



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 005 601 A1** 2007.08.23

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 005 601.9**

(22) Anmeldetag: **06.02.2006**

(43) Offenlegungstag: **23.08.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16C 17/02** (2006.01)

**F16C 17/10** (2006.01)

**F16C 17/22** (2006.01)

**F16C 33/20** (2006.01)

**H02K 7/08** (2006.01)

**G11B 19/20** (2006.01)

**F16C 17/18** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Minebea Co., Ltd., Nagano, JP**

(74) Vertreter:

**Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131 Lindau**

(72) Erfinder:

**Winterhalter, Olaf, 78736 Epfendorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE10 2004 044195 A1**

**DE 197 46 771 A1**

**DE 23 30 671 A1**

**DE 202 18 821 U1**

**GB 15 77 738 A**

**GB 13 37 621 A**

**GB 10 77 142 A**

**US 51 29 739 A**

**WO 2005/0 28 885 A1**

**JP 2001-3 36 524 A**

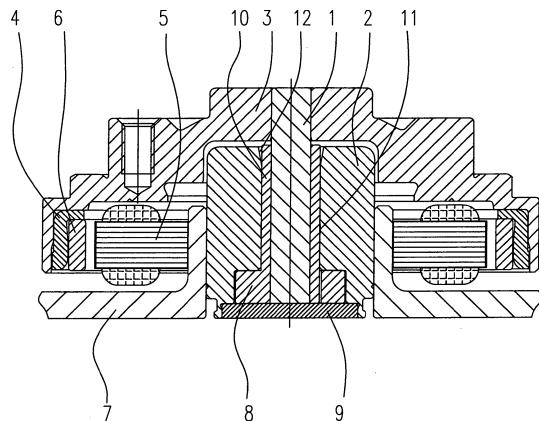
**JP 09042277 A (abstract). In. Patent Abstracts of Japan [CD-ROM];**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Fluiddynamisches Lagersystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein fluiddynamisches Lagersystem, insbesondere für einen Spindelmotor, mit einer Welle, die in einer Lagerbuchse aufgenommen und relativ zu dieser drehbar gelagert ist, wobei zwischen der Welle und der Lagerbuchse ein mit einem Lagerfluid gefüllter Lagerspalt vorhanden ist. Erfindungsgemäß besteht ein in der Lagerbuchse verlaufender Abschnitt der Welle, zumindest am Außenumfang, aus einem Kunststoffmaterial. Alternativ kann im Lagerspalt eine Folie aus einem Kunststoffmaterial angeordnet sein, deren Dicke geringer ist als die Breite des Lagerspaltes.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein fluiddynamisches Lagersystem, insbesondere zur Drehlagerung eines Spindelmotors, z. B. für den Antrieb von Festplattenlaufwerken.

## Stand der Technik

**[0002]** Spindelmotoren bestehen im wesentlichen aus einem Stator, einem Rotor und mindestens einem zwischen beiden angeordneten Lagersystem. Der elektromotorisch angetriebene Rotor ist mit Hilfe des Lagersystems gegenüber dem Stator drehgelagert. Als Lagersystem werden häufig fluiddynamische Lager verwendet.

**[0003]** Die DE 202 18 821 U1 offenbart ein typisches fluiddynamisches Lagersystem für Spindelmotoren, welches eine Lagerbuchse und eine Welle umfasst, die in einer axialen Bohrung der Lagerbuchse angeordnet ist. Die Welle rotiert frei in der Lagerbuchse, wobei die beiden Teile zusammen ein Radiallager bilden, dessen Lageroberflächen durch einen dünnen, konzentrischen und mit einem Schmiermittel gefüllten Lagerspalt voneinander beabstandet sind.

