

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1720/2009
(22) Anmeldetag: 30.10.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2019

(51) Int. Cl.: **F16D 1/06** (2006.01)
B23P 11/02 (2006.01)
F16B 4/00 (2006.01)
G11B 19/20 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2004119353 A1
DE 102004036338 A1
JP H06213240 A
JP S58166503 A
EP 1553329 A1

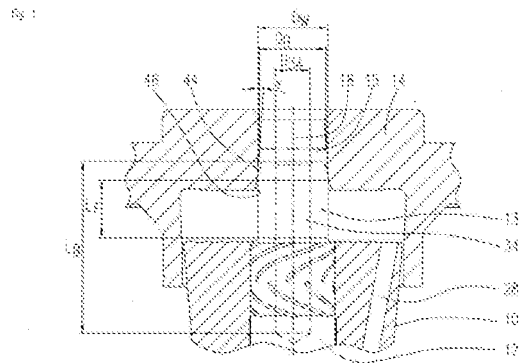
(73) Patentinhaber:
Minebea Mitsumi Inc.
4106-73 Nagano-ken (JP)

(72) Erfinder:
BAUER MARTIN DR.
VILLINGEN-SCHWENNINGEN (DE)
POPOV VLADIMIR DR.
VILLINGEN-SCHWENNINGEN (DE)
FEHN ALEXANDER
VILLINGEN-SCHWENNINGEN (DE)

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

(54) **FÜGEVERBINDUNG ZWISCHEN EINER WELLE UND EINEM ROTORBAUTEIL**

(57) Beschrieben ist eine Fügeverbindung zwischen einer Welle (12) und einem Rotorbauteil (14), wobei das Rotorbauteil (14) eine Bohrung (15) aufweist, in welche ein axialer Endabschnitt (13) der Welle (12) über eine Fügelänge L_F eingepresst ist. Erfindungsgemäß läuft die Bohrung (15) in dem Rotorbauteil (14) in Fügerichtung der Welle (12) gesehen in einem Winkel α konisch zu und der Endabschnitt (13) der Welle (12) ist zylindrisch ausgebildet. Dadurch erhöht sich die Haltekraft der Verbindung.



Beschreibung

FÜGEVERBINDUNG ZWISCHEN EINER WELLE UND EINEM ROTORBAUTEIL

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Fügeverbindung zwischen einer Welle und einem Rotorbauteil, insbesondere einem Rotorbauteil eines fluiddynamischen Lagersystems, wie es beispielsweise zur Drehlagerung eines Spindelmotors eingesetzt werden kann.

STAND DER TECHNIK

[0002] Bei Spindelmotoren ist es bekannt, die Welle und die Nabe, also das Rotorbauteil, mittels einer Fügeverbindung zu verbinden. Hierzu umfasst die Nabe eine Öffnung in Form einer zylindrischen Bohrung, in welche ein axialer Endabschnitt der Welle über eine vorgegebene Fügelänge eingepresst ist. Der axiale Endabschnitt der Welle ist ebenfalls zylindrisch ausgebildet und besitzt einen Durchmesser, der geringfügig größer ist als der Durchmesser der Bohrung der Nabe, so dass die Nabe im Presssitz auf der Welle befestigt wird.

[0003] Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass bei dieser Art der Verbindung die erzielbare Haltekraft deutlich geringer ist als die Einpresskraft. Die Stabilität der Verbindung wird aber durch die Haltekraft bestimmt. Insbesondere bei Miniaturspindelmotoren mit Wellendurchmessern zwischen einem und zwei Millimetern und entsprechend kleinen Fügelängen kann dabei die Haltekraft so gering werden, dass die geforderten Spezifikationen nur schwer eingehalten werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass die Welle im Verbindungsbereich oftmals noch eine zentrale Bohrung aufweist, die zur Festlegung von Halteklammern oder Ähnlichem dient, welche beispielsweise Speicherplatten von Festplattenlaufwerken auf der Nabe festklemmen. Diese Bohrung schwächt die Festigkeit der Welle im Fügebereich und führt zu einer weiteren Reduzierung der Auspresskräfte. Dies rührt daher, dass die Welle beim Einpressen in die Bohrung der Nabe verformt wird, so dass sich die im Bereich des Randes der Wellenbohrung liegenden Abschnitte der Welle nicht mehr an die Wandung der Nabenbohrung anlegen und damit eine Verbindung in diesem Bereich nicht mehr besteht.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0004] Es ist die Aufgabe der Erfindung, insbesondere die Haltekraft einer Fügeverbindung zwischen einer Welle und einem Rotorbauteil zu optimieren.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Fügeverbindung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0006] Bevorzugte Ausgestaltungen und weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Beschrieben ist eine Fügeverbindung zwischen einer Welle und einem Rotorbauteil, wobei das Rotorbauteil eine Öffnung aufweist, in welche ein axialer Endabschnitt der Welle über eine Fügelänge eingepresst ist. Erfindungsgemäß läuft die Öffnung in dem Rotorbauteil in Fügerichtung der Welle gesehen in einem Winkel α konisch zu, wobei sich die Öffnung des Rotorbauteils zur Welle hin erweitert.

