

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4146065号
(P4146065)

(45) 発行日 平成20年9月3日(2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月27日(2008.6.27)

(51) Int.Cl.	F 1	
F 1 6 C 32/00 (2006.01)	F 1 6 C 32/00	C
B 2 3 B 19/02 (2006.01)	B 2 3 B 19/02	B
C 2 3 C 4/04 (2006.01)	C 2 3 C 4/04	
F 1 6 C 19/14 (2006.01)	F 1 6 C 19/14	
F 1 6 C 32/04 (2006.01)	F 1 6 C 32/04	A
請求項の数 4 (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2000-156449 (P2000-156449)	(73) 特許権者	000102692 NTN株式会社
(22) 出願日	平成12年5月26日(2000.5.26)		大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(65) 公開番号	特開2001-336527 (P2001-336527A)	(74) 代理人	100086793 弁理士 野田 雅士
(43) 公開日	平成13年12月7日(2001.12.7)	(74) 代理人	100087941 弁理士 杉本 修司
審査請求日	平成16年9月21日(2004.9.21)	(72) 発明者	鈴木 伸幸 静岡県磐田市東貝塚1578番地 エヌテ イエヌ株式会社内
		(72) 発明者	山田 裕之 静岡県磐田市東貝塚1578番地 エヌテ イエヌ株式会社内
		審査官	瀬川 裕
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静圧磁気複合軸受スピンドル装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

静圧気体軸受と磁気軸受とが複合化されたラジアル型の静圧磁気複合軸受により主軸を支持したスピンドル装置において、予圧を与えた転がり軸受をハウジングに設け、この転がり軸受の内輪の内径面と主軸の外径面とのラジアル隙間を、静止磁気複合軸受のラジアル隙間以下に設定し、主軸が過大な負荷によって静圧側の部材に接触するタッチダウンに対する保護を上記転がり軸受で行うようにし、上記主軸に設けられた鍔部に対面して主軸を支持するスラスト型の静圧磁気複合軸受を設け、このスラスト型の静圧磁気複合軸受における軸受面およびこの軸受面に対面する主軸の鍔面のいずれか一方の面に、モリブデンまたはカーボンの溶射層を設け、上記軸受面および主軸鍔面の他方の面にセラミックスの溶射層を施した静圧磁気複合軸受スピンドル装置。

【請求項2】

上記予圧により上記転がり軸受の軸受隙間を零にした請求項1に記載の静圧磁気複合軸受スピンドル装置。

【請求項3】

上記転がり軸受の内輪の端面に圧接する摺動材をハウジングに設け、主軸回転時に生じる空気剪断トルクで内輪が空回りすることを防止した請求項1または請求項2に記載の静圧磁気複合軸受スピンドル装置。

【請求項4】

上記転がり軸受が、複列のアンギュラ玉軸受である請求項1ないし請求項3のいずれか

に記載の静圧磁気複合軸受スピンドル装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、高速切削加工装置や研削加工装置等に装備される静圧磁気複合軸受スピンドル装置に関し、特にタッチダウン時の保護を図るものである。

【0002】

【従来の技術】

高能率で高精度な加工を行うためには、高速回転が可能であって、高回転精度を有し、静剛性・動剛性が高いスピンドル装置が必要となる。この要求に対して静圧気体軸受と磁気軸受とを複合化したハイブリッド型の非接触軸受を提案した（特願平10-097505号など）。これによれば、静圧気体軸受の優れた動剛性および回転精度と、磁気軸受の優れた静剛性という両軸受の特長を生かしたコンパクトな軸受とできる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

静圧磁気複合軸受は非接触軸受であるが、過大な負荷が作用した場合などに、主軸が軸受面に接触する恐れがある。このような主軸の接触をタッチダウンと呼んでいる。このタッチダウンに対して、従来の磁気軸受スピンドルでは、転がり軸受からなる保護軸受が使用されている。しかし、静圧磁気複合軸受は、磁気軸受部に静圧気体軸受を形成したものであるため、軸受部の主軸と磁気軸受ステータ間の隙間が、例えば数十ミクロン以下と狭く、磁気軸受スピンドルで通常使用されている転がり軸受からなる保護軸受が使用できない。