**[0004]** Eine axiale Verschiebung der Welle entlang der Rotationsachse wird durch entsprechend ausgestaltete fluiddynamische Drucklager verhindert. Derartige Drucklager werden häufig durch die beiden Stirnflächen einer an einem Ende der Welle angeordneten Druckplatte gebildet, die jeweils einer entsprechenden Stirnfläche der Lagerbuchse und einer innenliegenden Stirnfläche einer Abdeckplatte zugeordnet ist. Die Abdeckplatte bildet ein Gegenlager zur Druckplatte und verschließt das gesamte Lagersystem nach unten.

**[0005]** In der Regel bestehen die Bauteile des Lagersystems aus Stahl, Aluminium oder gesinterten Metallen und werden durch Verpressen, Schweißen oder Kleben miteinander verbunden. Die Kosten für Material und Montage sind daher relativ hoch.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein fluiddynamisches Lagersystem für den Einsatz in einem Spindelmotor anzugeben, das erheblich kostengünstiger aufgebaut und montiert werden kann.

**[0007]** Weiterhin ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Lager anzugeben, das über einen sehr hohen Temperaturbereich betriebsfähig ist.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

**[0009]** Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sowie andere vorteilhafte Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0010]** Das fluiddynamische Lagersystem gemäß der Erfindung umfasst eine Welle, die in einer Lagerbuchse aufgenommen und relativ zu dieser drehbar gelagert ist, wobei zwischen der Welle und der Lagerbuchse ein mit einem Lagerfluid gefüllter Lagerspalt vorhanden ist. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass ein in der Lagerbuchse verlaufender Abschnitt der Welle, zumindest am Außenumfang, aus einem Kunststoffmaterial besteht oder mit Kunststoff ummantelt ist.

**[0011]** Gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Welle aus Metall und ist zumindest entlang eines in der Lagerbuchse verlaufenden Abschnitts mit Kunststoff ummantelt. Durch den Metallkern hat die Welle in dieser Ausgestaltung ein entsprechend hohes Elastizitätsmodul und gute Festigkeitswerte.

**[0012]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann die Welle jedoch auch vollständig aus einem Kunststoffmaterial bestehen, wobei Festigkeit und Elastizitätsmodul im Vergleich zu einer Welle mit Metallkern sich etwas verschlechtern.

**[0013]** Das fluiddynamische Lager besitzt einen Lagerspalt, welcher den aus dem Kunststoffmaterial bestehenden Außenumfang des Wellenabschnittes und den Innenumfang der Lagerbuchse voneinander trennt. Dadurch, dass die Außenfläche der Welle im besagten Wellenabschnitt aus Kunststoff besteht, ergibt sich der Vorteil und die wünschenswerte Wirkung, dass sich das Kunststoffmaterial bei Änderungen der Umgebungstemperatur relativ stark ausdehnt bzw. zusammenzieht, so dass die Breite des Lagerspaltes von der Umgebungstemperatur abhängt und sich mit der Temperatur ändert.

**[0014]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann im Lagerspalt eine Folie aus einem Kunststoffmaterial angeordnet sein, deren Dicke geringer ist als die Breite des Lagerspaltes. Diese Ausgestaltung bietet ebenso den Effekt der temperaturabhängigen Breite des Lagerspaltes.

**[0015]** Fluiddynamische Gleitlager für Spindelmotoren sind in der Regel mit einem Lageröl gefüllt, dessen Viskosität stark temperaturabhängig ist. Bei einem angenommenen Betriebstemperaturbereich zwischen  $-10^{\circ}$  Celsius und  $+60^{\circ}$  Celsius eines Spindelmotors ändert sich die Viskosität des Lageröls etwa um einen Faktor 8 bis 10, das heißt bei einer Temperatur von  $-10^{\circ}$  Celsius ist die Viskosität 8 bis 10 mal größer als bei einer Temperatur von  $+60^{\circ}$  Celsius. In der Regel ist die Breite des Lagerspaltes, in dem das Lageröl sich befindet, konstruktionsbedingt

