

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50375/2017 (51) Int. Cl.: **F16C 33/14** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 08.05.2017 **F16C 33/74** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2019 **B08B 5/02** (2006.01)
G11B 19/20 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 519696 A1
JP 2009028633 A
DE 102015013029 A1
KR 20110026220 A
WO 2017029742 A1

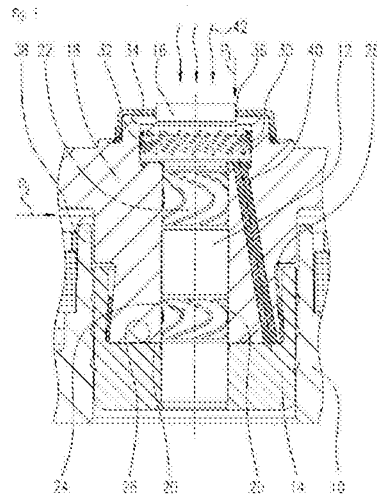
(73) Patentinhaber:
MINEBEA MITSUMI Inc.
389-0293 Nagano (JP)

(72) Erfinder:
Ross Igor Dr.
78224 Singen (DE)
Fuss Thomas Dr.
78628 Rottweil (DE)
Winterhalter Olaf
78736 Epfendorf (DE)

(74) Vertreter:
Gibler & Poth Patentanwälte KG
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem unter Verwendung eines unter Druck applizierten Reinigungsmediums**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem mit Hilfe eines Reinigungsmediums, wobei das Lagersystem einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt (20) mit mindestens zwei Öffnungen aufweist, wobei das Reinigungsmedium in Form eines Reinigungsstrahls (42) mit einem bestimmten Druck (P) und für eine bestimmte Reinigungszeit (t) auf den Spindelmotor auftrifft, wobei der Druck (P) und die Reinigungszeit (t) des Reinigungsstrahls (42) derart eingestellt werden, dass mindestens ein vorherbestimmter Grenzwert für den Druck und/oder die Reinigungszeit nicht überschritten wird. Der Grenzwert für den Druck ist eine Funktion $P(t)$ aus der Summe eines zeitunabhängigen Druckwerts und eines von der Reinigungszeit (t) abhängigen Druckwerts. Die Funktion $P(t)$ besteht aus der Summe eines kritischen Drucks (P_C) und dem Produkt aus einer Druckkonstante (p_k) und dem Kehrwert der Reinigungszeit (T): $P(t) = P_C + p_k/t$



Beschreibung

VERFAHREN ZUM REINIGEN EINES SPINDELMOTORS MIT FLUIDDYNAMISCHEM LAGERSYSTEM UNTER VERWENDUNG EINES UNTER DRUCK APPLIZIERTEN REINIGUNGSMEDIUMS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem unter Verwendung eines unter Druck applizierten Reinigungsmediums nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Spindelmotoren mit fluiddynamischem Lagersystem werden beispielsweise zum Antrieb von Festplattenlaufwerken und Lüftern eingesetzt und umfassen ein feststehendes Motorbauteil und ein rotierendes Motorbauteil, die mittels des fluiddynamischen Lagersystems relativ zueinander drehbar gelagert sind. Das fluiddynamische Lagersystem weist einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt auf, der mindestens eine Öffnung aufweist, die durch mindestens einen Dichtungsspalt abgedichtet ist. Der Dichtungsspalt ist direkt oder indirekt mit der Umgebungsatmosphäre verbunden.

[0003] Die DE 10 2012 020 866 A1 offenbart Spindelmotoren mit verschiedenen Arten von fluiddynamischen Lagern. Die Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 4 zeigen fluiddynamische Lager mit fluiddynamischen Radiallagern und Axiallagern, während in Fig. 3 ein fluiddynamisches konisches Lager dargestellt ist. Die hier gezeigten fluiddynamischen Lagersysteme haben alle einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt, der durch mindestens einen kapillaren Dichtungsspalt abgedichtet ist, wobei der Dichtungsspalt eine Öffnung aufweist, die direkt oder indirekt mit der Umgebungsatmosphäre verbunden ist.

