

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4612954号
(P4612954)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010.10.22)

(51) Int.Cl.	F I
HO2K 7/09 (2006.01)	HO2K 7/09
HO2K 5/128 (2006.01)	HO2K 5/128
HO2K 21/14 (2006.01)	HO2K 21/14 M

請求項の数 25 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2000-613059 (P2000-613059)	(73) 特許権者	500530605
(86) (22) 出願日	平成12年4月20日(2000.4.20)		フォルシュングスツェントルム ユーリッヒ
(65) 公表番号	特表2003-525561 (P2003-525561A)		ヒ ゲーエムペーハー
(43) 公表日	平成15年8月26日(2003.8.26)		FORSCHUNGSZENTRUM J
(86) 国際出願番号	PCT/EP2000/003640		ULICH GMBH
(87) 国際公開番号	W02000/064031		ドイツ連邦共和国 D-52425 ユー
(87) 国際公開日	平成12年10月26日(2000.10.26)		リッヒ レオ ブラント シュトラッセ
審査請求日	平成19年2月2日(2007.2.2)		Leo Brandt Strasse
(31) 優先権主張番号	299 07 332.7		52425 Julich
(32) 優先日	平成11年4月20日(1999.4.20)	(74) 代理人	100100480
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 藤田 隆
(31) 優先権主張番号	199 18 841.6	(72) 発明者	ヨーハン カー フレメライ
(32) 優先日	平成11年4月20日(1999.4.20)		ドイツ連邦共和国ボン市デー-53127
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		オーデルシュトラッセ67

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロータ(3,30,32,36,42)と流体との相互作用のためのロータ装置(1)であって、

- a) ロータ装置(1)は支持管(2)を有し、
 - b) 支持管(2)内にロータ(3,30,32,36,42)が回転可能に支持され、
 - c) ロータ(3,30,32,36,42)は支持管(2)を流れる流体と相互作用するように構成され、
 - d) ロータ(3,30,32,36,42)はその両端面に、軸方向に磁化された永久磁石からなるロータ磁石(7,8;46,47)を有し、
 - e) ロータ(3,30,32,36,42)の端面に軸方向に直接に対向して、支持管(2)と接続された永久磁石からなるステータ磁石(18,19;52,53)が配置され、
 - f) 各々のステータ磁石(18,19;52,53)は、隣接するステータ磁石とロータ磁石(18,19;7,8;46,47;52,53)が引き合うように軸方向に磁化され、
 - g) ロータ装置(1)はロータ(3,30,32,36,42)用の磁気的な軸方向安定装置(22,23,27;58,59,66)を有する、
- ことを特徴とするロータ装置。

【請求項2】

ロータ磁石及びステータ磁石(46,47;52,53)はそれぞれ、組み合わされた少なくとも2個の部分磁石(48,49,50,51;54,55,56,57)からなり、半径方向に隣接する磁石の各々の対(48,49,50,51;54,55,56,57)が反対の極性に磁化されていることを特徴とする請求項1記載のロータ装置。

【請求項 3】

ロータ(3,30,32,36,42)と流体との相互作用のためのロータ装置(1)であって、

- a) ロータ装置(1)は支持管(2)を有し、
 - b) 支持管(2)内にロータ(3,30,32,36,42)が回転可能に支持され、
 - c) ロータ(3,30,32,36,42)は支持管(2)を流れる流体と相互作用するように構成され、
 - d) ロータ(3,30,32,36,42)の各端面近傍において、軸方向に磁化された永久磁石及び磁束誘導部材が直接に互いに対向し、永久磁石はロータ(3,30,32,36,42)に設けられたロータ磁石(7,8;46,47)又は支持管(2)に接続されたステータ磁石(18,19;52,53)であり、
 - e) ロータ装置(1)はロータ(3,30,32,36,42)用の磁氣的な軸方向安定装置(22,23,27;58,59,66)を有する、
- ことを特徴とするロータ装置。

10

【請求項 4】

磁石(7,8;46,47)と磁束誘導部材との間で作用する磁氣的引力が増幅されるように磁束誘導部材の磁化を強化するために電磁コイルが設けられていることを特徴とする請求項 3 記載のロータ装置。

【請求項 5】

ロータ(3,30,32,36,42)は軸流ロータであることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項 6】

ロータ(3,30,32,36,42)はロータハブ(45)を有し、ロータ磁石(7,8;46,47)又は磁束誘導部材はロータハブ(45)内に配置され、ステータ磁石(18,19;52,53)又は磁束誘導部材はロータハブ(45)の端面に対向して配置されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載のロータ装置。