vorgegeben und liegt etwa im Bereich von 10µm bis einigen 10µm. Die Lagerbauteile sind in der Regel aus Metallen gefertigt, die einen relativ geringen Temperatúrausdehnungskoeffizient besitzen. Daher ändert sich die Breite des Lagerspaltes innerhalb des Betriebstemperaturbereichs kaum. Das Lageröl erzeugt aufgrund einer großen Viskosität bei niederen Temperaturen erheblich mehr Reibungswiderstand im Lager als vergleichsweise bei hohen Temperaturen. Das steigert den Energieverbrauch eines Spindelmotors bei niederen Temperaturen erheblich. Gleichzeitig erzeugen die auf den Lageroberflächen angeordneten Lagerstrukturen bei hoher Betriebstemperatur und geringer Viskosität des Lageröls eine deutlich geringere hydrodynamische Pumpwirkung auf das Lagerfluid, was die Lagersteifigkeit bei hohen Temperaturen negativ beeinflusst.

**[0016]** Erfindungsgemäß macht man sich nun den großen Temperatúrausdehnungskoeffizienten von Kunststoff zu nutze, um die Änderungen der Viskosität des Lagerfluids über den Betriebstemperaturbereich zumindest teilweise zu kompensieren. Erfindungsgemäß wird der Temperatúrausdehnungskoeffizient  $\alpha$  des Kunststoffmaterials der Welle derart gewählt, dass die temperaturabhängige Änderung der Breite  $s$  des Lagerspaltes auf eine temperaturabhängige Änderung der Viskosität  $\eta$  des Lagerfluids abgestimmt ist, derart, dass das Verhältnis zwischen der Viskosität des Lagerfluids und der Breite des Lagerspaltes im wesentlichen konstant bleibt. Die innere Reibungskraft des Lagerfluids  $F_R$  im Lagerspalt ist direkt proportional zur Viskosität  $\eta$  des Lagerfluids und umgekehrt proportional zum Abstand  $s$  der an den Lagerspalt angrenzenden Lagerflächen, also zur Breite des Lagerspaltes. Es gilt näherungsweise:

$$F_R \propto \frac{\eta}{s}$$

**[0017]** Ändert sich beispielsweise die Viskosität des Lagerfluids im Betriebstemperaturbereich um den Faktor 8 bis 10, so kann das Kunststoffmaterial der Welle derart gewählt werden, dass sich die Breite des Lagerspaltes im Betriebstemperaturbereich aufgrund einer Temperatúrausdehnung des Kunststoffmaterials ebenfalls um einen Faktor 8 bis 10 verringert. Damit bleibt die innere Reibung im Lagerfluid in etwa konstant und damit auch die Eigenschaften des Lagers über den Betriebstemperaturbereich.

**[0018]** Das Kunststoffmaterial von gegebener Dicke  $d_1$  erfährt bei einer Temperaturänderung  $\Delta T$  eine Temperatúrausdehnung von:

$$\Delta d = d_1 \alpha \Delta T$$

und demnach eine absolute Temperatúrausdehnung von

$$d_2 = d_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

Als weiteres Merkmal der Erfindung kann an der Welle in bekannter Weise eine Druckplatte angeordnet sein, die zusammen mit entsprechenden Gegenlagerflächen ein Drucklager ausbildet. Erfindungsgemäß kann die Außenoberfläche der Druckplatte ebenfalls mit einem Kunststoffmaterial umgeben sein bzw. die Druckplatte kann vollständig aus Kunststoff bestehen. Ferner können die Druckplatte und die Welle aus einem einzigen Kunststoffteil bestehen oder auch aus zwei, separaten Teilen, die erst bei der Montage zusammengefügt werden.

**[0019]** Neben dem Kostenvorteil, den die Herstellung der Weile und der Druckplatte aus Kunststoff bietet, besteht der wesentliche Vorteil, dass sich die Viskositätsunterschiede des Lagerfluids durch eine Breitenänderung des Lagerspaltes, hervorgerufen durch die Temperatúrausdehnung des Kunststoffmaterials, kompensieren lassen.