[0004] Die österreichische Patentanmeldung AT 519696 A1 zeigt ein Verfahren zur Messung der Differenzdruckfestigkeit eines fluiddynamischen Lagersystems.

[0005] Die JP 2009028633 A zeigt eine Reinigungsmethode für Komponenten, die einen hohen Reinheitsgrad erfordern, insbesondere für Spindelmotoren.

[0006] Die DE102015013029A1 zeigt einen Spindelmotor mit einem feststehenden Motorbauteil, wobei der Spindelmotor für einen Reinigungsvorgang mit einem unter Druck applizierten Reinigungsmedium ausgebildet ist.

[0007] Die KR 20110026220 A1 zeigt ein Reinigungssystem für die Linse einer Fahrzeugkamera, wobei die Linse mittels komprimierter Luft gereinigt wird.

[0008] Die WO 2017029742 A1 zeigt ein Reinigungsverfahren mit Reinigungsgasen, deren Druck abhängig von der Reinigungsdauer eingestellt wird.

[0009] Während der Fertigung und/oder nachdem der Spindelmotor fertig montiert ist, muss er sorgfältig gereinigt werden, um insbesondere feinste Metallpartikel, sonstige Schmutzpartikel oder anderweitige Kontaminationen wie Öl oder Fett zu entfernen, die bei der Montage oder durch Abrieb an den Motorbauteilen entstehen können. Die Reinigung erfolgt mittels eines gasförmigen, flüssigen oder festen Reinigungsmediums, beispielsweise mittels eines Druckluftstrahlverfahrens durch Trockeneisstrahlen oder CO₂-Schneestrahlen, bei dem als Strahlmittel flüssiges Kohlenstoffdioxid eingesetzt wird.

[0010] Bei der Reinigung muss vermieden werden, dass das Reinigungsmedium unter hohem Druck in Spaltöffnungen des Spindelmotors eindringt, welche direkt oder indirekt mit dem mit Lagerfluid gefüllten Lagerspalt verbunden sind. Es besteht ansonsten die Gefahr, dass sich zwischen den Enden des Lagerspalts bzw. der den Lagerspalt abdichtenden kapillaren Dichtungsspalte große Druckunterschiede bilden, die das Lagerfluid aus dem Lagerspalt heraus befördern und das Lager unbrauchbar machen. Je nach gegenseitiger Lage, z. B. bei exzentrischer Lage der Lagerbauteile bei ruhendem Lagersystem, ist die Spaltbreite des ringförmigen Lagerspalts nicht überall gleich groß, sondern kann auf einer Seite größer sein als auf der anderen Seite. Je größer der Lagerspalt ist, desto größer ist die Druckangriffsfläche (Oberflä-

che) des im Lagerspalt befindlichen Lagerfluids.

[0011] Um solche Druckunterschiede zu vermeiden, muss der Reinigungsvorgang sehr vorsichtig durchgeführt werden.

[0012] Zudem können durch den Reinigungsvorgang gasförmige Bestandteile des Reinigungsmediums, beispielweise Druckluft oder CO₂, in den Lagerspalt eindringen und sich in Form von kleinen Gasbläschen im Lagerfluid anreichern oder als größere Blasen im Lagerspalt verbleiben. Gaseinschlüsse im Lagerfluid bzw. Lagerspalt können die Lagerfunktion beeinträchtigen und das Lager beschädigen.

[0013] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem unter Verwendung eines unter Druck applizierten Reinigungsmediums anzugeben, bei dem die Gefahr eines Austretens von Lagerfluid aus dem Lagerspalt und/oder ein Eindringen des Reinigungsmediums in den Lagerspalt verringert wird.

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0015] Bevorzugte Ausgestaltungen und weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0016] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem mit Hilfe eines Reinigungsmediums beschrieben, wobei das Lagersystem einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt mit mindestens zwei Öffnungen aufweist. Das Reinigungsmedium in Form eines Reinigungsstrahls wird mit einem bestimmten Druck P und für eine bestimmte Reinigungszeit t auf den Spindelmotor gerichtet.

[0017] Hierbei werden der Druck P und die Reinigungszeit t des Reinigungsstrahls des Reinigungsmediums derart eingestellt, dass mindestens jeweils ein vorherbestimmter Grenzwert für den Druck P und/oder die Reinigungszeit t nicht überschritten wird.