20

【請求項 7】

ステータ磁石(18,19;52,53)又は磁束誘導部材は半径方向安定器(10,11;43,44)内に配置され、半径方向安定器(10,11;43,44)の輪郭はロータハブ(45)の輪郭からはみ出さないことを特徴とする請求項 6 記載のロータ装置。

【請求項 8】

互いに対向する半径方向安定器(10,11)及びロータ(36)の端面のうち少なくとも 1 つは球面状に形成されていることを特徴とする請求項 7 記載のロータ装置。

30

【請求項 9】

互いに対向する半径方向安定器(10,11)及びロータ(36)の端面には、嵌合する相補的な形状のベアリングピン(40)及びベアリング用凹所(41)が設けられ、これらがロータ(36)の半径方向及び／又は軸方向の運動を制限することを特徴とする請求項 7 又は 8 記載のロータ装置。

【請求項 10】

ロータ磁石(7,8;46,47)又は磁束誘導部材及びステータ磁石(18,19;52,53)又は磁束誘導部材は互いに直接に対向するように配置されていることを特徴とする請求項 1～9 のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項 11】

軸方向安定装置はロータ(3,30,32,36,42)の軸方向の運動を検出するセンサを有する調整装置(27,66)のみならず少なくとも 1 つの電磁コイル(22,23;58,59)を有し、調整装置(27,66)は、ロータ(3,30,32,36,42)が設定位置から外れようとするいかなる軸方向の運動をも電磁コイル(22,23;58,59)の磁場が妨げるように電磁コイル(22,23;58,59)を流れる電流に影響を与えることを特徴とする請求項 1～10 のいずれかに記載のロータ装置。

40

【請求項 12】

軸方向安定化装置は、ロータ(3,30,32,36,42)の両端面及び／又はステータ磁石(18,19;52,53)若しくは磁束誘導部材の近傍に配置された 2 つの電磁コイル(22,23;58,59)を有することを特徴とする請求項 11 記載のロータ装置。

【請求項 13】

50

電磁コイル(22,23)は支持管(2)を取り巻くことを特徴とする請求項12記載のロータ装置。

【請求項14】

電磁コイル(58,59)が半径方向安定器(43,44)内に配置されたことを特徴とする請求項12記載のロータ装置。

【請求項15】

半径方向安定器(10,11;43,44)は、磁化可能な磁束誘導部材(20,21;60,61)を有し、磁束誘導部材(20,21;60,61)の形状及び配置は、軸方向の磁場が、半径方向安定器(10,11;43,44)とロータ(3,30,32,36,42)の端面間の隙間において、電磁コイル(22,23;62,63)によって生成された磁場と軸方向に重なるようにされていることを特徴とする請求項11～14のいずれかに記載のロータ装置。

10

【請求項16】

磁束誘導部材(20,21;60,61)が電磁コイル(22,23;62,63)の高さに配置されていることを特徴とする請求項15記載のロータ装置。

【請求項17】

ロータ(3,30,32,36,42)はパルス発信器(9)を有し、支持管(2)はパルス受信器(28)を有し、パルス発信器(9)はロータ(3,30,32,36,42)の回転速度に対応するパルスを実パルス受信器(28)用に発信することを特徴とする請求項1～16のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項18】

パルス発信器はパルス磁石(9)として形成され、パルス受信器はコイル(28)として形成されることを特徴とする請求項17記載のロータ装置。

20

【請求項19】

支持管(2)は、回転電流を供給され得る回転磁場ステータ(28)をロータ(3,30,32,36,42)の高さに有し、ロータ(3,30,32,36,42)は軸方向に磁化され得る輪状極磁石(9)を有することを特徴とする請求項1～18のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項20】

輪状極磁石(9)は、異なった半径方向に磁化された少なくとも4個の磁石セグメントを有することを特徴とする請求項19記載のロータ装置。

【請求項21】

回転磁場ステータ(28)は電子回転電流発生器(29)に接続され、好ましくは電子回転電流発生器(29)に負荷角制御器が作用することを特徴とする請求項19又は20記載のロータ装置。

30

【請求項22】

ロータ(30)の外表面及び／又は支持管(2)に螺旋状流路(31)を設けるために少なくとも一条の螺旋状リブが設けられたことを特徴とする請求項1～21のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項23】

