens einem weiteren Messpunkt P_i , mit $i = 2, 3, 4, \dots$, wiederholt. Zur Verbesserung der Genauigkeit ist es dabei vorteilhaft, die Messung an möglichst vielen Messpunkten P_i vorzunehmen, so dass die Koordinaten der Messpunkte P_i zu einer Durchmesserbestimmung verwendet werden können. Dabei ist es wiederum zweckmäßig, wenn die Messpunkte P_i derart verteilt sind, dass sich immer zwei Messpunkte auf dem Umfang der Lagerbuchse gegenüberliegen. Sich gegenüberliegende Messpunkte P_i erhöhen die Messgenauigkeit besonders stark, wenn nur relativ wenige Messpunkte P_i verwendet werden.

[0064] Aus den ermittelten Messpunkten entlang dem Umfang kann nun der Radius $Z2$, beziehungsweise der Durchmesser $OD2$, bestimmt werden. Somit kann über die Differenz $(OD2 - OD1) / 2$ das radiale Spiel $RP = (OD2 - OD1) / 2$ bestimmt werden.

[0065] Da sich das Rotorbauteil zwischen den Figuren 2 und 3 um eine Breite g des Lagerspaltes nach links verschoben hat, wird auch die halbe Differenz zwischen $OD2$ und $OD1$ der Breite g des Lagerspaltes entsprechen.

[0066] Diese Breite g des Lagerspaltes ist gleichzeitig das radiale Spiel RP des fluiddynamischen Gleitlagers.

[0067] Anhand der Figuren 4 und 5 sollen nun die in der Beschreibung der Figur 3 erwähnten Verfahrensschritte verdeutlicht werden. Die Figuren 4 und 5 zeigen eine schematische Draufsicht auf das die Lagerbuchse umfassende Rotorbauteil 10 und die in einer zentralen Ausnehmung des Rotorbauteils 10 befindlichen Welle 12. In der Figur 3 ist eine Momentaufnahme skizziert, bei der das Rotorbauteil 12 von dem Messsensor 22 nach links gegen die Welle 12 gedrückt wird während sich auf der gegenüberliegenden Seite ein maximaler Lagerspalt 14 einstellt. Beim Messen der Koordinaten des Messpunktes P_i kann die durch den Messsensor ausgeübte Kraft $F = F1$ reduziert werden, so dass eine mögliche Durchbiegung der Welle 12 vermindert werden kann.

[0068] Im Beispiel stimmen die Zustellrichtung v des Messsensors 22 die auf das Rotorbauteil 10 ausgeübte Kraft $F1$ überein, so dass der Messpunkt P_i auf der Verbindungslinie des Mittelpunktes des Rotorbauteils 10 und des Mittelpunktes des Messsensors liegt. Es ist vorteilhaft, wenn der Messsensor 22 den Punkt auf seiner Oberfläche, der mit dem Messpunkt P_i auf dem Außenumfang des Rotorbauteils in Kontakt kommt, erkennen kann. Der in der Figur 4 gestrichelt gezeichnete Messsensor 22 übt beispielsweise eine Kraft $F = F2$ auf das Rotorbauteil 10 aus, deren Richtung von der Zustellrichtung v des Messsensors 22 abweicht. Da der Messsensor jedoch die auf ihn wirkende Rückstellkraft messen kann und beispielsweise seine relative Lage zur Messebene bekannt ist, kann die Lage des Berührungspunktes auf der Oberfläche des

Messsensor 22 bestimmt und somit auch in diesem Fall die Koordinaten des Messpunkts P_i exakt ermittelt werden.

[0069] Figur 5 zeigt eine weitere Messung an einem weiteren Messpunkt P_{i+1} , bei dem der Messsensor 22 um einen Winkel α im Vergleich zur Messung am Messpunkt P_i versetzt wurde. Die radial zustellbare Vorrichtung bewegt den Messsensor 22 wieder in Richtung des Rotorbauteils 10, wobei die Zustellrichtung v_3 der Richtung der auf das Rotorbauteil ausgeübten Kraft $F = F_3$ entspricht. Der Messsensor 22 drückt wiederum einen Innenumfang des Rotorbauteils 10 gegen den Außenumfang der Welle 12, so dass die Koordinaten des Messpunkts P_{i+1} ermittelt werden können.