この問題は、静圧磁気複合軸受に限らず、静圧気体軸受の場合にも生じる。

なお、静圧磁気複合軸受の場合は、その静圧気体軸受面が磁気軸受の電磁石を形成することから、静圧気体軸受面の材質は潤滑性のない磁性金属に限られる。そのため、スピンドルに過大な負荷が印加された場合に、主軸と軸受面との接触によって、軸受部に悪影響を及ぼす恐れがより大きい。

【0004】

このようなタッチダウン時の保持を目的として、本出願人は、摺動材を静圧磁気複合軸受スピンドル装置に設けるものを提案した（特願平H11-071502号）。

しかしながら、摺動材としてカーボン等の縦弾性係数が小さなものを使用した場合、加工中における工具の破損、あるいは誤操作によるワークへの衝突などにより非常に大きな負荷が加わったときには、摺動材が変形してこの摺動材の設定隙間以上に主軸が変位してしまうことがある。この場合、摺動材による保護機能が果たされない恐れがある。

【0005】

この発明の目的は、軸受隙間の狭い静圧気体軸受部を有しながら、主軸に過大な負荷が作用し、主軸と静止側部材の間にタッチダウンがあった場合にも、軸受や主軸の摩耗や損傷を防止することができる静圧磁気複合軸受スピンドル装置を提供することである。

この発明の他の目的は、タッチダウン時保護用の転がり軸受の空回りによる不具合を無くすことである。

この発明のさらに他の目的は、スラスト型の静圧磁気複合軸受におけるタッチダウン時の保護を図ることである。

この発明のさらに他の目的は、主軸に過大な負荷が作用し、主軸と静止側部材の間にタッチダウンがあった場合にも、軸受や主軸の摩耗や損傷を防止することができる静圧気体軸受スピンドル装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明の静圧磁気複合軸受スピンドル装置は、静圧気体軸受と磁気軸受とが複合化されたラジアル型の静圧磁気複合軸受により主軸を支持したスピンドル装置において、予圧を与えた転がり軸受をハウジングに設け、この転がり軸受の内輪の内径面と主軸の外径面

10

20

30

40

50

とのラジアル隙間を、静圧磁気複合軸受のラジアル隙間以下に設定し、上記主軸に設けられた鏝部に対面して主軸を支持するスラスト型の静圧磁気複合軸受を設け、このスラスト型の静圧磁気複合軸受における軸受面およびこの軸受面に対面する主軸の鏝面のいずれか一方の面に、モリブデンまたはカーボンの溶射層を設け、上記軸受面および主軸鏝面の他方の面にセラミックスの溶射層を施したものである。

この構成によると、主軸に過大な負荷が印加された場合も、主軸が静圧磁気複合軸受に接触する前に、転がり軸受によって支持される。そのため静圧磁気複合軸受の損傷が防止される。転がり軸受を用いるため、縦弾性係数が小さな摺動材を用いるものと異なり、負荷が大きくても変形の問題がなく、確実な保護が行える。また、転がり軸受は予圧を与えるため、静圧磁気複合軸受の軸受面と主軸との隙間が狭くても、通常回転時に転がり軸受が主軸に接触しない設計とできる。

10

上記転がり軸受は、上記予圧によって軸受隙間を零にすることが好ましい。これにより、静圧磁気複合軸受と主軸との隙間がより一層狭い場合にも対応可能となる。

【0007】

この発明において、上記転がり軸受の内輪の端面に圧接する摺動材をハウジングに設けても良い。このように、摺動材を設けることで、通常の運転時に、主軸回転によって発生する空気せん断トルクにより内輪が空回りすることが防止される。

【0008】

この発明において、上記転がり軸受が、複列のアンギュラ玉軸受であっても良い。複列のアンギュラ玉軸受は、正面を向き合う組み合わせであっても、背面を向き合う組み合わせであっても良い。複列のアンギュラ玉軸受を用いると、予圧を与えて軸受隙間を零とすることが容易である。

20

【0009】

上記主軸に設けられた鏝部に対面して主軸を支持するスラスト型の静圧磁気複合軸受を設け、このスラスト型の静圧磁気複合軸受における軸受面およびこの軸受面に対面する主軸の鏝面のいずれか一方の面に、モリブデンまたはカーボンの溶射層を設け、上記軸受面および主軸の鏝面の他方の面にセラミックスの溶射層を施している。