[0018] Es hat sich herausgestellt, dass die Ausströmgeschwindigkeit des Reinigungsmediums und damit der auf den Spindelmotor wirkende statische und dynamische Druck P sowie die Reinigungszeit t dieses Druckes (Reinigungszeit) ausschlaggebend dafür sind, ob Lagerfluid aus dem Lagerspalt des fluiddynamischen Lagers des Spindelmotors herausgedrückt wird und/oder gasförmiges Reinigungsmedium sich im Lager anreichert bzw. im Lagerfluid löst.

[0019] Erfindungsgemäß können sowohl der auf den Spindelmotor einwirkende Druck P des Reinigungsmediums, der insbesondere von der Ausströmgeschwindigkeit des Reinigungsmediums abhängt, als auch die Reinigungszeit t gesteuert werden. Um ein Austreten von Lagerfluid aus dem Lagerspalt und/oder ein Eindringen des Reinigungsmediums in das Lager zu vermeiden, ist es notwendig, den einwirkenden Druck P auf einen Wert unterhalb eines kritischen Grenzwertes P_C einzustellen und/oder die Reinigungszeit t entsprechend zu wählen. Die Oberflächenspannung des Lagerfluids im Lagerspalt muss größer sein als der einwirkende Druck des Reinigungsmediums, damit während des Reinigungsprozesses kein Lagerfluid aus dem Lagerspalt entweicht.

[0020] Im einfachsten Fall wird der Grenzwert für den Druck derart gewählt, dass in Folge des Differenzdrucks zwischen den Öffnungen des Lagerspalts gerade kein Lagerfluid aus dem Lagerspalt austritt. Dieser Druckwert wird als kritischer Druck P_C bezeichnet. Der kritische Druck P_C ist unabhängig von der Reinigungszeit t des Reinigungsmediums.

[0021] Versuche haben ergeben, dass der benötigte Druck, bei welchem sich gasförmige Bestandteile des Reinigungsmediums im Lagerfluid lösen bzw. Gasblasen im Lagerspalt verbleiben, ungleich höher ist als der oben angegebene kritische Druck P_C . Als kritischer Druck bei gängigen Spindelmotoren hat sich ein Druck P_C von kleiner oder gleich 389 Pa herausgestellt.

[0022] Als Reinigungsmedium kann ein gasförmiges und/oder flüssiges und/oder festes Reinigungsmedium verwendet werden, das unter Druck mit einer entsprechenden Auftreffgeschwindigkeit auf die Oberfläche des Spindelmotors aufgebracht wird. Hierbei werden bekannte Reini-

gungsverfahren, wie beispielsweise Druckluftstrahlverfahren, Trockeneisstrahlen oder CO₂-Schneestrahlen, bevorzugt.

[0023] Um den kritischen (Differenzdruck) Druck P_C eines Lagersystems zu bestimmen, bei dem Lagerfluid aus dem Lagerspalt austritt, können mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung an den Öffnungen des Lagerspalts unterschiedliche Drücke angelegt werden. Ziel ist es hierbei zu ermitteln, welcher Druck auf das Lager einwirken darf bevor das Lagerfluid aus dem Lagerspalt austritt aufgrund eines Differenzdruckes, der an den Öffnungen des Lagerspalts anliegt. Zum Einstellen des Strahlendrucks von Reinigungsmaschinen, wie z. B. CO₂-Reinigungsanlagen, Luftgebläsen, Vakuum-Vorrichtungen, etc. bieten diese Messinstrumente einen Anhaltswert für die zulässige maximale Druckbeaufschlagung des Lagers des Spindelmotors.

[0024] Aufgrund der Trägheit des Lagerfluids und der Kapillarkräfte, die das Lagerfluid im Lagerspalt festhalten, ist es aber durchaus möglich, den Reinigungsdruck über den kritischen Druck P_C hinaus zu erhöhen, wenn die Reinigungszeit t entsprechend kurz gehalten wird. In dieser bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Grenzwert daher ein von der Reinigungszeit abhängiger Druckwert $P(t)$.

