

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



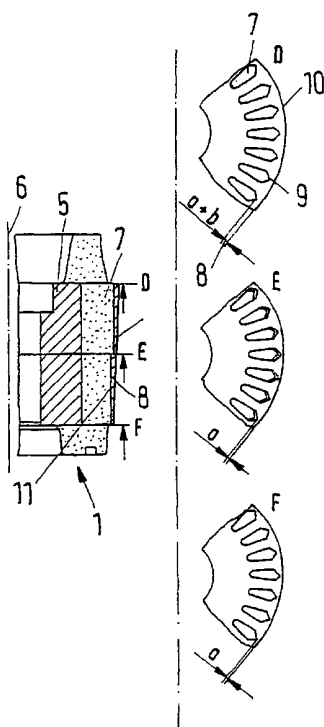
(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. April 2001 (19.04.2001)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
PCT WO 01/28070 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 1/00** (74) Anwalt: **DANFOSS A/S**; Patentabteilung, DK-6430 Nordborg (DK).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DK00/00569**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. Oktober 2000 (10.10.2000)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:
199 49 135.6 12. Oktober 1999 (12.10.1999) **DE**
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AM, AT, AU, BA, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SI, SK, TR, UA, US, UZ, VN, YU, ZA.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DANFOSS COMPRESSORS GMBH [DE/DE]**; Mads-Clausen-Str. 7, P.O. Box 1443, 24904 Flensburg (DE).
- Veröffentlicht:**
— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEIHRAUCH, Niels, Christian [DK/DE]**; Friedrichsthaler Weg 32, 13467 Berlin (DE).
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **ELECTRIC MOTOR COMPRISING A ROTOR MOUNTED ON ONE SIDE**

(54) Bezeichnung: **ELEKTRISCHER MOTOR MIT EINEM EINSEITIG GELAGERTEN LÄUFER**



(57) Abstract: The invention relates to an electric motor, comprising a rotor (1). One side of said rotor (1) is mounted in a stator (3) by means of a bearing (2) and the rotor tapers away conically from said stator in an axial direction, forming an air gap (4) between the latter (3) and the rotor. The width of said gap increases in an axial direction, moving away from the bearing (2). The aim of the invention is to achieve improved operating efficiency using a conically designed rotor. To this end, the rotor (1) has a number of axially extending grooves (7) in a magnetically conductive material (5), in which electric conductors are placed and the difference between the maximum value and the minimum value of the thickness of a cover (8) of the grooves (7) through the magnetically conductive material of the rotor (1) in a radial direction between the end of a groove (9) lying at the outer radius and a peripheral surface (10) of the rotor (1), is less than in the case of a thickness of the cover (8) which continuously diminishes in an axial direction away from the bearing (2).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein elektrischer Motor mit einem Läufer (1) angegeben, wobei der Läufer (1) einseitig mit einem Lager (2) in einem Ständer (3) gelagert ist und sich von diesem weg in axialer Richtung konisch verjüngt und zusammen mit dem Ständer (3) einen Luftspalt (4) bildet, dessen Breite in axialer Richtung vom Lager (2) weg zunimmt. Ein derartiger elektrischer Motor soll bei konisch ausgebildetem Läufer einen verbesserten Wirkungsgrad aufweisen. Hierzu weist der Läufer (1) in einem magnetisch leitenden Material (5) eine Anzahl sich axial erstreckender Nuten (7) auf, in denen elektrische Leiter angeordnet sind und die Differenz zwischen Höchstwert und Mindestwert der Dicke einer Überdeckung (8) der Nuten (7) durch das magnetisch leitende Material des Läufers (1) in radialer Richtung zwischen einem radial äusseren Nutende (9) und einer Umfangsfläche (10) des Läufers (1) ist geringer als bei einer vom Lager (2) weg in axialer Richtung stetig abnehmenden Dicke der Überdeckung (8).

WO 01/28070 A2

Elektrischer Motor mit einem einseitig
gelagerten Läufer

Die Erfindung bezieht sich auf einen elektrischen Motor mit einem Läufer, der einseitig mit einem Lager in einem Ständer gelagert ist, sich vom Lager weg in axialer Richtung konisch verjüngt und zusammen mit dem
5 Ständer einen Luftspalt bildet, dessen Breite in axialer Richtung vom Lager weg zunimmt.