**[0020]** Eine weitere Kostenersparnis bei der Herstellung des Lagers bietet sich dadurch, dass im Kunststoffmaterial der Welle und/oder der Druckplatte bereits Lagerstrukturen integriert werden können.

**[0021]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass der Kunststoffmantel nicht unmittelbar auf der Oberfläche der Welle angebracht wird, sondern quasi schwimmend in den Lagerspalt eingebracht wird. Hierfür kann beispielsweise eine Kunststoffolie eingesetzt werden, deren Dicke geringer ist, als die Breite des Lagerspaltes. Die Kunststoffolie kann bei der Montage des Lagers in den Lagerspalt eingebracht werden und eventuell an der Welle oder Lagerbuchse fixiert werden. Sie kann aber auch schwimmend im Lagerspalt verbleiben. Bei einer Änderung der Umgebungstemperatur verändert sich in oben beschriebener Weise auch die Dicke der Kunststoffolie, so dass die effektive Breite des Lagerspaltes sich ebenfalls ändert und damit die oben beschriebenen Vorteile erreicht werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0022]** [Fig. 1](#) zeigt einen Schnitt durch einen Spindelmotor mit einem erfindungsgemäßen fluiddynamischen Lagersystem.

**[0023]** [Fig. 2](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs des Lagerspaltes bei niedriger Umgebungstemperatur.

**[0024]** [Fig. 3](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs des Lagerspaltes bei hoher Umgebungstemperatur.

**[0025]** [Fig. 4](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht des Lagerspaltes mit konischer Dichtung.

**[0026]** [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Ausgestaltung

der Erfindung mit einer in den Lagerspalt eingebrachten Kunststoffolie.

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

**[0027]** Der Spindelmotor nach [Fig. 1](#), der beispielsweise zum Antrieb eines Festplattenlaufwerks verwendet werden kann, umfasst eine feststehende Basisplatte **7**, an der eine Statoranordnung **5**, bestehend aus einem Stator Kern und Wicklungen, angeordnet ist. Eine Lagerbuchse **2** ist in einer Ausnehmung der Basisplatte gehalten und weist eine axiale zylindrische Bohrung auf, in welcher eine Welle **1** drehbar aufgenommen ist. Das freie Ende der Welle **1** trägt eine Nabe **3**, auf der eine oder mehrere Speicherplatten (nicht dargestellt) des Festplattenlaufwerks angeordnet und befestigt werden können. An dem inneren, unteren Rand der Nabe **3** ist ein von einem Joch **4** umgebener, ringförmiger Permanentmagnet **6** mit einer Mehrzahl von Polpaaren angeordnet, die von der über einen Arbeitsluftspalt beabstandeten Statoranordnung **5** mit einem elektrischen Wechselfeld beaufschlagt werden, so dass die Nabe **3** zusammen mit der Welle **1** in Drehung versetzt wird. Die Stromversorgung, der Statorwicklungen erfolgt beispielsweise über eine elektrische Verbindung. Die Welle **1** bildet zusammen mit der Lagerbuchse **2** und einer an einem Ende der Welle **1** angeordneten Druckplatte **8** ein fluiddynamisches Lagersystem mit Radiallager- und Axiallagerflächen, die durch einen Lagerspalt **11** voneinander getrennt sind. Der Aufbau und die Wirkungsweise eines solchen fluiddynamischen Lagersystems ist einem Fachmann bekannt und soll hier nicht näher beschrieben werden. Die Lageranordnung wird nach unten, d. h. im Bereich der Druckplatte **8**, durch eine Abdeckplatte **9** verschlossen.