[0025] Der zeitabhängige Druck $P(t)$ ist eine Funktion aus der Summe des kritischen Drucks P_C und eines Produkts aus einer Druckkonstante p_k und dem Kehrwert der Reinigungszeit t .

[0026] $P(t) = P_C + p_k \cdot 1/t$

[0027] Als kritischer Druck bei gängigen Spindelmotoren hat sich ein Druck P_C von kleiner oder gleich 389 Pa herausgestellt. Als Druckkonstante p_k kann vorzugsweise ein Wert von kleiner oder gleich 9000 Pa·s angesetzt werden.

[0028] Der Grenzwert, bei dem sich infolge des applizierten Drucks nennenswerte gasförmige Bestandteile des Reinigungsmediums im Lager anreichern, ist ungleich höher und beträgt ca. 2700 Pa. Die entsprechende Druckkonstante beträgt in diesem Fall ca. 4100 Pa·s.

[0029] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann der Grenzwert von mindestens einem weiteren Prozessparameter abhängig sein. Die Beweglichkeit des Lagerfluids, d. h. dessen Viskosität, spielt ebenfalls eine Rolle bei der Gefahr des Austretens aus dem Lagerspalt. Je dickflüssiger das Lagerfluid ist, d. h. je größer die Viskosität ist, desto geringer ist die Gefahr, dass Lagerfluid aus dem Lagerspalt austritt. Als weiterer Prozessparameter wird daher die Temperatur des Lagerfluids verwendet. Lagerfluide, die auf Monoester-Ölen basieren, werden bereits bei Temperaturen von unter -20°C fest. Lagerfluide, die auf Diester-Ölen basieren, werden bei -40°C zumindest sehr dickflüssig und erst unter -60°C fest.

[0030] Vorzugsweise kann es daher vorgesehen sein, den Spindelmotor vor der Reinigung zu kühlen, vorzugsweise auf Temperaturen von unterhalb der üblichen Raumtemperatur, also etwa 10°C oder weniger. Besonders bevorzugt beträgt die Temperatur 0°C oder weniger. Bei niedrigen Temperaturen von 0°C oder darunter wird das Lagerfluid zähflüssig oder sogar fest. Ferner erhöht sich die Viskosität und damit auch die Oberflächenspannung, die das Lagerfluid im Lagerspalt und den kapillaren Dichtungsspalten festhält. Folglich kann der mindestens eine Grenzwert in Bezug auf Reinigungsdruck und/oder Reinigungszeit größer gewählt werden.

[0031] Vorzugsweise kann bei der Montage des Spindelmotors beispielsweise eine Kühlstation vor der Reinigungsstation vorgesehen sein, in welcher die Spindelmotoren auf eine niedrige Temperatur gekühlt werden. Durch das Kühlen in der Kühlstation wird das im Lagerspalt enthaltene Lagerfluid dickflüssig und während des nachfolgenden Reinigungsprozesses im Lagerpalt und den Dichtungsspalten gehalten.

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Hierbei ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

[0033] Fig. 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein fluiddynamisches Lagersystem zur Drehlagerung eines Spindelmotors.

[0034] Das fluiddynamische Lager umfasst eine Basisplatte 10, von der in der Zeichnung lediglich ein Rand mit einer Öffnung zu sehen ist, in welcher ein etwa topfförmiges Lagerbauteil 14 befestigt ist. Das Lagerbauteil 14 ist beispielsweise in die Öffnung der Basisplatte 10 eingeklebt.

[0035] Das Lagerbauteil 14 weist in seiner Bodenfläche eine zentrale Öffnung auf, in welche eine Welle 12 eingepresst ist.

[0036] Die Welle weist an ihrem freien oberen Ende ein ringförmiges Lagerbauteil 16 auf, das einen deutlich größeren Außendurchmesser als die Welle 12 aufweist. Das Lagerbauteil 16 kann auch einteilig mit der Welle 12 ausgebildet sein.

[0037] Die genannten Bauteile 10, 12, 14 und 16 bilden das feststehende Bauteil des Lagersystems bzw. des mittels des Lagersystems drehgelagerten Spindelmotors.