Ein derartiger Motor ist aus US 5 233 254 bekannt. Bei diesem Motor wird ein schädlicher Kontakt zwischen Läufer und Ständer durch Vibrationen, die sich aufgrund
10 der nur einseitigen Lagerung ergeben könnten, dadurch verhindert, daß sich der Luftspalt zwischen dem Läufer und dem Ständer vom Lager weg stetig vergrößert. Durch die Vergrößerung des Luftspalts nehmen die Magnetisierungsverluste durch Streufelder im Läufer zu, so daß
15 der Wirkungsgrad des Motors abnimmt.

Aus DE 692 06 626 T2 ist die Ausführung eines Läufers bekannt, der in einem magnetisch leitenden Material eine Anzahl sich axial erstreckender Nuten aufweist, in
20 denen elektrische Leiter angeordnet sind und deren Profil sich in ihrer Längsrichtung ändert. Dieser Läufer weist zentrisch eine Ausnehmung mit vergrößertem Durchmesser an einem axialen Ende auf. Die Axialnuten sind
25 mit sich in Längsrichtung stufenförmig verändernden Profilen so angeordnet, daß trotz des Materialverlustes durch den vergrößerten Durchmesser an dem einen Ende im Kern des Läufers keine magnetische Sättigung auftritt. Eine derartige Anordnung der Nuten ist bei zylinderförmigen Läufern problemlos möglich. Bei einem konisch
30 ausgebildeten Läufer jedoch unterscheidet sich bei einer derartigen Anordnung der Nuten die Dicke einer Ü-

-2-

berdeckung der Nuten durch das magnetisch leitende Material zu einer Umfangsfläche des Läufers hin an den beiden Enden der Nuten stark, und in vielen Fällen tritt nur in geringen Teilen der Überdeckung eine magnetische Sättigung auf, die aber zur Erhöhung des Wirkungsgrades erwünscht ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Verbesserung des Wirkungsgrades eines elektrischen Motors, bei dem der Läufer konisch ausgebildet ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Motor der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Differenz zwischen Höchstwert und Mindestwert der Dicke einer Überdeckung der Nuten durch das magnetisch leitende Material des Läufers in radialer Richtung zwischen einem radial äußeren Nutende und einer Umfangsfläche des Läufers geringer ist als bei einer vom Lager weg in axialer Richtung stetig abnehmenden Dicke der Überdeckung.

Diese Ausführungsweise bewirkt, daß durch die geringe Gesamtüberdeckung der Nuten durch magnetisch leitendes Material in radialer Richtung das Material im Überdeckungsbereich zwischen dem radial äußeren Nutende und der Umfangsfläche verstärkt in Sättigung geht und das magnetische Feld dadurch gezwungen wird, über den Luftspalt auf den Ständer überzuspringen. Diese verbesserte Kopplung des magnetischen Feldes auf den Ständer erzeugt ein zusätzliches Drehmoment und erhöht den Wirkungsgrad des elektrischen Motors.

Hierbei ist von Vorteil, daß die Nuten an ihrem dem Lager zugewandten Ende eine andere Querschnittsfläche aufweisen als an ihrem dem Lager abgewandten Ende und daß zwischen beiden Enden jeder einzelnen Nut ein Über-

-3-

gangsbereich angeordnet ist. Durch die verschiedenen Querschnittsflächen an beiden Enden der einzelnen Nuten und dem dazwischen liegenden Übergangsbereich läßt sich die konische Verjüngung des Läufers bezüglich der Überdeckungsdicke der Nuten ausgleichen, wodurch die Dicke der Überdeckung über den axialen Verlauf des Läufers angenähert konstant gering ausgebildet werden kann und Magnetisierungsverluste durch Streufelder verringert werden.

10

Vorteilhafterweise verkleinert sich im Übergangsbereich der Querschnitt der Nuten vom Lager weg in axialer Richtung stetig. Dieser stetige Übergang ermöglicht eine Verbesserung der Anpassung einer radialen Außenseite einer Nut an die Umfangsfläche des Läufers und die Verringerung von Magnetisierungsverlusten durch Streufelder.

Hierbei ist besonders bevorzugt, daß eine radiale Außenseite jeder Nut jeweils parallel zu der Umfangsfläche des Läufers liegt. Durch die parallele Lage der radialen Außenseite der Nuten der Umfangsfläche des Läufers kann die Überdeckungsdicke der Nuten über den gesamten axialen Verlauf des Läufers konstant gering gehalten werden, wodurch eine Minimierung der Magnetisierungsverluste und eine Maximierung des Wirkungsgrades durch über die axiale Länge des Läufers gleichmäßig erhöhtes Überspringen des Magnetfeldes auf den Ständer erzielt wird.