スラスト型の静圧磁気複合軸受を設けた場合、主軸の運転時の支持が、完全に非接触で行える。この場合に、上記のように軸受面および主軸鏝面に上記材質の溶射層を設けることで、スラスト方向のタッチダウン時の耐摩耗、摺動特性を向上させることができる。スラスト軸受部に関しては、ラジアル軸受と同様にして並列に摺動部材を置くことは困難である。本来の軸受面積を減らすこと無く摺動部材を置くためには、主軸の鏝部の径を大きくすることになるが、固有振動数は著しく低下することになる。しかし、上記のように軸受面に溶射層を設けることにより、鏝径を大きくすることなく、タッチダウン時の保護が行える。

30

【0011】

【発明の実施の形態】

この発明の一実施形態を図1ないし図4と共に説明する。この静圧磁気複合軸受スピンドル装置1は、主軸4を、ハウジング5に設置された複数のラジアル型の静圧磁気複合軸受6,7と、スラスト型の静圧磁気複合軸受8,9とで支持し、スピンドル駆動源10を設けたものである。スピンドル駆動源10は、ハウジング5に内蔵のモータであって、主軸4に一体に設けられたロータ21と、ハウジング5に設置されたステータ22とで構成され、ビルトインモータ形式のスピンドル装置1を構成する。主軸4の先端には工具装着部11が設けられている。主軸4内を貫通したドロバ12は、主軸4の後方のアンクランプユニット13で操作される。

40

各軸受6~9とスピンドル駆動源10の配置は、この例では、主軸4の前部(工具側部)および後部をラジアル型の静圧磁気複合軸受6,7で支持し、その中間をスラスト型の静圧磁気複合軸受8,9で支持し、後端にスピンドル駆動源10を配置した構成としてある。

【0012】

50

この構成のスピンダル装置 1 において、図 2 に拡大して示すように、タッチダウン保護用の転がり軸受 4 1 を、主軸 4 の先端近傍に位置してハウジング 5 に設置してある。転がり軸受 4 1 は、先端側の静圧磁気複合軸受 6 よりも主軸 4 の先端側に配置してある。転がり軸受 4 1 は、予圧を与えて軸受隙間を零とし、その内輪 4 2 の内径面と主軸 4 の外径面とのラジアル隙間 d_2 を、静圧磁気複合軸受 6 のラジアル隙間 d_1 以下に設定してある。

転がり軸受 4 1 は、深溝玉軸受からなり、内輪 4 2 と外輪 4 3 の間に、保持器（図示せず）に保持された転動体 4 4 を介在させたものである。転がり軸受 4 1 の予圧は、外輪 4 3 をハウジング 5 に締め込みで固定することにより与えている。転がり軸受 4 1 は、具体的には、ハウジング 5 に設けられた円筒面からなる軸受取付面 4 5 に外輪 4 3 を締め込みで取付けられ、軸受取付面 4 5 に続くハウジング 5 の段部 4 6 と固定リング 4 7 とで外輪 4 3 を軸方向に挟み付けることにより固定している。固定リング 4 7 はハウジング 5 にボルト 4 8 で取付けられる。

【 0 0 1 3 】

各静圧磁気複合軸受 6 ~ 9 の構成を説明する。前後のラジアル型の各静圧磁気複合軸受 6 , 7 は、互いに同じ構成のものである。静圧磁気複合軸受 6 , 7 は、各々静圧気体軸受 6 A , 7 A と磁気軸受 6 B , 7 B とを複合化させたものである。この明細書で言う複合化とは、静圧および磁気の両形式の軸受を共通部分が生じるように組み合わせることを意味し、例えば、静圧気体軸受面と磁気軸受面とに共通部分（ラジアル軸受では軸方向の重なり部分）を生じさせるか、あるいは両形式の軸受に少なくとも一部の部品が共通化されるものであれば良い。

【 0 0 1 4 】

この実施形態では、図 2 に示すように、磁気軸受 6 B の電磁石のコア 2 3 に、静圧気体軸受 6 A の絞り 2 4 a を設けることで、コア 2 3 で静圧気体軸受面の一部を構成している。コア 2 3 は、軸方向に離れた一対の主コア部 2 3 a , 2 3 a と、これら主コア部 2 3 a , 2 3 a を連結した連結コア部 2 3 b とを有する。磁気軸受 6 B は、コア 2 3 の連結コア部 2 3 b にコイル 2 5 を巻装したものである。コイル 2 5 は、樹脂材等の非磁性体 2 6 に埋め込まれている。なお、磁気軸受 7 B および静圧気体軸受 7 A は、それぞれ磁気軸受 6 B および静圧気体軸受 6 A と同じ構成である。