ロータ(32)の外表面に複数のブレードリング(33)が形成され、これらのブレードリング(33)は支持管(2)の内壁面に設けられた相補的な形状の複数のブレードリング(35)と軸方向に重なり合うことを特徴とする請求項1～21のいずれかに記載のロータ装置。

40

【請求項24】

ロータ(42)の外表面は滑らかで、特に円筒状に、形成されていることを特徴とする請求項1～23のいずれかに記載のロータ装置。

【請求項25】

ロータ(36)の外表面は、半径方向外側へ突出した少なくとも1個の突出部(37)を有し、ロータ(36)の軸方向の位置を検出してその軸方向の位置に比例する信号を発生するセンサをさらに有することを特徴とする請求項1～24のいずれかに記載のロータ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、ロータが流体と相互作用するロータ装置に関する。ここで、流体は液体又はガ

50

スである。

【0002】

ポンプ及び計測装置用のロータ装置は従来技術の一部として発展してきた。これらのロータ装置において、ロータが支持管内に磁場の力によって平衡状態で保持されている。ドイツ公開特許公報DE-A-2919236には、液体流量計測用のタービン・カウンタが記載されている。ここで、半径方向の安定性のために、ロータは2個のロータ磁石を有し、これらは永久磁石からなり、離隔して配置されている。同様に永久磁石からなり対で配置されているステータ磁石がロータ磁石に伴い、支持管を取り囲む。ロータ磁石及びステータ磁石は、軸方向に互いに反発するように、磁化されている。

【0003】

電磁コイルがステータ磁石の間に配置され、環状に支持管を取り巻く。電磁コイルは、ロータに設けられてロータ磁石の間に配置された強磁性の磁束誘導部材と協働して作用する。さらに、ロータの軸方向の位置を検出するセンサが設けられ、電磁コイルを流れる電流を制御する調整装置と協働して作用する。ロータの軸方向の変位の際に、ロータ磁石及びステータ磁石の磁場による力が、ロータがその平衡位置から外れるのを加速しようとする。と直ちに、センサが測定した軸方向の変位は、反対方向の（安定作用を生じる）磁場による力を生じる。したがって、ロータが軸方向にいずれの向きであろうとシフトすれば、ロータは設定位置に常に戻される。この際、安定作用を生じる軸方向の力は軸方向変位に対して復元力（緩衝力）がロータを設定位置に安定化するように、適時に公知の態様で位相シフトされる。

【0004】

ここまで記載したロータ装置の欠点は、ロータは半径方向に比較的僅かなベアリング剛性しか有しないということである。その理由は、流体を通す環状の通路が支持管とロータの間にあるために、ステータ磁石とロータ磁石との間に広い空間が存在することである。

【0005】

ドイツ公開特許公報DE-A-2444099には、迅速に移動する物体用の磁気ベアリングが記載されている。この磁気ベアリングはスリーブ状のロータを有し、ロータの両端面には永久磁石を有する極片が対向している。これら極片が及ぼす磁氣的引力によりロータは安定位置に保持されている。平衡位置からの偏差は非接触位置サンプリングにより測定される。このような偏差は、不揮発性電磁気散乱場制御によって調整される。この目的のために、ロータに伴う間隙に近接して極片上に配置された環状コイルが設けられている。空間の理由から、そのような磁気ベアリングは、流体が通されるべき支持管内に配置されるには適していない。

【0006】

ポンプに関する限り、磁気ベアリングが、特に血液用ポンプに使用される。米国特許明細書5,695,471号には、半径流ロータ（輻流ロータ）を有する半径流ポンプ（輻流ポンプ）として形成された血液用ポンプが記載されている。半径流ロータは、支持管内に配置され、吸入側の延長部に多数のロータ磁石を有し、これらのロータ磁石には、支持管に設けられたステータ磁石が伴っている。さらに、半径流ロータは、周上に多数分散配置された軸方向に長い棒状のロータ磁石を有し、これらのロータ磁石には、半径流ロータの両側において支持管の両面に設けられた複数の環状のステータ磁石が伴っている。これらのロータ磁石及びステータ磁石はロータの延長部の領域においてラジアル軸受を補助するためのものである。ロータは、軸方向には、一端ではボールベアリングによって、他端では突端支持によって、純粋に機械的に支持されている。

【0007】

ロータはブラシレス回転磁場モータによって駆動される。この目的のため、支持管の側方にコイルが設けられ、半径流ロータに導入される輪状極磁石（Polradmagnet）と協働して作用する。