[0008] Aufgrund der konisch zulaufenden Bohrung erhöht sich erfindungsgemäß die Haltekraft der in die Bohrung eingepressten zylindrischen Welle. Beim Einpressen in die Bohrung wird die Welle verformt, insbesondere wenn sie eine zentrale Mittenbohrung im Bereich der Fügelänge aufweist. Der konische Winkel der Bohrung im Rotorbauteil bewirkt, dass die Fügeflächen der Welle auf der ganzen Fügelänge an der Bohrungswand des Rotorbauteils anliegen. Dadurch wird die Haltekraft der Fügeverbindung erhöht und die Stabilität der Verbindung optimiert.

[0009] Der Winkel α , in welchem die Bohrung konisch zuläuft, muss erfindungsgemäß nur sehr klein sein, vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,2 Grad. Diese Winkelangabe bezieht sich auf

einen Mittelwert des Winkels α . Natürlich sind diese Winkelwerte abhängig von der Konstruktion, also insbesondere von der Materialpaarung sowie von den Abmessungen der Welle und der Nabe sowie dem Durchmesser der Bohrung. Für Spindelmotoren werden als Naben-Materialien zumeist Aluminium oder vergleichsweise weiche Stahlsorten verwendet und als Wellen-Material finden vergleichsweise harte Stahlsorten Verwendung.

[0010] Die Erfindung kann vorteilhaft bei Wellen mit einer zentralen Bohrung Anwendung finden, die eine geringere Haltekraft erreichen, als Wellen ohne zentrale Bohrung. Die zentrale Bohrung in der Welle kann einen Durchmesser haben, der dem 0,5- bis 0,8-fachen des Durchmessers des Endabschnittes der Welle beträgt. Dabei ist die Länge der zentralen Bohrungen der Welle vorzugsweise größer als die Fügelänge.

[0011] Für die Fügelänge gilt vorzugsweise, dass sie mindestens etwa 0,8- bis 1,2-mal so groß gewählt werden soll wie der Durchmesser des Endabschnittes der Welle.

[0012] Die Fügeverbindung eignet sich insbesondere zur Verbindung von einer Welle mit einer Nabe eines Spindelmotors mit einem fluiddynamischen Lager. Derartige Spindelmotoren können beispielsweise zum Antrieb von Festplattenlaufwerken eingesetzt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN:

[0013] Figur 1: zeigt einen Schnitt durch eine Welle und eine Nabe während des Fügens.

[0014] Figur 2: zeigt schematisch die Kräfte beim Einpressen und Auspressen einer Welle in eine Nabe im Fall von zylindrischen Fügeflächen.

[0015] Figur 3: zeigt die axialen Kräfte beim Einpressen und Auspressen in Abhängigkeit des Winkels α der Bohrung der Nabe.

[0016] Figur 4: zeigt das Verhältnis zwischen Haltekraft und Einpresskraft in Abhängigkeit des Winkels α der Bohrung der Nabe.

[0017] Figur 5: zeigt einen Schnitt durch einen Spindelmotor mit erfindungsgemäßer Fügeverbindung zwischen Welle und Nabe.

BESCHREIBUNG EINES BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELS DER ERFINDUNG:

[0018] Die Figur 1 zeigt einen Schnitt durch eine Welle 12 und eine Nabe 14 während des Fügens. Eine Lagerbuchse 10 mit einer zentralen Bohrung bildet ein feststehendes Bauteil eines Lagersystems. In die Bohrung der Lagerbuchse 10 ist die Welle 12 eingesetzt, deren Durchmesser geringfügig kleiner ist, als der Durchmesser der Bohrung.

[0019] Ein axialer Endabschnitt 13 der Welle 12 ist mit einer topfförmigen Nabe 14 zu verbinden. Hierbei wird eine Fügeverbindung verwendet.