[0038] Das drehbare Bauteil des Lagersystems bzw. des Spindelmotors ist gebildet durch eine Nabe 18, die in einem Zwischenraum drehbar angeordnet ist, der durch die feststehenden Lagerbauteile 10, 12, 14 und 16 begrenzt ist.

[0039] Hierbei ist die Welle 12 in einer Lagerbohrung der Nabe 18 aufgenommen, wobei die Oberflächen der Nabe 18 durch einen wenige Mikrometer breiten Lagerspalt 20 von den entsprechenden gegenüberliegenden Oberflächen der Lagerbauteile 12, 14 und 16 beabstandet ist.

[0040] Der Lagerspalt 20 ist mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt.

[0041] Eine untere Öffnung des Lagerspalts 20 ist durch einen ersten Dichtungsspalt 28 abgedichtet, der begrenzt ist durch eine äußere Umfangsfläche der Nabe 18 und eine innere Umfangsfläche des Lagerbauteils 14.

[0042] Der erste Dichtungsspalt 28 ist vorzugsweise als kapillarer Dichtungsspalt mit konischem Querschnitt ausgebildet.

[0043] Eine obere Öffnung des Lagerspalts 20 ist durch einen zweiten kapillaren Dichtungsspalt 30 abgedichtet, der begrenzt wird durch eine äußere Umfangsfläche des Lagerbauteils 16 und eine innere Umfangsfläche der Nabe 18.

[0044] Entlang dieses zweiten Dichtungsspalts 30 ist vorzugsweise eine dynamische Pumpdichtung 32 angeordnet, welche Pumprillenstrukturen umfasst, die beispielsweise auf der inneren Umfangsfläche der Nabe 18 oder der äußeren Umfangsfläche des Lagerbauteils 16 angeordnet sind.

[0045] Entlang eines axial verlaufenden Abschnitts des Lagerspalts 20, der durch die äußere Umfangsfläche der Welle 12 und die innere Umfangsfläche der Lagerbohrung in der Nabe 18 begrenzt ist, sind zwei in einem axialen Abstand voneinander angeordnete fluiddynamische Radiallager 22, 24 angeordnet.

[0046] Die Radiallager weisen Lagerrillenstrukturen auf, die auf der Oberfläche der Lagerbuchse 18 und/oder der Oberfläche der Welle angeordnet sind.

[0047] Entlang eines radial verlaufenden Abschnitts des Lagerspalts 20, der von der Bodenfläche des Lagerbauteils 14 und der unteren Stirnseite der Lagerbuchse 18 begrenzt ist, ist ein fluiddynamisches Axiallager 26 angeordnet, das beispielsweise spirallinienförmige Lagerrillenstrukturen aufweist, die auf der Oberfläche des Lagerbauteils 14 und/oder der gegenüberliegenden Oberfläche der Nabe 18 angeordnet sind.

[0048] Sobald sich die Nabe 18 relativ zu den feststehenden Lagerbauteilen 12, 14 und 18 dreht, erzeugen die Lagerrillenstrukturen der Radiallager 22, 24 und des Axiallagers 26 einen fluiddynamischen Druck im Lagerspalt, so dass sich die Nabe 18 berührungslos und nur getrennt durch den Lagerspalt 20 relativ zu den feststehenden Lagerbauteilen drehen kann.

[0049] Die Pumprillenstrukturen der dynamischen Pumpdichtung 32 erzeugen eine Pumpwirkung im Dichtungsspalt 30 in Richtung des Lagerspalts 20, was die Dichtungswirkung des Dichtungsspalts 30 verbessert und zur Zirkulation des Lagerfluids im Lagerspalt 20 beiträgt.

Über einen Rezirkulationskanal 40, der als Bohrung in der Nabe 18 ausgebildet ist, kann das Lagerfluid vom oberen Ende des Lagerspalts 20 unmittelbar nach unten zurück zum anderen Ende des Lagerspalts 20 fließen, so dass eine vollständige Zirkulation des Lagerfluids im Lager möglich ist.

[0050] Nach dem Zusammenbau muss ein solches fluiddynamisches Lagersystem gereinigt werden, wobei beispielsweise eine Reinigung mittels Druckluft oder CO₂-Schnee vorgenommen wird.