【 0 0 1 5 】

静圧気体軸受 6 A は、コア 2 3 および非磁性体 2 6 の内径側面で形成されて主軸 4 との間に軸受隙間 d_1 を形成する静圧磁気受面 6 A a と、コア 2 3 の各主コア部 2 3 a , 2 3 a に設けられて静圧軸受面 6 A a に開口する絞り 2 4 a とで構成される。絞り 2 4 a は、各主コア部 2 3 a の外径側面に開口した給気孔 2 4 の先端に設けられている。

図 3 に階段断面を示すように、コア 2 3 は、主軸 4 の回りの円周方向複数箇所（同図の例では 4 箇所）に配置されてハウジング 5 に固定されている。円周方向に隣合うコア 2 3 間の隙間は、樹脂材等の非磁性体 2 7 で埋められている。この非磁性体 2 7 は、コイル 2 5 の周囲の非磁性体 2 6（図 2）と一体のものであっても良い。これら非磁性体 2 6 , 2 7 と、コア 2 3 とで、前記静圧磁気軸受面 6 A a が構成される。

【 0 0 1 6 】

図 4 は、スラスト型の静圧磁気複合軸受 8 , 9 の拡大図である。この一対の軸受 8 , 9 は、主軸 4 に設けられた鏝部 4 a の両面に対向してハウジング 5 内に設置されたものであり、互いに一つの両面式スラスト型静圧磁気複合軸受 3 0 を構成する。両側の静圧磁気複合軸受 8 , 9 は、互いに同じ構成のものである。これら静圧磁気複合軸受 8 , 9 は、各々静圧気体軸受 8 A , 9 A と磁気軸受 8 B , 9 B とを複合化させたものである。

この実施形態では、磁気軸受 8 B , 9 B の電磁石のコア 3 3 に、静圧気体軸受 8 A , 9 A の絞り 3 4 a を設けることで、軸受構成部品の共通化と共に、軸受面の一部が軸方向に重なるようにしてある。コア 3 3 は、スピンドル鏝部 4 a の対向面に開き部 3 3 d が生じるように、縦断面形状が C 字状に形成され、その内部にコイル 3 5 が収められている。開き部 3 3 d は非磁性体で埋められている。コア 3 3 は、図示の例では断面 L 字状の内周コア

部 3 3 a と外周コア部 3 3 b との組立構成としてあるが、一体物であっても良い。コア 3 3 には軸方向に間座 2 9 が隣接している。

【 0 0 1 7 】

スラスト型の静圧気体軸受 8 A , 9 A は、コア 3 3 の側面で形成されてスピンドル鍔部 4 a との間に軸受隙間 d 3 を形成する静圧軸受面 8 A a , 9 A a と、コア 3 3 に設けられて静圧軸受面 8 A a , 9 A a に開口する絞り 3 4 a とで構成される。絞り 3 4 a は、コア 3 3 の外径側面に開口した給気孔 3 4 の先端に設けられている。

【 0 0 1 8 】

スラスト型の静圧磁気複合軸受 8 , 9 における軸受面 8 A a , 9 A a には、モリブデンまたはカーボンの溶射層 5 1 を施し、主軸 4 の鍔面にはセラミックスの溶射層 5 2 を施して

10

【 0 0 1 9 】

図 1 の各静圧磁気複合軸受 6 ~ 9 における静圧気体軸受 6 A ~ 9 A の給気孔 2 4 , 3 4 には、ハウジング 5 内に設けられた給気孔 4 0 の給気入口 4 0 a から、圧縮空気またはその他の圧縮気体が供給される。

【 0 0 2 0 】

この構成のスピンドル装置 1 によると、タッチダウン防止用の転がり軸受 4 1 を設けたため、主軸 4 に過大な負荷が印加された場合も、主軸 4 が静圧磁気複合軸受 6 , 7 に接触する前に、転がり軸受 4 1 によって支持される。そのため静圧磁気複合軸受 6 , 7 の摩耗や