Die Nabe 14 besitzt eine Bohrung 15, in welche der Endabschnitt 13 der Welle 12 eingepresst wird. Der Endabschnitt 13 der Welle 12 ist hierbei zylindrisch ausgebildet, während die Bohrung 15 in der Nabe 14 erfindungsgemäß in Fügerichtung konisch zuläuft. Die Konizität der Bohrung 15 beträgt dabei lediglich zwischen 0,1 bis 0,2 Grad. In der Zeichnung ist der Winkel α der Bohrung 15 übertrieben dargestellt, damit er überhaupt sichtbar wird. Der Durchmesser D_W des Endabschnittes 13 der Welle 12 ist größer als der mittlere Durchmesser D_B der Bohrung 15 in der Nabe 14. Dabei wird der Durchmesser D_B in dem mittleren Abschnitt der Bohrung 15 innerhalb der Nabe 14 gemessen.

[0020] Je nachdem, für welche Anwendung die miteinander verbundenen Bauteile verwendet werden sollen, kann die Welle 12 eine zentrale Bohrung 34 umfassen, deren axiale Länge L_B in der Regel wesentlich größer ist als die Fügelänge L_F .

[0021] Auf Grund dieser axialen Bohrung 34 verformt sich die Welle 12 insbesondere im Endabschnitt 13 beim Einpressen in die Bohrung 15 des Rotorbauteils 14 radial nach innen. Wäre die Bohrung 15 zylindrisch ausgeführt, so würden die freien Enden des Endabschnittes 13 der Welle 12 auf Grund der Verformung nicht mehr gleichmäßig an der Wandung der Bohrung 15

anliegen.

Hier setzt die Erfindung ein, die eine leicht konische Bohrung 15 in der Nabe 14 vorsieht, die sich der Verformung des Endabschnittes 13 der Welle anpasst, so dass der Endabschnitt 13 über die gesamte Fügelänge L_F an der Wandung der Bohrung 15 anliegt. Dies erhöht die erzielbare Haltekraft der Fügeverbindung erheblich. Sowohl die Welle 12, als auch die Nabe 14 weisen Einführfasen 44, 46 auf, um das Einpressen zu erleichtern. Während die Welle dabei aus Stahl besteht, besteht die Nabe aus einer weicheren Stahlsorte oder aus Aluminium.

[0022] Figur 2 zeigt schematisch die Kräfte beim Einpressen und Auspressen einer Welle in die Bohrung einer Nabe. In diesem Beispiel sind sowohl die Welle als auch die Bohrung der Nabe beide zylindrisch ausgeführt. Man erkennt, dass die Einpresskräfte deutlich größer sind als die Auspresskräfte, so dass hier offensichtlich Optimierungsbedarf besteht.

[0023] Figur 3 zeigt eine Gegenüberstellung der axialen Einpresskräfte und Auspresskräfte in Abhängigkeit des Winkels α der konischen Bohrung in der Nabe. Man erkennt, dass die Einpresskraft, dargestellt durch die schwarzen Punkte, ein Maximum bei einem Winkel α der Bohrung von etwa $-0,2$ bis 0 Grad hat und zu kleineren oder größeren Werten des Winkels stark abfällt. Die Haltekraft, dargestellt durch die offenen Quadrate, hat ihr Maximum ebenfalls um den Bereich eines Winkels α von 0 Grad und fällt zu negativen und positiven Winkeln von α ebenfalls ab.

[0024] Zur Bestimmung des optimalen Winkels α ist das in Figur 4 dargestellte Verhältnis zwischen Haltekraft und Einpresskraft in Abhängigkeit des Winkels α hilfreich. In Figur 4 ist zu erkennen, dass dieses Verhältnis in einem Winkelbereich von etwa $-0,15$ bis $+0,45$ ein Maximum aufweist und zu größeren negativen und positiven Winkeln α stark abfällt.

[0025] Eine wesentliche Erkenntnis ist aber, dass das Zentrum des Maximums nicht bei einem Winkel von $\alpha = 0$ Grad liegt, sondern in positive Richtung verschoben ist und bei einem Winkel α zwischen $+0,1$ Grad und $+0,2$ Grad liegt. Bevorzugt wird als optimaler Winkel α daher ein Winkelbereich von $0,1$ bis $0,2$ Grad gewählt.