【0008】

この血液用ポンプの欠点は、そのベアリングの安定性が半径方向において最適でなく、ま

10

20

30

40

50

た、ポンプは多数のロータ磁石及びステータ磁石を有するため重く、大きなスペースをとるということである。さらに、純粋に機械的なベアリングは軸方向に摩耗にさらされる。これは移植可能な血液用ポンプにおいては特に欠点となる。

【0009】

軸流ポンプも血液用ポンプとして使用可能であることが知られている。しかしこの場合、軸受は、支持管内でロータの前および後ろに固定式に配置された複数の案内車中で専ら機械的手段によってなされる（ウェルニッケ他、「A Fluid Dynamic Analysis Using Flow Visualization of the Baylor/NASA Implantable Axial Flow Blood Pump for Design Improvement」、アーティフィシャル・オーガズ（Artificial Organs）第19巻第2号、1995年、第161～177頁）。このような機械的ベアリングは摩耗しやすく、しかも、変質しやすい流体、特に血液のような体液に有害な影響を及ぼす。

10

【0010】

本発明の目的は、ここまでの導入部に記載された型のロータ装置について、遥かに大きいベアリング剛性、特に半径方向のもの、が達成される装置を構成し、ロータ装置をきわめて多目的に使用できるものとするものである。

【0011】

本発明によれば、この目的は下記の特徴により達成された。

- a) ロータ装置は支持管を有し、
- b) 支持管内にロータが回転可能に支持され、
- c) ロータは支持管を流れる流体と相互作用するように構成され、
- d) ロータはその両端面に、軸方向に磁化された永久磁石からなるロータ磁石を有し、
- e) ロータの端面に軸方向に直接対向して、支持管と接続された永久磁石からなるステータ磁石が配置され、
- f) 各々のステータ磁石は、隣接するステータ磁石とロータ磁石が相互に引き合うように軸方向に磁化され、
- g) ロータ装置はロータ用の磁氣的な軸方向安定装置を有する。

20

【0012】

代替手段として、この目的は下記の特徴を有するロータ装置によって達成される。

- a) ロータ装置は支持管を有し、
- b) 支持管内にロータが回転可能に支持され、
- c) ロータは支持管を流れる流体と相互作用するように構成され、
- d) ロータの各端面近傍において、軸方向に磁化された永久磁石及び磁束誘導部材が直接に互いに対向し、永久磁石はロータに設けられたロータ磁石又は支持管に接続されたステータ磁石であり、
- e) ロータ装置はロータ用の磁氣的な軸方向安定装置を有する。

30

【0013】

したがって、本発明の根本思想は、端面同士が向かい合った位置関係にあるロータ磁石とステータ磁石によって、ロータ磁石とステータ磁石の向かい合う対がその都度引きつけ合うように、ロータ磁石とステータ磁石の間の隙間に橋渡しをする軸方向の磁場を形成するというものである。このため、ベアリング剛性は、ドイツ公開特許公報DE-A-2919236に記載された磁気ベアリングと比較して、同一の幾何学的配列において少なくとも10倍になり、しかも、支持管とロータハブの間の環状の流路に実質的に制限を加えることがない。

40

【0014】

上記した効果は、互いに対向しているのが2個の磁石（すなわちロータ磁石とステータ磁石）でなく、一方の側に磁石があり、他方の側には磁束誘導部材がある場合にも生じる。選択的に、磁石をロータ磁石としてロータに設け、磁束誘導部材を支持管に接続したり、磁石をステータ磁石として支持管に設け、磁束誘導部材をロータに設けることもできる。さらに、高度のベアリング剛性を達成するために磁束誘導部材の磁化を増幅して磁石と磁束誘導部材の間の磁氣的引力を増すため電磁コイルを設けてもよい。

【0015】

50

ロータ磁石とステータ磁石が対となって互いに対向している限り、それらは、少なくとも2個の組み合わされた部分磁石からなり、半径方向にそれぞれ隣接する部分磁石は反対方向に磁化されていることが好ましい。ロータ磁石とステータ磁石のこのような構成は、ベアリング剛性を40倍にすることを可能にする。

【0016】

ロータ装置がポンプとして用いられれば軸流ポンプとなるように、ロータは軸流ロータとして構成されていることが好適である。そのような軸流ロータは半径流ロータよりも安価に製造できる。