[0070] Der Messsensor 22 kann zwischen zwei Messungen durch die radial zustellbare Vorrichtung von dem Rotorbauteil 10 wegbewegt werden. Ebenso ist es auch möglich, dass der Messsensor 22 entlang des Umfangs des Rotorbauteils 10 bewegt wird und dabei kontinuierlich eine Kraft auf das Rotorbauteil 10 ausübt.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

10	Rotorbauteil mit Lagerbuchse
12	Welle
14	Lagerspalt
16	Achse
18	Lagerbauteil
20	Spannvorrichtung
22	Messsensor
24	fluidodynamisches Radiallager
26	fluidodynamisches Radiallager
28	Separatorspalt
F1, F2, F3	Kraft
v, v_3	Zustellrichtung
Z1, Z2	Radius

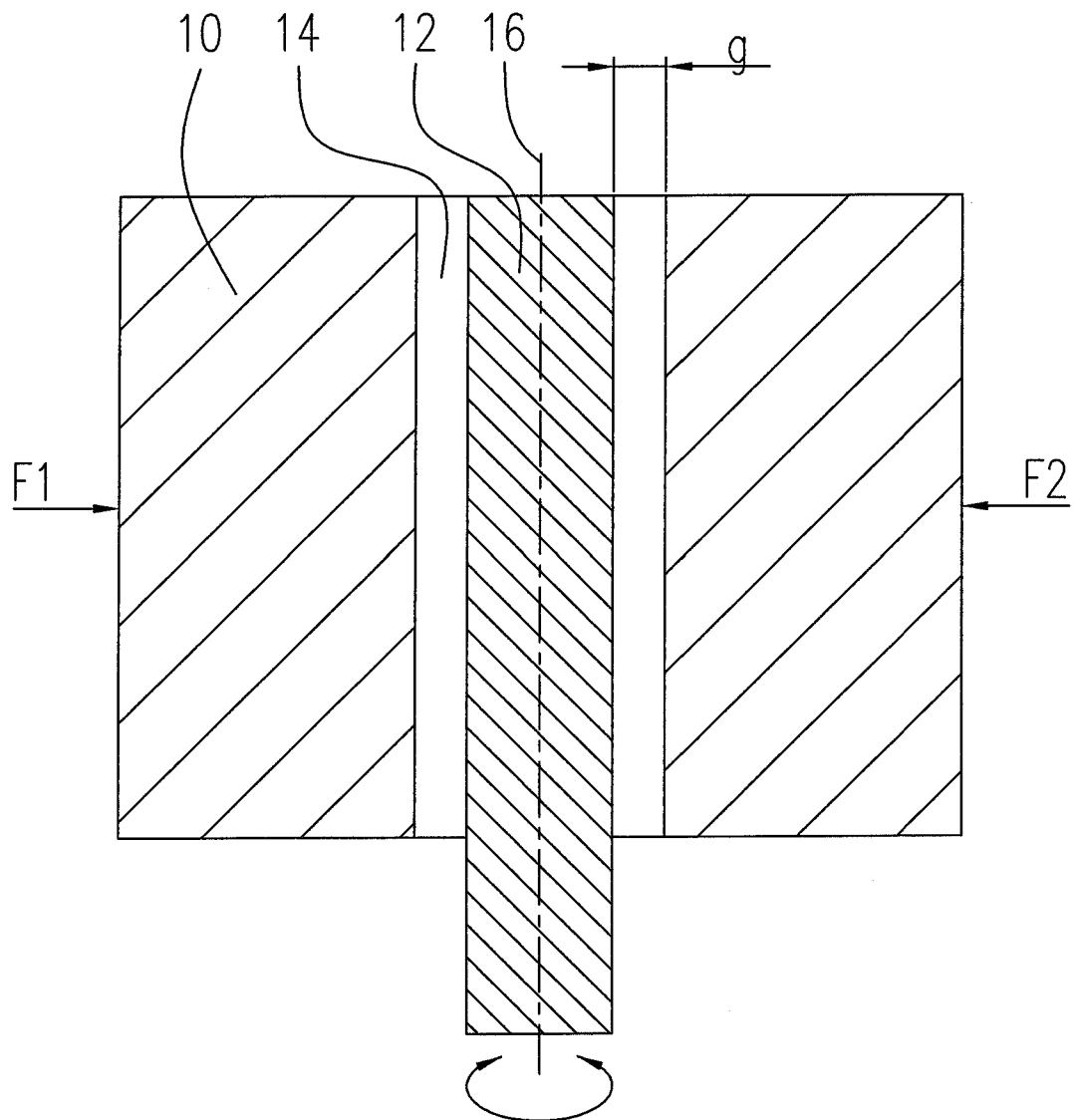
Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des radialen Spiels bei einem fluiddynamischen Lager, wobei das fluiddynamische Lager eine Lagerbuchse (10) und eine in einer Lagerbohrung der Lagerbuchse (10) angeordnete Welle (12) aufweist, mit den Schritten:
 - A) Bestimmen der Koordinaten von mindestens 2 Messpunkten (R_1 , R_2) auf einem Außenumfang der Lagerbuchse (10) bei festgehaltener Lagerbuchse (10) und anschließendes Lösen der Lagerbuchse (10),
 - B) Ausüben einer radial wirkenden Kraft F auf einen Messpunkt (P_1) auf dem Außenumfang der Lagerbuchse (10) bei festgehaltener Welle (12), so dass die Lagerbuchse (10) in Bewegung versetzt wird, wobei die Kraft F aufrecht erhalten wird, bis sich die festgehaltene Welle (12) und die Lagerbuchse (10) berühren,
 - C) Bestimmen der Koordinaten des Messpunktes (P_1) während sich die festgehaltene Welle (12) und die Lagerbuchse (10) unter Einwirkung der Kraft F berühren,
 - D) Wiederholen der Schritte B und C für mindestens einen weiteren Messpunkt (P_2) am Außenumfang der Lagerbuchse (10),