[0026] Die Figur 5 zeigt einen Schnitt durch einen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem, bei dem die erfindungsgemäße Welle-Nabe Verbindung verwendet ist. Der Spindelmotor umfasst eine feststehende Lagerbuchse 10, die eine zentrale Bohrung aufweist und das feststehende Bauteil des Lagersystems ausbildet. In die Bohrung der Lagerbuchse 10 ist eine Welle 12 eingesetzt, deren Durchmesser geringfügig kleiner ist, als der Durchmesser der Bohrung. Zwischen den Oberflächen der Lagerbuchse 10 und der Welle 12 verbleibt ein Lagerspalt 16. Die einander gegenüberliegenden Oberflächen der Welle 12 und der Lagerbuchse 10 bilden zwei fluiddynamische Radiallager 20, 22 aus, mittels denen die Welle 12 um eine Rotationsachse 18 drehbar in der Lagerbuchse 10 gelagert ist. Die Radiallager 20, 22 sind durch Lagerrillenstrukturen gekennzeichnet, die auf die Oberfläche der Welle 12 und/oder der Lagerbuchse 10 aufgebracht sind. Der Lagerspalt 16 ist mit einem geeigneten Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt. Die Lagerrillenstrukturen der Radiallager 20, 22 üben bei Rotation der Welle 12 eine Pumpwirkung auf das im Lagerspalt 16 zwischen Welle 12 und Lagerbuchse 10 befindliche Lagerfluid aus. Dadurch wird im Lagerspalt ein Druck aufgebaut, der die Radiallager 20, 22 tragfähig macht.

[0027] An der Unterseite der Welle 12 ist ein einteilig mit der Welle oder ein separat ausgebildeter Stopperring 40 angeordnet, der einen vergrößerten Außendurchmesser im Vergleich zum Wellendurchmesser aufweist. Der Stopperring 40 verhindert ein Herausfallen der Welle 12 aus der Bohrung der Lagerbuchse 10. Die Lagerbuchse 10 ist an der Seite des Stopperrings 40 durch eine Abdeckplatte 30 verschlossen.

[0028] Ein freies Ende der Welle 12 ist durch die erfindungsgemäße Fügeverbindung mit einer topfförmigen Nabe 14 verbunden, welche die Lagerbuchse 10 teilweise umgibt. Eine untere, ebene Fläche der Nabe 14 bildet zusammen mit einer Stirnfläche der Lagerbuchse 10 ein fluiddynamisches Axiallager 26 aus. Die Stirnfläche der Lagerbuchse 10 oder die gegenüberliegende Fläche der Nabe 14 sind mit Lagerrillenstrukturen versehen, die bei Rotation der Welle 12

eine Pumpwirkung auf das im Lagerspalt 16 zwischen der Nabe 14 und Stirnseite der Lagerbuchse 10 befindliche Lagerfluid ausübt, so dass das Axiallager 26 tragfähig wird. Der Lagerspalt 16 umfasst einen axialen Abschnitt, der sich entlang der Welle 12 und der beiden Radiallager 20, 22 erstreckt, und einen radialen Abschnitt, der sich entlang der Stirnseite der Lagerbuchse 10 und des Axiallagers 26 erstreckt.

[0029] In der Lagerbuchse 10 kann ein Rezirkulationskanal 28 vorgesehen sein, der einen am äußeren Rand des Axiallagers 26 befindlichen Abschnitt des Lagerspalts 16 mit einem unterhalb des unteren Radiallagers 22 befindlichen Abschnitt des Lagerspalts 16 miteinander verbindet und somit einen Druckausgleich bewirkt sowie eine Zirkulation des Lagerfluids im Lager unterstützt.

[0030] Die Lagerbuchse 10 ist in einer Basisplatte 32 des Spindelmotors angeordnet. Ringförmig um die Lagerbuchse 10 ist eine Statoranordnung 36 an der Basisplatte 32 angeordnet, welche aus einem ferromagnetischen Statorblechpaket sowie aus entsprechenden Statorwicklungen besteht. Diese Statoranordnung 36 ist in einem radialen Abstand umgeben von einem ringförmigen Rotormagneten 38. Die Nabe 14 weist an ihrem Außenumfang einen umlaufenden Rand auf. Der Rotormagnet 38 ist am Innenumfang des umlaufenden Randes der Nabe 14 befestigt. Unterhalb des Rotormagneten 38 ist ein ferromagnetischer Metallring 42 angeordnet, der den Rotormagneten 38 magnetisch anzieht, wodurch sich eine nach unten in Richtung der Basisplatte 32 gerichtete Kraft ergibt. Diese Kraft ist entgegengesetzt zu der Lagerkraft des Axiallagers 26 gerichtet und dient der axialen Vorspannung des Lagersystems bzw. des Axiallagers.