【0017】

本発明において、ロータはロータハブを有し、ロータ磁石又は磁束誘導部材はロータハブ内に配置され、ステータ磁石又は磁束誘導部材はロータハブの端面に対向して配置されている。ステータ磁石又は磁束誘導部材は流れを妨げないリブによって支持管に接続することができる。このような配置からコンパクトな構造が生じ、有害な隙間はほとんど避けることができる。ステータ磁石又は磁束誘導部材は半径方向安定器内に配置され、半径方向安定器の輪郭はロータハブの輪郭をはみ出さない。さらに好ましくは、半径方向安定器の輪郭はロータハブの輪郭と同一である。

【0018】

本発明の構成において、互いに対向する半径方向安定器及びロータの端面のうち少なくとも1つは球面状に形成されている。このような構成により、ロータが軸方向に変位したときのロータと半径方向安定器の軸から離れた領域における機械的干渉は避けられる。ロータの半径方向又は軸方向の運動を制限するために、半径方向安定器及びロータの対向する端面には、嵌合する相補的な形状のベアリングピンとベアリング用凹所が設けられることが有用である。ロータの半径方向の変位がかなり大きいときのみベアリングピンとベアリング用凹所が接触するように適当な半径方向の遊びが設けられている。

【0019】

本発明のさらに他の実施形態において、ロータ磁石及びステータ磁石は互いに直接に対向するように配置されているので、可能なもっとも強力な磁場が形成される。

【0020】

本発明は、軸方向安定装置はロータの軸方向の運動を検出するセンサを有する調整装置及び少なくとも1つの電磁コイルを有し、調整装置は、ロータが設定位置から外れようとするいかなる軸方向の運動をも電磁コイルの磁場が妨げるように電流に影響を与えることをも提案する。そのような軸方向安定装置は、原理的にはドイツ公開特許公報DE-A-2919236及びドイツ公開特許公報DE-A-2444099から知られており、実証されている。好適には、軸方向安定化装置は、ステータ磁石及び／又はロータの端面の近傍に配置された2つの電磁コイルを有することとすれば、軸方向の磁化は特に効果的である。

【0021】

電磁コイルを、例えば支持管に配置するには2つの可能性がある。すなわち、電磁コイルが支持管を取り巻く、又は、電磁コイルが半径方向安定器そのものの内部に配置される、ということである。しかし、いずれの場合においても、電磁コイルへの及び電磁コイルからの電線を配線するための導出をしなければならない。

好ましくは半径方向安定器は、磁化可能な磁束誘導部材を有し、磁束誘導部材の形状及び配置は、ロータが設定位置から外れようとするいかなる軸方向の運動も妨げられるように、ロータ磁石とステータ磁石によって形成された軸方向の磁場が、半径方向安定器とロータの端面間の隙間において電磁コイルによって形成された磁場と軸方向に重なるようにされているべきである。この場合、電磁コイル自身がセンサとして使用できる。磁束誘導部材は電磁コイルの高さに配置されているのが最も良い。

【0022】

ロータ装置が計測装置の一部であるならば、ロータはパルス発信器を有し、支持管はパルス受信器を有し、パルス発信器はロータの回転速度に対応するパルスを実受器用に発信することが好適である。これは、パルス発信器はパルス磁石として形成され、パルス

受信器はコイルとして形成され、したがってロータが回転すると電流がコイル中に誘起されるという簡単な方法で実現する。

【0023】

本発明の他の実施形態において、支持管は、三相電流を供給され得る回転磁場ステータをロータの高さに有し、ロータは半径方向に磁化される輪状極磁石を有する。これによって同期電動機が形成され、その同期電動機において、回転磁場ステータに回転電流が作用することにより、ロータを駆動する回転磁場が形成され得て、回転運動がロータへ伝えられる。したがってロータ装置はモータの特徴を有し、もしロータの表面が適当な形状を成しておれば、計測目的のみならず液体輸送用ポンプにも使用できる。

輪状極磁石は、異なった半径方向に磁化された少なくとも4個の磁石セグメントを有することが好ましい。これによって、ロータと半径方向安定器の間のベアリング間隙の近傍における磁場の非対称性に起因する、回転中のロータのよろめくような運動は防止される。回転磁場ステータは電子三相電流発生器に接続され、その電子三相電流発生器に負荷角制御器が作用する。負荷角を制御することによりロータに作用する回転磁場又はトルクの大きさ及び方向をセットし安定化することができる。

【0024】

ロータは特定の用途に適用される。本発明によるロータ装置が流量測定用のインペラまたはタービンホイール装置として用いられるならばロータは羽根状の突起を有することができる。上記したようにロータ装置が同期電動機により用途を拡大されれば輸送ポンプとして使用できる。この目的のために、例えば、ロータの外表面に少なくとも一条の螺旋状リブを設けて、輸送作用を有する流路を螺旋状リブの個々の山（うね）の間に形成することができる。この型のポンプは高真空を生成するために広く用いられる。