 - E) Bestimmen des radialen Spiels durch Vergleichen der Messwerte des Messpunkts (R_i) und des Messpunkts (P_i).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich mindestens zwei Messpunkte auf dem Außenumfang der Lagerbuchse (10) zur Bestimmung der Messwerte des Messpunkts (R_i) wenigstens näherungsweise gegenüberliegen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Messpunkte auf dem Außenumfang der Lagerbuchse (10) zur Bestimmung der Messwerte des Messpunkts (P_i) sich wenigstens näherungsweise gegenüberliegen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestimmung des radialen Spiels mindestens 4 Messpunkte (R_i) sowie mindestens 4 Messpunkte (P_i) umfasst.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schritte A, B und C in derselben Axialebene der Lagerbuchse (10) durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraft F von einem Messsensor (22) ausgeübt wird, der als berührender Messsensor (22) ausgebildet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraft F auf den Messpunkt (P_1) am Außenumfang der Lagerbuchse (10) nach dem Schritt B, wenn sich die festgehaltene Welle (12) und die Lagerbuchse (10) berühren, reduziert wird, so dass die Messung im Schritt C unter reduzierter Krafteinwirkung F_b erfolgt, wobei $F > F_b \geq 0$ gilt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messsensor (22) im Bereich des Berührungspunktes eine konvexe Oberfläche aufweist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraft F von einer radial zustellbaren Vorrichtung ausgeübt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messsensor (22) derart ausgebildet ist, dass eine Abweichung der Richtung der auf den Außenumfang der Lagerbuchse (10) ausgeübten Kraft F von der Zustellrichtung der radial zustellbaren Vorrichtung bestimmbar ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