[0031] Am radial äußeren Ende des radialen Abschnitts des Lagerspalts 16 ist ein Spalt mit größerem Spaltabstand angeordnet, welcher teilweise als Dichtungsspalt 24 wirkt. Der Spalt erstreckt sich anfänglich ausgehend vom Lagerspalt 16 radial nach außen und geht in einen axialen Abschnitt über, der sich entlang des Außenumfangs der Lagerbuchse 10 zwischen der Lagerbuchse 10 und einem zylindrischen Abschnitt der Nabe 14 erstreckt und den Dichtungsspalt 24 bildet.

Die äußere Mantelfläche der Lagerbuchse 10 sowie eine innere Mantelfläche eines Ansatzes der Nabe 14 bilden die Begrenzung des Dichtungsspalt 24. Somit verläuft der Dichtungsspalt 24 etwa parallel zur Rotationsachse 18.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

10	Lagerbuchse
12	Welle
13	Endabschnitt
14	Rotorbauteil / Nabe
15	Bohrung (Rotorbauteil)
16	Lagerspalt
18	Rotationsachse
20	Radiallager
22	Radiallager
24	Dichtungsspalt
26	Axiallager
28	Rezirkulationskanal
30	Abdeckplatte
32	Basisplatte
34	Bohrung (Welle)
36	Statoranordnung
38	Rotormagnet
40	Stopperring
42	Ferromagnetischer Ring
44	Einführfase in der Welle
46	Einführfase in der Nabe
L_F	Fügelänge
D_B	mittlerer Durchmesser der Bohrung in der Nabe
D_W	Durchmesser des Endabschnittes der Welle
L_B	axiale Länge der Bohrung in der Welle
D_{34}	Durchmesser der Bohrung in der Welle

Patentansprüche

1. Fügeverbindung zwischen einer Welle (12) und einem Rotorbauteil (14), wobei das Rotorbauteil (14) eine Bohrung (15) aufweist, in welche ein axialer Endabschnitt (13) der Welle (12) über eine Fügelänge L_F eingepresst ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bohrung (15) in dem Rotorbauteil (14) in Fügerichtung der Welle (12) gesehen in einem Winkel α konisch verjüngt, und
dass der Endabschnitt (13) der Welle (12) zylindrisch ausgebildet ist.
2. Fügeverbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkel α in Bezug auf eine Mittelachse der Bohrung (15) des Rotorbauteils (14) zwischen 0,1 und 0,2 Grad beträgt.
3. Fügeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Welle (12) eine zentrale Bohrung (34) mit einem Durchmesser D_{34} und der Endabschnitt der Welle (12) einen Durchmesser D_W aufweist, wobei gilt $0,5 \leq D_{34}/D_W \leq 0,8$.
4. Fügeverbindung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bohrung (34) in der Welle (12) eine Länge L_B aufweist, die größer ist als die Fügelänge L_F .
5. Fügeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Fügelänge L_F und den Durchmesser D_W des Endabschnitts (13) der Welle (12) gilt:
 $0,8 \leq L_F/D_W \leq 1,2$.
6. Spindelmotor mit einem Stator (32; 10) und einem Rotor (12; 14), der mittels eines fluidodynamischen Lagersystems gegenüber dem Stator drehgelagert und von einem elektromagnetischen Antriebssystem (36; 38) angetrieben ist, wobei der Rotor eine Welle (12) und ein Rotorbauteil (14) umfasst, die mittels einer Fügeverbindung gemäß den Ansprüchen 1 bis 5 miteinander verbunden sind.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