[0051] Das Reinigungsmedium in Form von Druckluft oder CO₂-Schnee wird in Form eines Reinigungsstrahls 42 auf die zu reinigende Oberfläche des Lagersystems bzw. Spindelmotors gerichtet.

[0052] Dieser Reinigungsstrahl 42 trifft mit einem bestimmten Druck, der von der Ausströmgeschwindigkeit des Reinigungsmediums abhängt, auf den Oberflächen des Lagersystems bzw. Spindelmotors auf.

[0053] Je nach Entfernung von der Austrittsdüse des Reinigungsstrahls 42 trifft das Reinigungsmedium mit einem unterschiedlichen Druck auf die zu reinigenden Oberflächen auf.

[0054] Das Lagersystem hat Öffnungen, über welche es mit der Außenumgebung verbunden ist. Beispielsweise ist der untere Lagerspalt 28 über einen Luftspalt 38 mit der Außenumgebung verbunden, während der obere Dichtungsspalt 30 durch eine Abdeckung 34 abgedeckt ist und ebenfalls über einen schmalen Luftspalt 36 mit der Außenumgebung verbunden ist.

[0055] Der Reinigungsstrahl 42 strömt nun unter einem bestimmten Druck auf das Lagersystem, wobei es beispielsweise im Bereich des Luftspalts 36 und damit auch im Bereich des oberen Dichtungsspalts 30 mit einem Druck P_1 auftrifft, während weiter unten am Lager im Bereich des Luftspalts 38 und gleichermaßen am Dichtungsspalt 28 ein anderer Druck P_2 herrscht, der beispielsweise geringer ist als der Druck P_1 .

[0056] Am Lagersystem bzw. Lagerspalt 20 liegt daher ein Differenzdruck $P_D = P_1 - P_2$ an, wobei im gezeigten Beispiel der Druck P_1 größer ist als der Druck P_2 , so dass auf der Seite des oberen Dichtungsspalts 30 ein Überdruck herrscht.

[0057] Ist dieser Differenzdruck $P_D = P_1 - P_2$ groß genug und überschreitet einen kritischen Druck P_C , so wird aufgrund des Druckunterschieds das Lagerfluid aus dem Lagerspalt 20 hinausgedrückt.

[0058] Dieser kritische Druck P_C kann gemessen bzw. rechnerisch bestimmt werden und beträgt für das in der Fig. 1 dargestellte Lager beispielsweise 389 Pa.

[0059] Ist der Differenzdruck $P_D = P_1 - P_2$ kleiner als der kritische Druck P_C , so hat eine Reinigung, egal mit welcher Reinigungsdauer t , keinen Einfluss auf das Lagerfluid, so dass kein Lagerfluid aus dem Lagerspalt 20 entweicht.

[0060] Ist der Differenzdruck $P_D = P_1 - P_2$ jedoch im Betrag größer als der kritische Druck P_C , so wird das Lagerfluid aus dem Lagerspalt 20 entweichen.

[0061] Man hat festgestellt, dass der Druck des Reinigungsmediums 42 durchaus wesentlich höher sein kann als der kritische Druck P_C , wenn im Gegenzug die Reinigungsdauer t nur kurz genug ist.

[0062] Der kritische Druck P_C ist unabhängig von der Reinigungsdauer t , d. h. die Reinigungsdauer t kann beliebig lang sein, ohne dass das Lagerfluid aus dem Lagerspalt herausgedrückt wird.

[0063] Eine Reinigung mit einem höheren Druck ist möglich, wenn die Reinigungsdauer t beispielsweise deutlich kleiner als 10 Sekunden gewählt wird.

[0064] Bei der Reinigung wird daher ein zeitabhängiger Druck $P(t)$ verwendet, welcher eine Funktion aus der Summe des kritischen Druckes P_C und eines Produkts aus einer Druckkonstante p_k und dem Kehrwert der Reinigungszeit t ist.

[0065] Dabei ist die Druckkonstante p_k vorzugsweise ein Wert von kleiner oder gleich 9000 Pa·s.

BEISPIEL 1:

[0066] Bei einer Reinigungsdauer von $t = 5$ Sekunden kann der maximale Reinigungsdruck $P_{(5)} = 389 \text{ Pa} + 9000 \text{ Pa} \cdot \text{s} / 5 \text{ s} = 2189 \text{ Pa}$ betragen.