**[0028]** Erfindungsgemäß ist der äußere Umfang des in der Lagerbuchse **2** befindlichen Abschnitts der Welle **1** mit einem Kunststoffmaterial **10** umgeben; wobei sich ein Lagerspalt **11** zwischen dem Außenumfang des Kunststoffmaterials und den Innenumfang der Bohrung der Lagerbuchse **2** ausbildet. Die Dicke  $d$  des Kunststoffmaterials **10** und insbesondere dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient  $\alpha$  ist so bemessen, dass der Lagerspalt bei normaler Betriebstemperatur, beispielsweise  $+40^\circ$  Celsius, eine Breite  $s$  aufweist, die optimale Lagereigenschaften hinsichtlich Reibungsverluste und Steifigkeit sicherstellt. Verringert sich die Umgebungstemperatur, so vergrößert sich einerseits die Viskosität des Lageröls im Lagerspalt **11**, und andererseits verringert sich die Ausdehnung des Kunststoffmaterials **10** und damit die Gesamtdicke der Welle **1**, so dass die Breite  $s$  des Lagerspaltes zunimmt. Dadurch werden trotz einer größeren Viskosität des Lagerfluids die Lagerverluste bei niederen Temperaturen reduziert und es wird einer Erhöhung der Lagersteifigkeit entgegengewirkt.

**[0029]** Wie man in [Fig. 2](#) erkennt, hat der Lagerspalt bei niederen Temperaturen beispielsweise die Breite  $s_1$ , da das Kunststoffmaterial **10** bei niederen Temperaturen eine geringe Breite  $d_1$  aufweist.

**[0030]** Bei hohen Temperaturen, wie es in [Fig. 3](#) dargestellt ist, verringert sich einerseits die Viskosität des Lagerfluids im Lagerspalt **11** aber andererseits vergrößert sich die Breite  $d_2$  des Kunststoffmaterials, wodurch sich die Breite  $s_2$  des Lagerspaltes **11** in gleichem Maße reduziert, so dass der Reibungswiderstand und auch die Steifigkeit des Lagers in etwa gleich bleiben. Dies wird durch die Temperaturexpansion  $\Delta T$  des Kunststoffmantels **10** bei hohen Temperaturen hervorgerufen. Im folgenden wird die vergleichsweise geringe Ausdehnung des Metallkerns der Welle **1** außer acht gelassen.

**[0031]** Es gilt:

$$d_2 = d_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

und

$$s_1 + d_1 = s_2 + d_2$$

**[0032]** Daraus folgt:

$$s_2 = s_1 (1 - d_1 \alpha \Delta T)$$

bzw.

$$s_1 - s_2 = d_1 \alpha \Delta T.$$

**[0033]** Da sich auch der metallische Wellenkern bei einer Temperaturerhöhung in geringem Maße ausdehnt, wird der Kunststoffmantel **10** vorzugsweise auf den Metallkern der Welle aufgeschumpft oder geklebt.

**[0034]** [Fig. 4](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht des Lagerspaltes **11** im Bereich der Abdichtung des Spaltes, die hier vorzugsweise mit einer konischen Dichtung (Kapillardichtung) vorgenommen wird. Durch eine konische Aufweitung der Lagerbuchse **2** bzw. auch des Kunststoffmantels **10** auf der Welle **1** wird ein Freiraum **12** geschaffen, der einerseits als konische Dichtung und andererseits als Reservoir für das Lagerfluid dient. Bei der Auswahl des Kunststoffmaterials für den Kunststoffmantel **10** kann nun darauf geachtet werden, dass ein Kunststoffmaterial gewählt wird, welches eine große Adhäsionskraft auf das Lagerfluid sicherstellt, so dass das Lagerfluid aufgrund der auftretenden Kapillarität möglichst gut im Lagerspalt **11** bzw. dem Reservoir **12** gehalten wird. Durch möglichst große Adhäsionskräfte durch geeignete Auswahl des Kunststoffmaterials kann dadurch eine längere Standzeit des Lagers und eine höhere Schockfestigkeit erreicht werden.