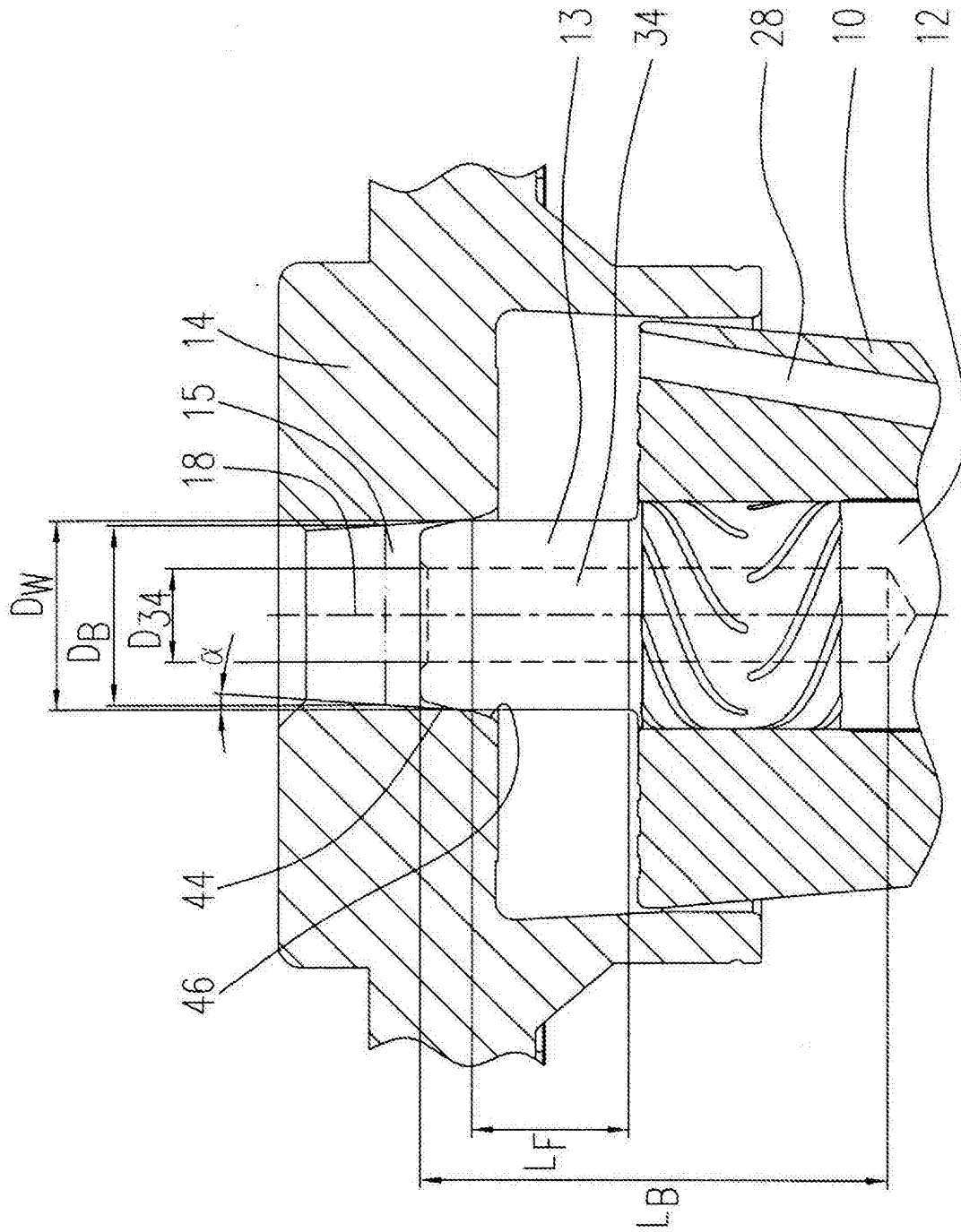


Fig. 1

2/4

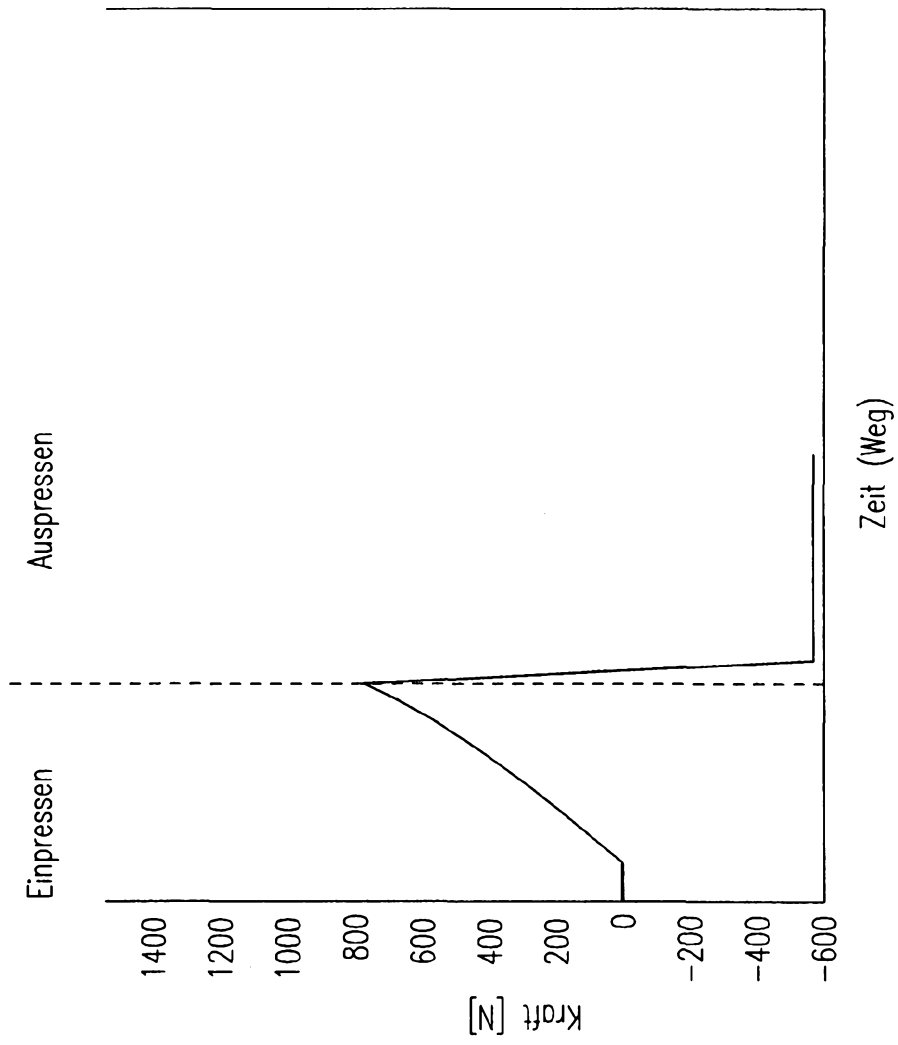