20

【 0 0 2 1 】

また、スラスト型の静圧磁気複合軸受 8 , 9 には、軸受面にモリブデンまたはカーボンの溶射層 5 1 を施し、主軸鍔面にセラミックスの溶射層 5 2 を施したため、タッチダウン時にはこれらの溶射層 5 1 , 5 2 が接することになり、その滑りによって保護が行える。また、溶射層 5 1 , 5 2 を施したものであるため、タッチダウン保護用の摺動部材を静圧磁気複合軸受 8 , 9 と並べて設ける場合と異なり、鍔径を大きくすることなく、タッチダウン時の保護が行える。

30

【 0 0 2 2 】

図 5 は、上記実施形態において、深溝玉軸受からなる転がり軸受 4 1 を設けた代わりに、複列のアンギュラ玉軸受からなる転がり軸受 4 1 A 設けたものである。両列の軸受 4 1 A a , 4 1 A b は、互いに正面を向けて組み合わせ、軸方向に予圧をかけてハウジング 5 に固定してある。軸方向の予圧は、ハウジング 5 の軸受取付面 4 5 に続く段部 4 6 と固定リング 4 7 とで両列の軸受 4 1 A a , 4 1 A b の外輪 4 3 を軸方向に挟み付けることにより与えている。固定リング 4 7 は、ボルト 4 8 でハウジング 5 に取付けられる。両列の軸受

40

4 1 A a , 4 1 A b にわたり、内輪 4 2 の内径面にはタッチダウン時の主軸接触用のリング部材 4 9 が締め込み状態に嵌合させてある。このリング部材 4 9 と、各列の軸受 4 1 A a , 4 1 A b の内輪 4 2 とで、複列のアンギュラ玉軸受からなる転がり軸受 4 1 A の内輪 5 0 が構成される。この例では、上記リング部材 4 9 の内径面と主軸 4 との隙間 d 2 が、静圧磁気複合軸受 6 , 7 の軸受隙間 d 1 よりも小さくなるように設定される。

この構成の場合、転がり軸受 4 1 A として複列のアンギュラ玉軸受を用いたため、予圧が与え易く、軸受隙間を零とすることが容易である。そのため、静圧磁気複合軸受 6 , 7 の軸受隙間 d 1 がより一層狭い場合にも適用できる。その他の構成、効果は、図 1 ないし図 4 に示す第 1 の実施形態と同じである。

50

背面を向き合うようにしても良い。モーメントの関係では、背面を向き合うように配置することが好ましい。

【0023】

図6, 図7は、それぞれ図2および図5の実施形態において、転がり軸受41, 41Aの内輪42, 50の端面に摺動材60を圧接させた例を示す。摺動材60は、軸受41, 41Aの外輪43をハウジング5に固定するリング部材48に取り付けてある。すなわち、リング部材47の内径部の軸受対向面に環状凹部を形成し、その環状凹部にリング状の摺動材60を嵌合状態に取り付けてある。摺動材60は、例えばカーボンやフッ素樹脂等の低摩擦係数の部材である。

このように摺動部材60を設けた場合、主軸4の回転によって発生する空気せん断トルクによって内輪42, 50が回転することが防止される。そのため、無駄な内輪42, 50の空回りによる不具合が防止される。

【0024】

なお、前記各実施形態は、ラジアル形式の静圧磁気複合軸受6, 7を備える静圧磁気複合軸受スピンドル装置の場合につき説明したが、この発明は、静圧気体軸受スピンドル装置にも適用することができる。例えば、図1~図4に示す第1の実施形態において、静圧磁気複合軸受6, 7に代えて、図8に示すように静圧気体軸受66を設け、静圧気体軸受スピンドル装置としても良い。その場合に、スラスト形式の静圧磁気複合軸受8, 9(図1)の代わりに、スラスト形式の静圧気体軸受(図示せず)を設けても良い。