【0025】

これに対する代替手段として、ロータの外表面に複数のブレードリング（羽根車）が形成され、これらのブレードリングは支持管の内壁面に設けられた相補的な形状の複数のブレードリングと軸方向に重なり合う。ブレードリングの形状によっては、可能な最も変形した用途、例えばガスタービンまたは高真空ポンプ、が生じる。上記したブレードリングの形状を螺旋形の流路と組み合わせることができる。これによって、真空技術で複合ポンプと呼ばれる、特に高い圧縮比を有するものができる。

【0026】

ブレードリングとリブを有するものに替えて、ロータの外表面を滑らかで、特に円筒状に、形成することもできる。ロータ装置が上記したように同期電動機を有するならば、ロータの特定の回転速度を維持するために必要とされる同期電動機の消費電力を測定することによってガス状または液状の媒体の粘度は測定できる。この消費電力は本質的にロータの表面における摩擦力に比例し、この摩擦力はロータを囲む媒体の粘度の関数である。

【0027】

本発明の他の特徴によれば、ロータの外表面は、半径方向外側へ突出した少なくとも1個の突出部を有し、ロータの軸方向の位置を検出してその軸方向の位置に比例する信号を発生するセンサをさらに有することが提案される。この突出部は、例えば環状のリブの形状で、ガス状または液状の媒体の軸方向の流速を測定する可能性を提供する。軸方向安定装置が適当な信号を発生するならば、ロータ上の突出部に流れによって伝えられる軸方向の力はロータの対応する軸方向の位置変化によって決定される。上記したように、ロータ装置に同期電動機が備えられれば両尺度を組み合わせることができる。そうすれば、ロータの軸方向の変位とロータに伝えられた力は同期電動機により検出することができるので、流速と液体の粘度を同時に測定することができる。

【0028】

添付図面に示した実施形態に基づき、以下、本発明をより詳細に説明する。図面には下記のものを示す。

図1は、本発明による測定装置であるロータ装置の長手方向断面図である。

図2は、第2の実施形態であるポンプにおける支持管とロータの組合せの長手方向断面図

10

20

30

40

50

である。

図3は、第3の実施形態であるポンプにおけるロータと支持管の組合せの長手方向断面図である。

図4は、第4の実施形態であるポンプにおけるロータと支持管の組合せの長手方向断面図である。

図5は、第5の実施形態におけるロータハブと半径方向安定器の組合せの長手方向断面図である。

【0029】

図1に、液体またはガスを輸送するパイプ内に設置される、全体として符号1で表されるロータ装置を示す。ロータ装置1は円筒状の支持管2を有し、支持管2は図示しないフランジによってパイプに中間部材として取り付けことができ、液体またはガスは支持管2を

10

通って流れることになる。

【0030】

支持管2の中央にロータ3があって円筒状のロータハブ4を有している。このハブの外側にブレード5、6が形成されている。ロータハブの両端の領域は、軸方向に磁化された永久磁石であるロータ磁石7、8を含む。両ロータ磁石7、8の間には輪状極磁石9が配置され、輪状極磁石9はその周のまわりに分配された4つの半径方向に磁化されている。

【0031】

ロータハブ4の両端面に近接して半径方向安定器10、11が配置され、これらの半径方向安定器は、リブ12、13、14、15によって支持管2の内側にロータ3と同心に、ロータ3について軸対称に固定されている。半径方向安定器10、11は、円筒状の安定器スリーブ16、17を有し、それらの直径はロータハブ4の直径と等しい。半径方向安定器10、11は、外形に関する限り、ロータハブ4の延長部をなす。安定器スリーブ16、17の各々は、永久磁石からなるステータ磁石18、19を、ロータ3に近接した領域に収容する。これらのステータ磁石は軸方向に磁化されるので、半径方向安定器10、11とロータ3の間の隙間にロータ3を引きつける軸方向の磁場が形成される。これらの磁場により、ロータ3は常に支持管2の中心軸上に保持される。したがって、生じ得る半径方向の変位は直ちに修正される。この結果として、半径方向の高レベルのベアリング剛性が生じる。