30

Vorzugsweise weist der Übergangsbereich jeder einzelnen Nut mindestens zwei Abschnitte auf, innerhalb derer die einzelnen Nuten gleichbleibende Querschnittsflächen aufweisen, wobei die Abschnitte einer einzelnen Nut untereinander verschiedene Querschnittsflächen aufweisen.

35

-4-

Durch die Anordnung entsprechend geeigneter Querschnittsflächen in den einzelnen Abschnitten kann eine Anpassung an die Umfangsfläche des sich konisch verjüngenden Läufers erzielt werden. Hierdurch wird die Dicke
5 der Überdeckung über den axialen Verlauf des Läufers insgesamt reduziert. Gleichzeitig werden Magnetisierungsverluste durch Streufelder verringert.

Hierbei ist von Vorteil, daß die Nuten radial zur Läuferachse begrenzende Flächen der Abschnitte parallel
10 zur Läuferachse angeordnet sind. Hierdurch kann der Aufbau des magnetisch leitenden Materials des Läufers weitgehend in traditioneller Weise erfolgen.

Hierbei ist besonders bevorzugt, daß die Dicke der größten Überdeckung eines Abschnitts nicht größer als die der größten Überdeckung des in axialer Richtung längsten Abschnitts und die Dicke der kleinsten Überdeckung eines Abschnitts nicht kleiner als die der
20 kleinsten Überdeckung des in axialer Richtung längsten Abschnitts ist. Auf diese Weise wird die abgestufte Anpassung der radialen Außenseiten der Nuten an die Umfangsfläche des Läufers innerhalb der Abschnitte vergleichmäßig und eine Verbesserung der Anpassung sowie eine Verringerung der Magnetisierungsverluste durch
25 Streufelder erreicht.

Vorzugsweise weist die Überdeckung zwischen einem radial äußeren Nutende und der Umfangsfläche eine vorbestimmte Dicke auf, bei der das magnetisch leitende Material der Überdeckung bei allen im Betrieb herrschenden magnetischen Feldstärken einen vorbestimmten Sättigungsgrad annimmt. Dieser vorbestimmte Sättigungsgrad im Überdeckungsbereich unterstützt eine verstärkte
30 Kopplung des magnetischen Feldes vom Läufer auf den

-5-

Ständer und trägt somit zur Erhöhung des Wirkungsgrades bei.

Es ist besonders bevorzugt, daß die Querschnittsflächen
5 der Nuten zur radialen Außenseite hin zugespitzt ausge-
formt sind. Durch die Ausbildung der Nutenspitzen wird
der Punkt, von dem aus das Überspringen des Magnetfel-
des vom Läufer über den Luftspalt zum Ständer erfolgt,
festgelegt. Gleichzeitig werden unnötige Streuverluste
10 des Magnetfeldes verhindert. Außerdem wird eine bessere
Fixierung der elektrischen Leiter in den Nuten ermög-
licht. Außerdem werden so die sich infolge der unter-
schiedlichen Eindringtiefen des Magnetfeldes in die
Leiter bei verschiedenen Frequenzen verändernden Wider-
15 stände an die Bedürfnisse beim Anlaufen und beim späte-
ren Betrieb angepaßt.

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung eines solchen
Motors in einem hermetisch gekapselten Kältemittelver-
20 dichter.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzug-
ten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeich-
nung näher beschrieben. Hierin zeigen:

25

Fig. 1 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäß
ausgestatteten elektrischen Motor,

Fig. 2 einen Schnitt durch den Läufer mit Nuten,
30 die entsprechend einer bekannten Ausführung
eine über die gesamte Länge gleichbleibende
Querschnittsfläche aufweisen, und drei Schei-
ben des Läufers, die die Nutfiguration zei-
gen, und

35

-6-

Fig. 3 einen Schnitt durch den Läufer mit Nuten, die über ihre Länge verschiedene Abschnitte aufweisen, und drei Scheiben des Läufers, die die jeweilige Nutfiguration zeigen.