Fig. 2

Fig. 3

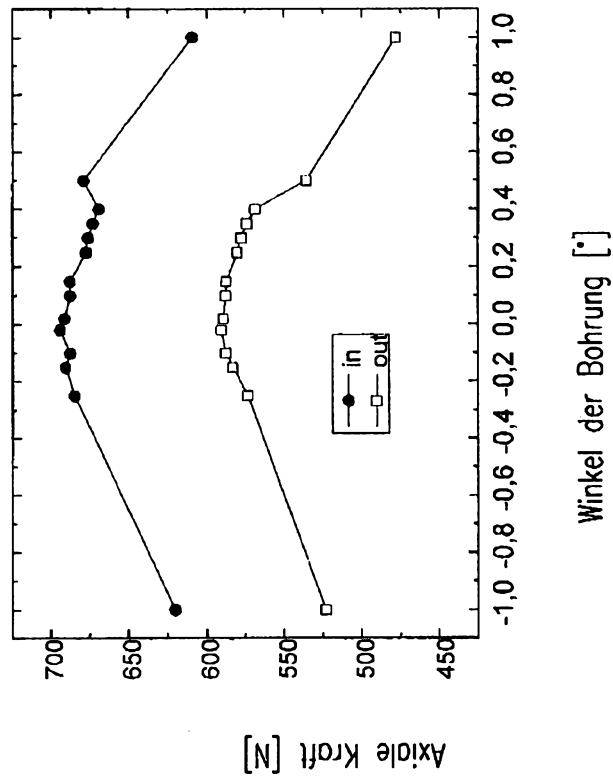
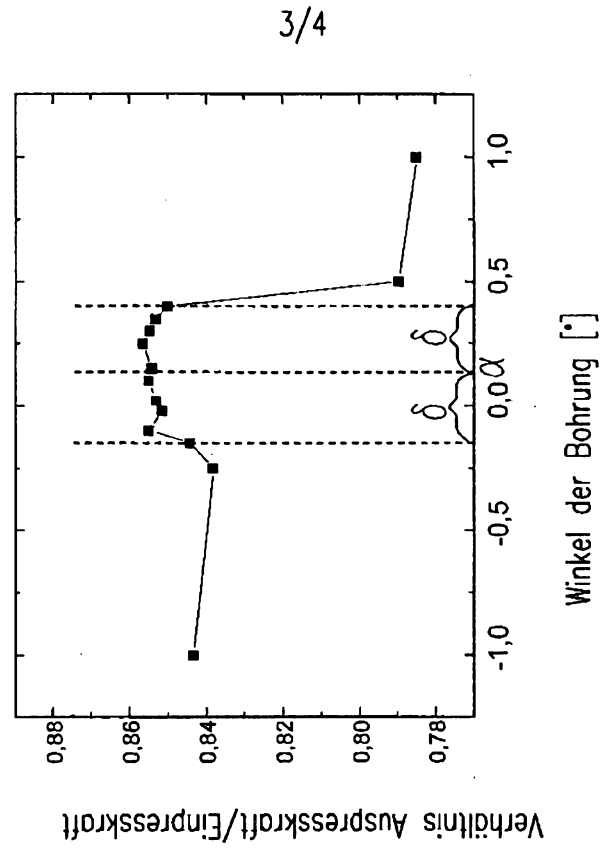