BEISPIEL 2:

[0067] Bei einer Reinigungsdauer von $t = 10$ Sekunden kann der maximale Reinigungsdruck $P_{(10)} = 389 \text{ Pa} + 9000 \text{ Pa} \cdot \text{s} / 10 \text{ s} = 1289 \text{ Pa}$ betragen.

[0068] Die beiden oben angegebenen Beispiele gelten für eine Temperatur des Lagerfluids von 25°C.

[0069] Wird das Lagerfluid gekühlt, so erhöhen sich dessen Oberflächenspannung und Viskosität, so dass sich der kritische Druck P_C und die Druckkonstante deutlich erhöhen. Beispielsweise ist die Viskosität des Lagerfluids bei einer Temperatur von 0°C etwa 3 Mal so hoch wie bei einer Temperatur von 25°C.

Somit können auch die Werte für den kritischen Druck und die Druckkonstante in etwa mit dem Faktor 3 multipliziert werden. Es ergibt sich bei einer Temperatur des Lagerfluids von 0°C ein kritischer Druck P_{C0} von ca. 1167 Pa und eine Druckkonstante p_{k0} von 27000 Pa·s.

BEISPIEL 3:

[0070] Bei einer Reinigungsdauer von $t = 10$ Sekunden und einer Temperatur des Lagerfluids von 0°C kann der maximale Reinigungsdruck $P_{(10)} = 1167 \text{ Pa} + 27000 \text{ Pa} \cdot \text{s} / 10 \text{ s} = 3867 \text{ Pa}$ betragen.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

10	Basisplatte
12	Welle
14	Lagerbauteil
16	Lagerbauteil
18	Nabe
20	Lagerspalt
22	fluidodynamisches Radiallager
24	fluidodynamisches Radiallager
26	fluidodynamisches Axiallager
28	Dichtungsspalt
30	Dichtungsspalt
32	dynamische Pumpdichtung
34	Abdeckung
36	Luftspalt
38	Luftspalt
40	Rezirkulationskanal
42	Reinigungsstrahl
P_1	Druck
P_2	Druck

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem mit Hilfe eines Reinigungsmediums, wobei das Lagersystem einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt (20) mit mindestens zwei Öffnungen aufweist, wobei das Reinigungsmedium in Form eines Reinigungsstrahls (42) mit einem bestimmten Druck (P) und für eine bestimmte Reinigungszeit (t) auf den Spindelmotor auftrifft, wobei der Druck (P) und die Reinigungszeit (t) des Reinigungsstrahls (42) derart eingestellt werden, dass mindestens ein vorherbestimmter Grenzwert für den Druck und/oder die Reinigungszeit nicht überschritten wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert für den Druck eine Funktion P(t) aus der Summe eines zeitunabhängigen Druckwerts und eines von der Reinigungszeit (t) abhängigen Druckwerts ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktion P(t) aus der Summe eines kritischen Drucks (P_C) und eines Produkts aus einer Druckkonstante (p_k) und dem Kehrwert der Reinigungszeit (t) besteht:
$$P(t) = P_C + p_k/t$$
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktion P(t) derart gewählt ist, dass infolge eines Differenzdrucks (P_D) zwischen den Öffnungen des Lagerspalts (20) gerade kein Lagerfluid aus dem Lagerspalt (20) austritt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktion P(t) derart gewählt ist, dass sich in Folge des applizierten Drucks während der Reinigungszeit (t) keine nennenswerten gasförmigen Bestandteile des Reinigungsmediums im Lagerspalt oder Lagerfluid anreichern.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als kritischer Druck ein Druck (P_C) von kleiner oder gleich 389 Pa verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Druckkonstante (p_k) ein Wert von kleiner oder gleich 9000 Pa·s verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Funktion P(t) in Abhängigkeit von mindestens einem weiteren Prozessparameter eingestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als weiterer Prozessparameter die Temperatur des Lagerfluids verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren bei einer Temperatur des Lagerfluids von 10°C oder weniger durchgeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren bei einer Temperatur des Lagerfluids von 0°C oder weniger durchgeführt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