[0035] **Fig. 5** zeigt schematisch eine Ausgestaltung der Erfindung, bei der eine Kunststoffolie **13** schwimmend in den Lagerspalt **11** eingebracht wird: Die Dicke der Kunststoffolie ist wesentlich geringer, als die Breite des Lagerspaltes. Die Kunststoffolie **13** kann bei der Montage des Lagers in den Lagerspalt **11** eingebracht werden und eventuell an der Welle **1** oder Lagerbuchse **2** fixiert werden. Sie kann aber auch schwimmend im Lagerspalt **11** verbleiben. Bei einer Änderung der Umgebungstemperatur verändert sich in oben beschriebener Weise auch die Dicke der Kunststoffolie, so dass die effektive Breite des Lagerspaltes sich ebenfalls ändert und damit die oben beschriebenen Vorteile erreicht werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Welle
<b>2</b>	Lagerbuchse
<b>3</b>	Nabe
<b>4</b>	Joch
<b>5</b>	Statoranordnung
<b>6</b>	Magnet
<b>7</b>	Basisplatte
<b>8</b>	Druckplatte
<b>9</b>	Abdeckplatte
<b>10</b>	Kunststoffhülle
<b>11</b>	Lagerspalt
<b>12</b>	Freiraum (konisch)
<b>13</b>	Kunststoffolie

#### Patentansprüche

1. Fluiddynamisches Lagersystem, insbesondere für einen Spindelmotor; mit einer Welle (**1**), die in einer Lagerbuchse (**2**) aufgenommen und relativ zu dieser drehbar gelagert ist, wobei zwischen der Welle der Lagerbuchse ein mit einem Lagerfluid gefüllter Lagerspalt (**11**) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein in der Lagerbuchse verlaufender Abschnitt der Welle (**1**), zumindest am Außenumfang, aus einem Kunststoffmaterial besteht oder mit Kunststoff (**10**) ummantelt ist.

2. Fluiddynamisches Lagersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (**1**) vollständig aus einem Kunststoffmaterial besteht.

3. Fluiddynamisches Lagersystem, insbesondere für einen Spindelmotor, mit einer Welle (**1**), die in einer Lagerbuchse (**2**) aufgenommen und relativ zu dieser drehbar gelagert ist, wobei zwischen der Welle der Lagerbuchse ein mit einem Lagerfluid gefüllter Lagerspalt (**11**) vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Lagerspalt (**11**) eine Folie (**13**) aus einem Kunststoffmaterial angeordnet ist, deren Dicke geringer ist als die Breite des Lagerspaltes.

4. Fluiddynamisches Lagersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

dass der Temperaturexpansionskoeffizient des Kunststoffmaterials (**10**; **13**) derart gewählt ist, dass sich die Breite des Lagerspaltes (**11**) innerhalb eines vorgegebenen Betriebstemperaturbereiches des Lagersystems um einen vorgegebenen Betrag ändert.

5. Fluiddynamisches Lagersystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die temperaturabhängige Änderung der Breite des Kunststoffmaterials (**10**; **13**) derart auf die temperaturabhängige Änderung der Viskosität des Lagerfluids abgestimmt, dass das Verhältnis zwischen der Viskosität des Lagerfluids und der Breite des Lagerspaltes im wesentlichen konstant oder innerhalb eines vorgegebenen Bereichs bleibt.

6. Fluiddynamisches Lagersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an der Welle (**1**) eine Druckplatte (**8**) angeordnet ist; die zumindest an der Außenoberfläche, aus einem Kunststoffmaterial besteht.

7. Fluiddynamisches Lagersystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckplatte (**8**) vollständig aus einem Kunststoffmaterial besteht.

8. Fluiddynamisches Lagersystem nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckplatte (**8**) und die Welle (**1**) aus einem einzigen Kunststoffteil bestehen.