Fig. 1



2/3

Fig. 2

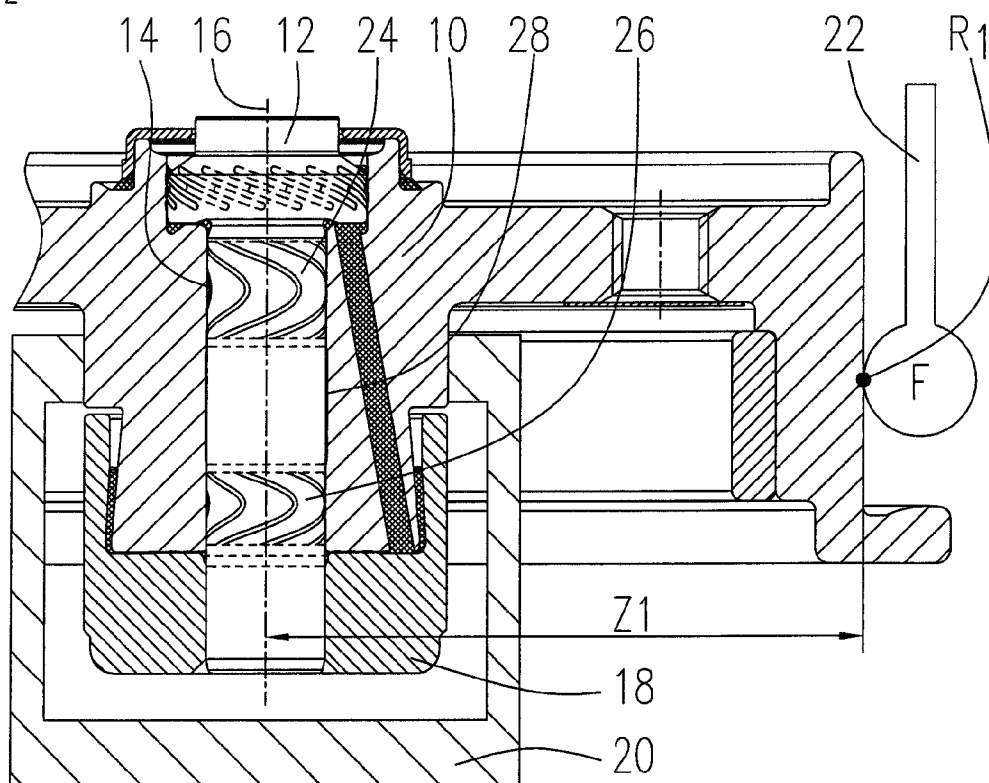


Fig. 3