5

Der in Fig. 1 veranschaulichte Motor weist einen Läufer 1, einen Ständer 3 und einen Zylinderblock 12 auf. Der Läufer 1 ist mit einem Lager 2 in dem Ständer 3 gelagert und verjüngt sich konisch vom Lager 2 weg in axialer Richtung. Läufer 1 und Ständer 3 bilden einen Luftspalt 4, dessen Breite in axialer Richtung vom Lager weg zunimmt. Der Luftspalt 4 ist so ausgeführt, daß für den vorgesehenen Betrieb des Motors eine Berührung durch auftretende Vibrationen zwischen Läufer 1 und Ständer 3 ausgeschlossen ist.

Fig. 2 zeigt eine Ausführung des Läufers 1 nach dem Stand der Technik, bei der die Nuten 7, wie aus DE 692 06 626 T2 bekannt, jeweils eine radiale Außenseite 11 aufweisen, die über die gesamte Länge einen gleichbleibenden Abstand zu einer Läuferachse 6 aufweist. Der Läufer 1 ist aus einem magnetisch leitenden Material 5 hergestellt und weist eine Anzahl der Nuten 7 auf, in denen elektrische Leiter angeordnet sind. Das magnetisch leitende Material 5 des Läufers 1 bildet in radialer Richtung zwischen einem radial äußeren Nutende 9 und einer Umfangsfläche 10 des Läufers 1 eine Überdeckung 8. Des weiteren zeigt Fig. 2 Ausschnitte von drei Scheiben in den Schnittebenen A, B, C, die zusammen mit anderen nichtdargestellten Scheiben das magnetisch leitende Material 5 des Läufers 1 bilden.

Fig. 3 zeigt die erfindungsgemäße Ausführung eines Läufers 1 mit Nuten 7, die in axialer Richtung mindestens zwei Abschnitte (D-E; E-F) aufweisen, innerhalb derer

35

-7-

die einzelnen Nuten 7 gleichbleibende Querschnittsflächen haben und die innerhalb einer Nut 7 untereinander verschiedene Querschnittsflächen aufweisen. Desweiteren zeigt Fig. 3 Ausschnitte von drei Scheiben in den

5 Schnittebenen D, E, F, die zusammen mit anderen nicht dargestellten Scheiben das magnetisch leitende Material 5 des Läufers 1 bilden. Innerhalb eines Abschnitts in axialer Richtung weisen alle Scheiben bezüglich Anordnung der Nuten, Abstand der Nuten zur Läuferachse 6 und

10 Größe der Nuten 7 eine gleiche Ausführung auf und unterscheiden sich lediglich bezüglich des Außendurchmessers, der in axialer Richtung vom Lager weg stetig abnimmt. Untereinander weisen beide Abschnitte D-E und E-F verschieden große Nuten 7 auf, wobei die Nuten des

15 dem Lager 2 zugewandten Abschnitts D-E größer sind als die Nuten 7 des dem Lager 2 abgewandten Abschnitts E-F. Die Dicke der Überdeckung 8 verringert sich bei beiden Abschnitten (D-E; E-F) in axialer Richtung vom Lager 2 weg von einem Wert $a + b$ auf einen Wert a . Dabei

20 stellt b den Teil der Überdeckung dar, der sich infolge der im axialen Schnitt eines Abschnitts der Überdeckung keilförmig ausgeführten Überdeckung 8 in axialer Richtung vom Lager 2 weg von Scheibe zu Scheibe stetig bis auf den Wert Null verkleinert, und a ist der Mindest-

25 wert der Dicke der Überdeckung 8 der Nuten 7. Durch eine gegen unendlich gehende Erhöhung der Anzahl der Abschnitte wird ein allmählicher Übergang des Querschnitts der Nuten 7 von einem Ende zum anderen Ende hergestellt. Dabei liegt die radiale Außenseite 11 je-

30 der Nut 7 angenähert parallel zu der konisch ausgeführten Oberfläche 10 des Läufers 1.