【0025】

【発明の効果】

この発明の静圧磁気複合軸受スピンドル装置は、予圧を与えた転がり軸受をハウジングに設け、この転がり軸受の内輪の内径面と主軸の外径面とのラジアル隙間を、静圧磁気複合軸受のラジアル隙間以下に設定し、上記主軸に設けられた鏝部に対面して主軸を支持するスラスト型の静圧磁気複合軸受を設け、このスラスト型の静圧磁気複合軸受における軸受面およびこの軸受面に対面する主軸の鏝面のいずれか一方の面に、モリブデンまたはカーボンの溶射層を設け、上記軸受面および主軸鏝面の他方の面にセラミックスの溶射層を施したものであるから、軸受隙間の狭い静圧気体軸受部を有しながら、主軸に過大な負荷が作用し、主軸と静止側部材の間にタッチダウンがあった場合にも、軸受や主軸への影響を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態にかかるスピンドル装置の縦断側面図である。

【図2】同スピンドル装置の主軸先端部付近の拡大断面図である。

【図3】同スピンドル装置におけるラジアル型の静圧磁気複合軸受の横断面図である。

【図4】同スピンドル装置におけるスラスト型の静圧磁気複合軸受の拡大断面図である。

【図5】この発明の他の実施形態にかかるスピンドル装置の部分断面図である。

【図6】この発明のさらに他の実施形態にかかるスピンドル装置の部分断面図である。

【図7】この発明のさらに他の実施形態にかかるスピンドル装置の部分断面図である。

【図8】この発明を静圧気体軸受スピンドル装置に適用した実施形態の部分断面図である。

【符号の説明】

1 ...スピンドル装置

4 ...主軸

5 ...ハウジング

6 ~ 9 ...静圧磁気複合軸受

6A ~ 9A ...静圧気体軸受