9. Fluiddynamisches Lagersystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Kunststoffmaterial der Welle (**1**) und/oder der Druckplatte (**8**) und/oder der Folie (**13**) Lagerstrukturen (**13**) integriert sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

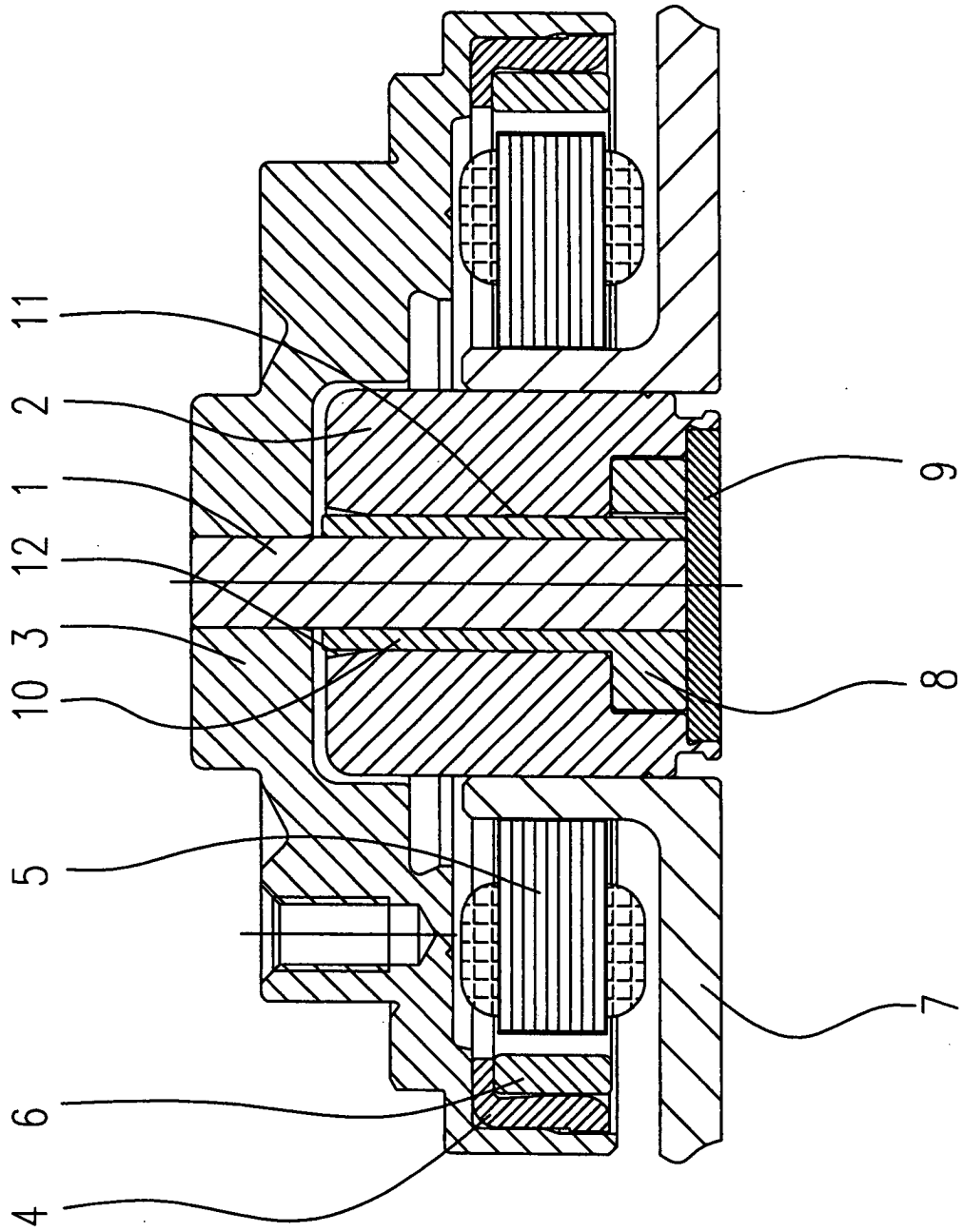


Fig. 2

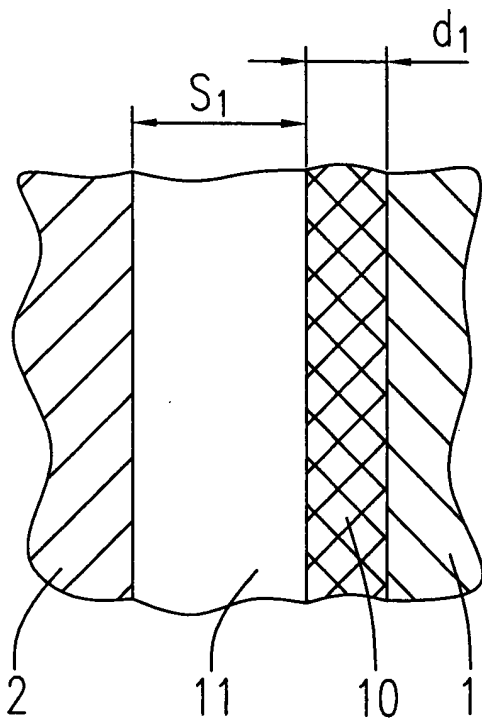


Fig. 3

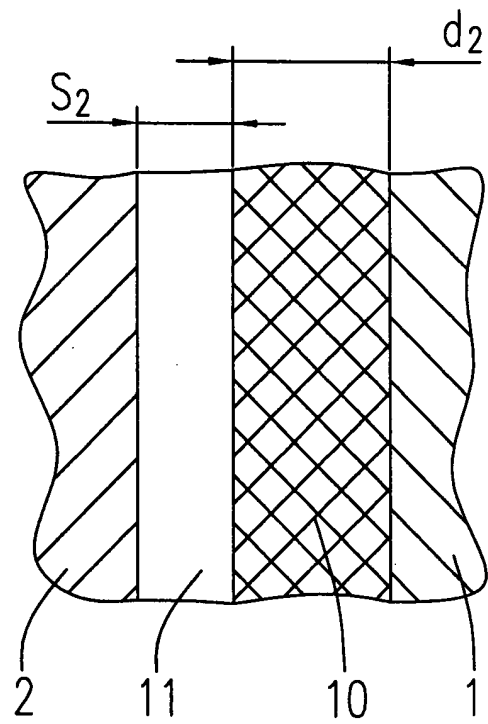


Fig. 4

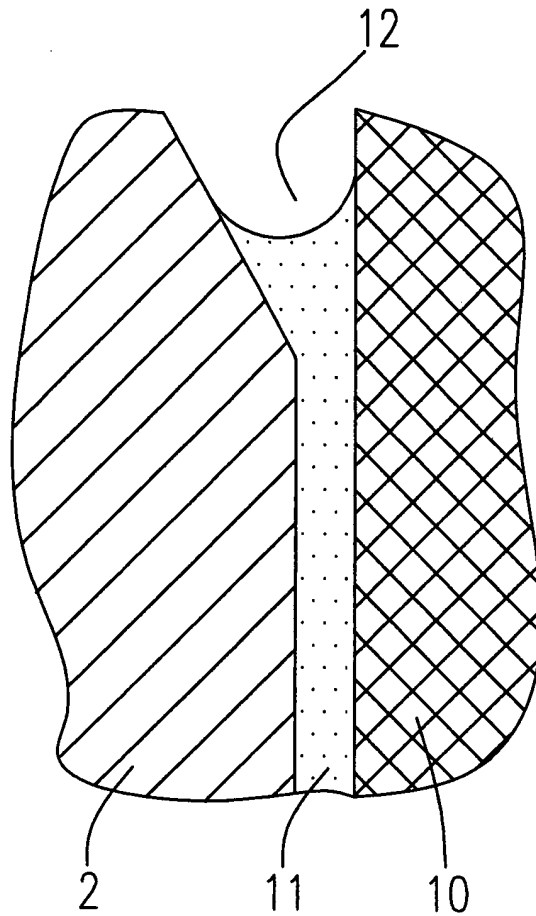


Fig. 5