Patentansprüche

1. Motor mit einem Läufer (1), der einseitig mit einem
5 Lager (2) in einem Ständer gelagert ist, sich vom
Lager (2) weg in axialer Richtung konisch verjüngt
und zusammen mit dem Ständer (3) einen Luftspalt
(4) bildet, dessen Breite in axialer Richtung vom
Lager weg zunimmt, dadurch gekennzeichnet, daß der
10 Läufer in einem magnetisch leitenden Material (5)
eine Anzahl sich axial erstreckender Nuten (7) auf-
weist, in denen elektrische Leiter angeordnet sind,
wobei die Differenz zwischen Höchstwert und Min-
destwert der Dicke einer Überdeckung (8) der Nuten
15 (7) durch das magnetisch leitende Material (5) in
radialer Richtung zwischen einem radial äußeren
Nutende (9) und einer Umfangsfläche (10) des Läu-
fers (1) geringer ist als bei einer vom Lager (2)
weg in axialer Richtung stetig abnehmenden Dicke
20 der Überdeckung (8).
2. Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
die Nuten (7) an ihrem dem Lager (2) zugewandten
Ende eine andere Querschnittsfläche aufweisen als
25 an ihrem dem Lager (2) abgewandten Ende und daß
zwischen beiden Enden jeder einzelnen Nut (7) ein
Übergangsbereich angeordnet ist.
3. Motor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß
30 sich im Übergangsbereich der Querschnitt der Nuten
(7) vom Lager (2) weg in axialer Richtung stetig
verkleinert.
4. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
35 kennzeichnet, daß eine radiale Außenseite (11) je-

der Nut (7) jeweils parallel zu der Umfangsfläche (10) des Läufers (1) liegt.

5. Motor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß
5 der Übergangsbereich jeder einzelnen Nut (7) mindestens zwei Abschnitte aufweist, innerhalb derer die einzelnen Nuten (7) gleichbleibende Querschnittsflächen aufweisen, wobei die Abschnitte einer einzelnen Nut (7) untereinander verschiedene
10 Querschnittsflächen aufweisen.
6. Motor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß
die Nuten radial zur Läuferachse (6) begrenzende
Flächen der Abschnitte parallel zur Läuferachse (6)
15 angeordnet sind.
7. Motor nach einem der Ansprüche 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der größten Überdeckung
(8) eines Abschnitts nicht größer als die der größten
20 Überdeckung (8) des in axialer Richtung längsten Abschnitts und die Dicke der kleinsten Überdeckung (8) eines Abschnitts nicht kleiner als die der kleinsten Überdeckung (8) des in axialer Richtung längsten Abschnitts ist.
- 25
8. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Überdeckung (8) zwischen einem radial äußeren Nutende (9) und der Umfangsfläche (10) eine vorbestimmte Dicke aufweist, bei der
30 das magnetisch leitende Material (5) der Überdeckung (8) bei allen im Betrieb herrschenden magnetischen Feldstärken einen vorbestimmten Sättigungsgrad annimmt.

-10-

9. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der Nuten (7) zur radialen Außenseite (11) hin zugespitzt ausgeformt ist.
- 5
10. Anwendung des Motors nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem hermetisch gekapselten Kältemitteldichter.