20

【0032】

半径方向安定器10はさらに強磁性の磁束誘導部材20、21を有し、磁束誘導部材20、21は、軸方向の安定器である環状の電磁コイル22、23と協働する。電磁コイル22、23は、磁束誘導部材20、21の高さに配置されて支持管2の外側を取り巻く。電磁コイル22、23は、支持管2を取り囲む環状のハウジング24内に設けられている。ハウジング24は、同時に、電磁コイル22、23用の磁束誘導部材の役割をも果たす。両電磁コイル22、23は電線25、26によって調整装置27に接続されている。調整装置27は、励磁電流を電磁コイル22、23に供給する。これは、ロータ3が半径方向安定器10、11間で軸方向に安定な、いずれの側にも接触しない位置をとるように、ロータ3と半径方向安定器10、11との間の隙間内で磁束が重ねられ、調整されることを意味する。したがって、ドイツ特許公開公報DE-A-2444099に記載された磁気ベアリングと同様に、電磁コイル22、23は、磁束調整用のみならず、同時にロータ3の軸方向位置の非接触サンプリング用にも使用される。

30

40

【0033】

環状の回転磁場ステータ28が、ハウジング24内で両電磁コイル22、23の間に配置されており、ロータ3内の輪状極磁石9とともに同期電動機を形成する。そのために、回転磁場ステータ28は電子回転電流発生器29に接続される。電子回転電流発生器29は回転電流を回転磁場ステータ28に供給することができ、それによって、ロータに作用する回転モーメントの強さ及び方向を、負荷角を制御することによりセットし安定化することができる。

【0034】

50

ここまで記述したロータ装置 1 は様々な目的に使用することができる。例えば、パイプラインを流れる液体及びガスの流量の測定に使用することができる。この場合、ロータ 3 と支持管 2 の間の環状流路を流れる液体がロータ 3 を液体の流速に比例する速度で回転させ、流速から貫流する流体の体積流量を求めることができるように、ブレード 5, 6 が製作されている。ガス媒体も測定できる。ロータの回転速度は、例えば、回転磁場ステータ 28 において輪状極磁石 9 をパルス送信機（伝送機）として誘起的にパルスをタップオフすることにより測定できる。ここで測定の精度の立場からすれば、磁石ベアリング 1 のロータ 3 は摩擦に影響されないように支持され、また全ての実用的な目的においていかなる摩擦にもさらされないようにされ、したがってメンテナンスを必要としないようにされるならば有利である。

10

【0035】

ロータ 3 がブレード 5, 6 を有しないで製作され、したがって滑らかな円筒状の外表面を有するならば、本発明によるロータ装置 1 は、ガス状又は液状の媒体の粘度を測定することにも使用できる。この目的のためには、ロータ 3 は、回転磁場ステータ 28 と輪状極磁石 9 からなる同期電動機及び回転電流発生器 29 を用いて始動される。ロータの特定の回転速度を維持するために同期電動機が必要とする電力が測定される。この電力は、ロータ 3 の外表面に於ける摩擦力に本質的に比例する。この摩擦力はロータ 3 を取り囲む媒体の粘度の尺度となる。

【0036】

図 2～4 に示した実施形態は図 1 に示したものとロータの形状のみ異なり、支持管 2 の外側の部分は、図 1 の実施形態において図示したものと同一なので、一目瞭然であるという理由で省略した。図 2～4 において、図 1 における部材と同一構成及び／又は同一機能のものは、図 1 と同一の符号により示される。

20

【0037】

図 2 において、ロータ 30 は、支持管 2 の内径とほぼ等しい外径を有する。その外表面には、例えば符号 31 で示される螺旋状の流路がある。輸送用ポンプとして機能するとき、ロータ 30 は、回転磁場ステータ 28 と輪状極磁石 9 とからなる同期電動機により回転せられる。このようなロータ装置 1 は、高真空を作り出すために使用することができる。

【0038】

図 3 に示す実施形態において、ロータ 32 は、離隔して配置された合計 8 枚のブレードリング（具体例では符号 33 で示されるもの）を伴って構成される。これらのブレードリングは、符号 34 で示される複数の個別のブレードからなる。支持管 2 に固定されたブレードリング（具体例では符号 35 で示されるもの）はブレードリング 33 の間隙に入り込む。これらは同様に個別のブレードからなる。ブレードリング 33 及びブレードリング 35 はターボコンプレッサの流体技術的部位をなす。ガス状媒体は、回転磁場ステータ 28 と輪状極磁石 9 とからなる同期電動機によりロータ 32 を駆動することによって、ターボコンプレッサと同様に吐出される。