Fig. 4



4/4

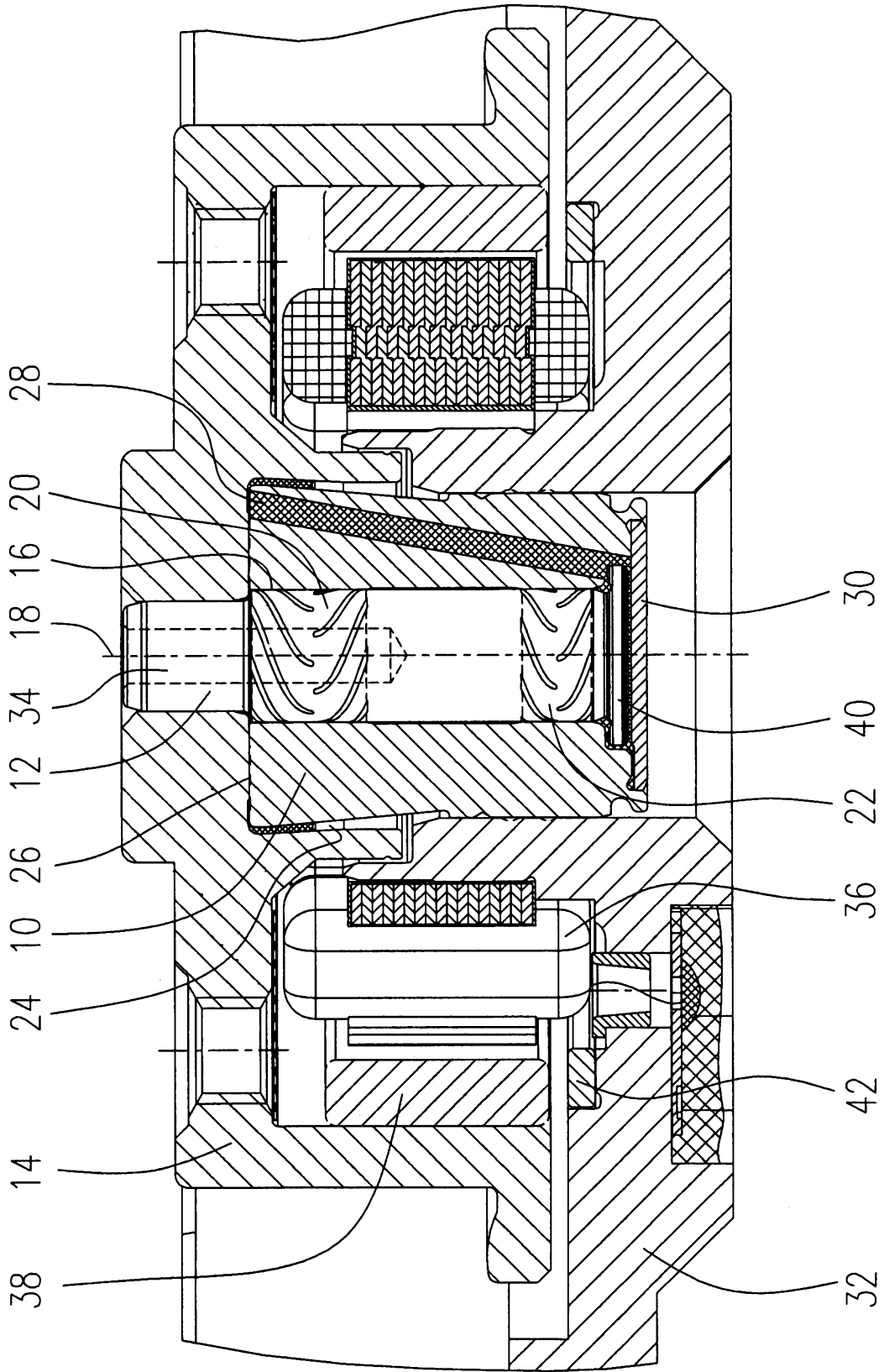


Fig. 5