6B ~ 9B ...磁気軸受

6Aa, 7Aa ...静圧気体軸受面

10 ...スピンドル駆動源

41 ...転がり軸受

10

20

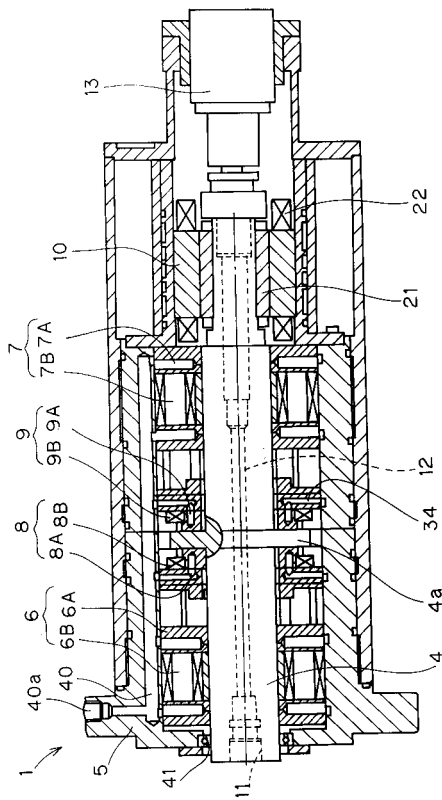
30

40

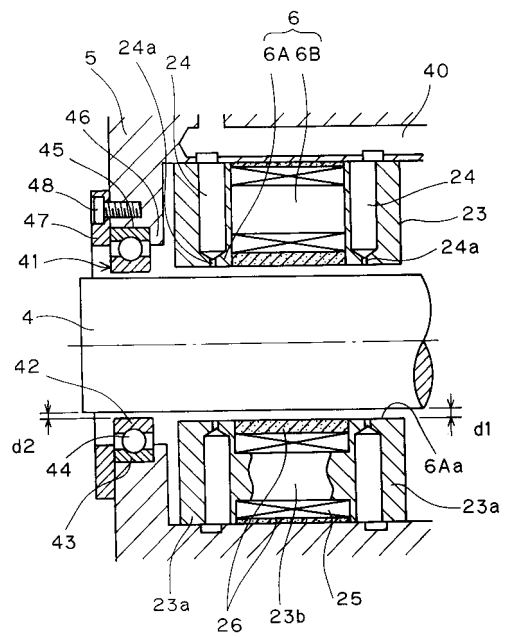
50

- 5 1 , 5 2 ... 溶射層
- 6 0 ... 摺動材
- d 1 , d 2 ... ラジアル隙間

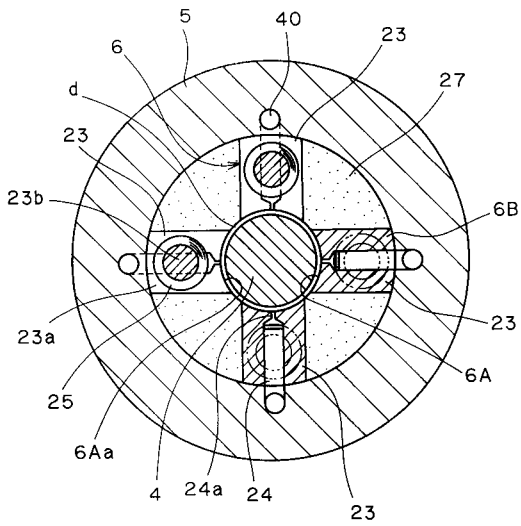
【図 1】



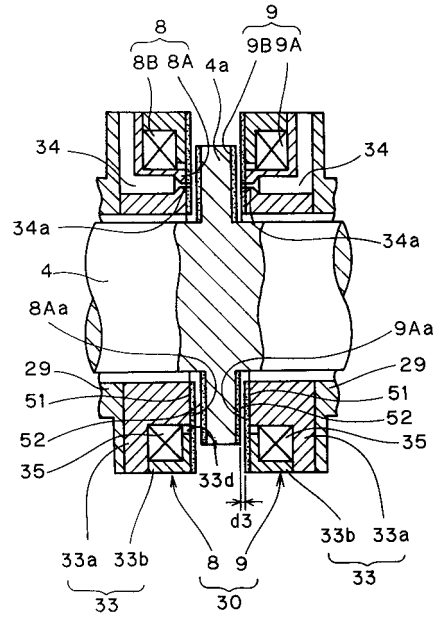
【図 2】



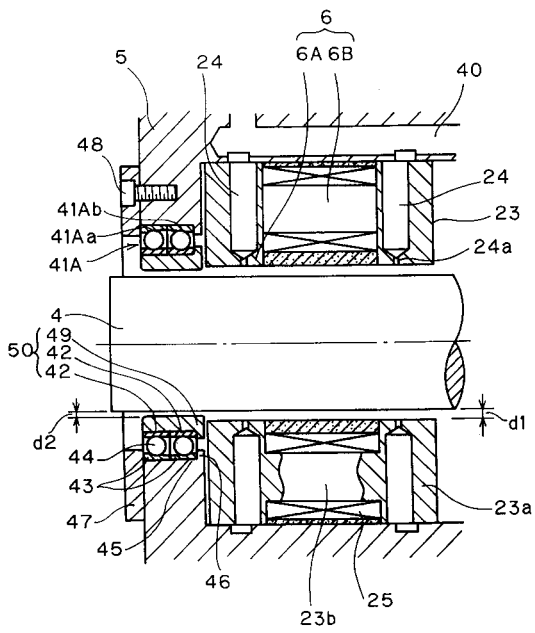
【図3】



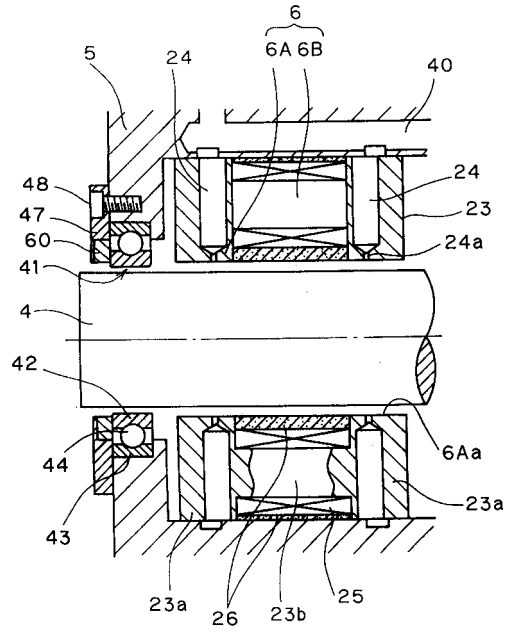
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 1 6 C 35/07 (2006.01) F 1 6 C 35/07

(56)参考文献 特開平09-257034(JP,A)
特開平11-013759(JP,A)
特開平11-051051(JP,A)
実開平03-084416(JP,U)
特開平08-326751(JP,A)
特開平07-248020(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 32/00-32/06,
F16C 19/00-19/56,
F16C 33/30-33/66,
F16C 35/00-43/08,
B23B 19/02,
C23C 4/04