Fig.1

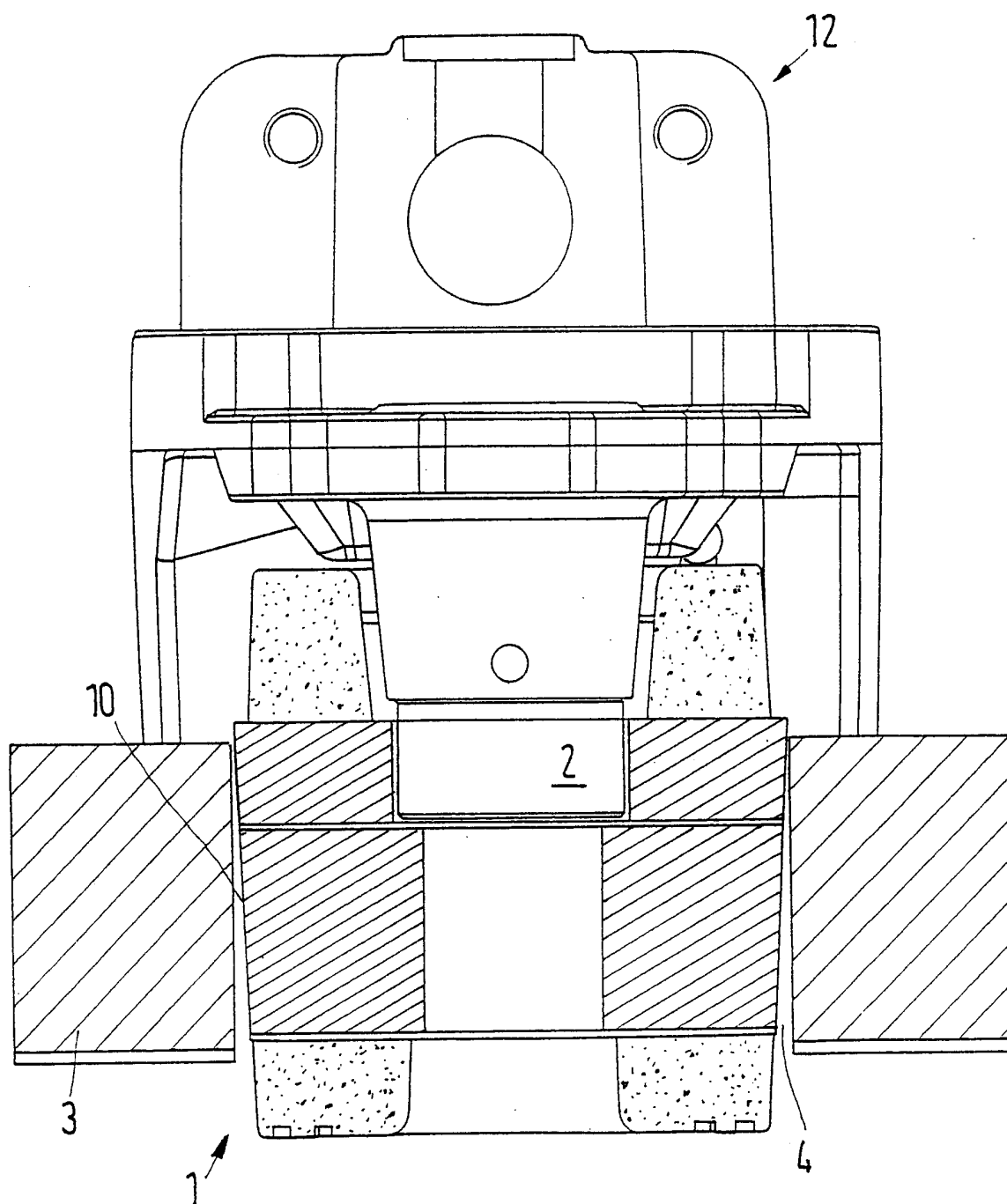


Fig.2

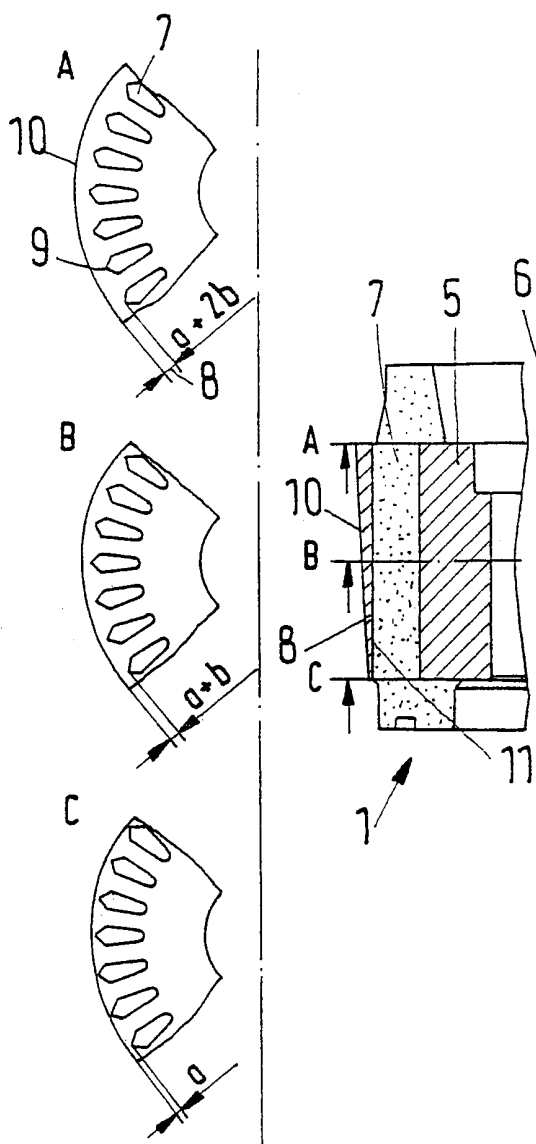


Fig.3