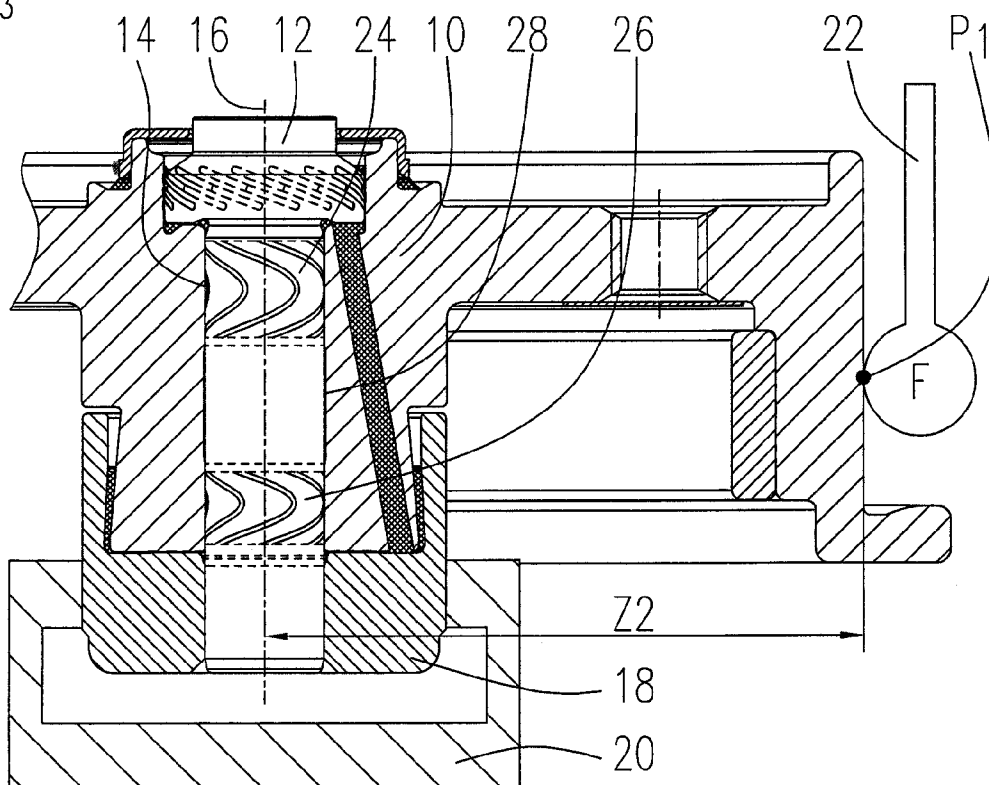


Fig. 4

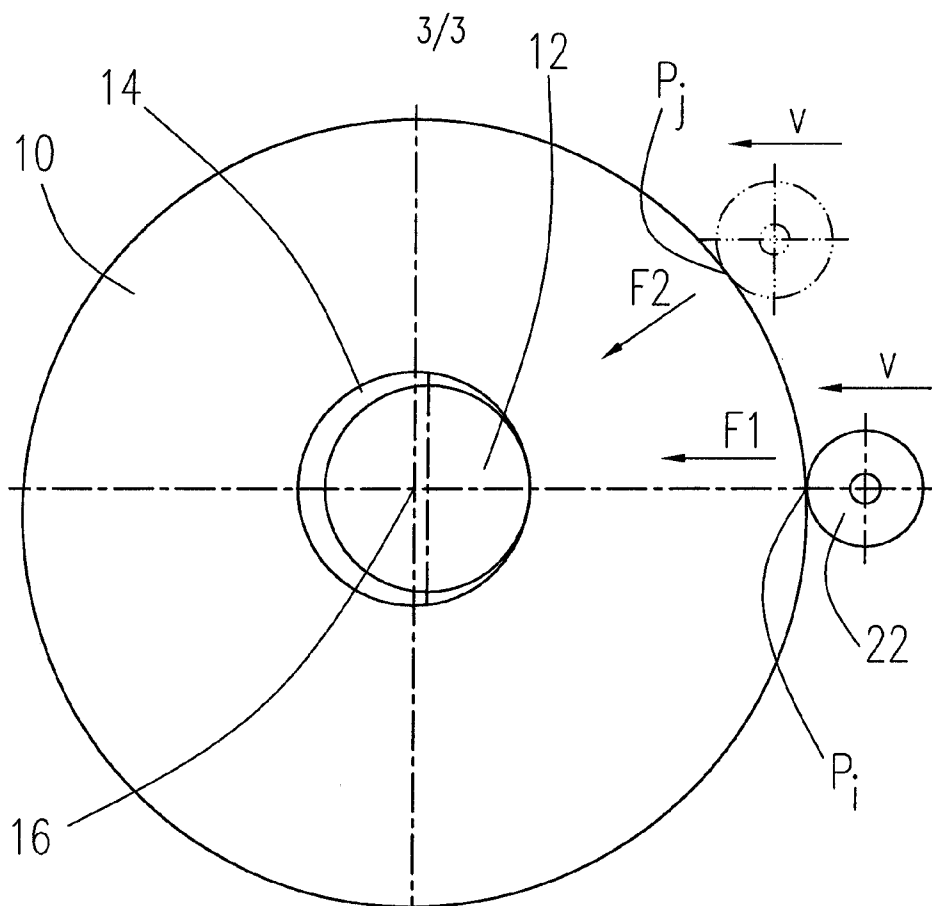


Fig. 5