30

【0039】

図 4 に示した実施形態において、ロータ 36 が設けられており、その外形は、実質的に滑らかな円筒状の外表面がその軸方向の中央に環状のリブ 37 を具備しているという点のみで、図 1 に示されたロータ 3 の外形と異なる。環状のリブ 37 は支持管 2 を通過する媒体の流れに対する抵抗となる。これによって軸方向の力がロータ 36 に伝えられ、この力はロータ 36 の軸方向の対応する位置変化を生じる。この位置変化は電磁コイル 22, 23 によって検出され、位置変化に比例する電気信号を制御装置 27 に生じさせる。この電気信号は流速に比例する。

40

【0040】

貫流する媒体がロータ 36 に及ぼす軸方向の力は、媒体の流速のみの関数ではなく、粘度の関数でもあるので、貫流する媒体の粘度が同時に決定されれば有用である。滑らかなロータ 3 に関連して上記したように、ロータ 36 が同期電動機により特定の態様で回転せられ、これを行うために必要な電力が検出され、貫流する液体の粘度の尺度として用いら

50

れることによって、粘度は決定される。

【0041】

ロータ36のうち軸から離れた領域における機械的干渉を避けるために、ロータ36は球面状の端面38を有する。ロータ36と半径方向安定器10との間に接触が生じたとしても、この形状ゆえに、それは周方向の速度の小さい中央領域に限定される。下端面39も同様の球状面にすることができるということは、もちろん理解される。

【0042】

下部の半径方向安定器11は、ロータ36に近接した端面の軸心にベアリングピン40を有し、ベアリングピン40はロータ36のベアリング用凹所41に嵌まる。ベアリングピン40とベアリング用凹所41との間には、ロータ36の半径方向の偏差が通常値であれば両者の間に接触が生じないように十分な隙間が設けられている。半径方向の偏差が過大となったときのみベアリングピン40及びベアリング用凹所41はそれ以上のいかなる半径方向の動きも防止する。もちろん、このような半径方向のベアリングは上部の半径方向安定器10の領域にも設けることができる。

【0043】

図5に示す実施形態において、一目瞭然であるという理由で、支持管2は、その上に配置された全部品とともに省略されている。図5に、2個の半径方向安定器43、44の間に磁氣的に支持されたロータ42を示す。ロータ42はロータハブ45を有し、ロータハブ45は滑らかな外表面を有し、断面円形状である。この断面形状は半径方向安定器43、44に連続するものである。半径方向安定器43、44を支持管2の内側に固定するリブ12、13、14、15は、図1では示されていたが、図示されていない。

【0044】

ロータ42は、その各々の端部にロータ磁石46、47を有している。いずれのロータ磁石46、47も2つの部分からなる。それぞれのロータ磁石46、47が円柱状の内側磁石48、49と、これらを取り囲む環状の外側磁石50、51からなる。外側磁石50、51の内側は、それぞれ、近接する内側磁石48、49と接している。

【0045】

各々のロータ磁石46、47に対向してステータ磁石52、53がある。ステータ磁石52、53もロータ磁石46、47と同様に2つの部分からなる。すなわち、ステータ磁石52、53は円柱状の内側磁石54、55と、それらを取り囲んで接する環状の外側磁石56、57をそれぞれ有する。ステータ磁石52、53の内側磁石54、55の直径は、ロータ磁石46、47の内側磁石48、49の直径に相当する。一方、ステータ磁石52、53の外側磁石56、57の直径はロータ磁石46、47の外側磁石50、51の直径と等しい。これらの磁石は全て軸方向に配列されている。

【0046】

ロータ磁石46、47及びステータ磁石52、53は、隣接する磁石の対がそれぞれ全表面にわたって引きつけ合うように磁化されている。本実施形態の特色は、対になって向かい合って配置された内側磁石48、54又は49、55は軸方向にロータ42から離れる向きに磁化されており、これに対し、対になって向かい合っている外側磁石50、56又は51、57はその反対の向きにすなわち軸方向にロータ42に向かって磁化されている、ということである。これは矢印で象徴されている。この「反対方向磁化」はロータ42のベアリングの半径方向の剛性を大いに向上する。

【0047】

半径方向安定器43、44内につぼ形コアコイル58、59が配置されている。各々の半径方向安定器43、44はつぼ形の強磁性のヨーク60、61及びその中に配置された電気コイル62、63からなる。ヨーク60、61はステータ磁石52、53に向かって開いている。コイル62、63の中間点直径は近接した内側磁石54、55の外径に相当する。コイル62、63は電線64、65によって制御装置66と接続されている。制御装置66はコイル62、63に励起電流を供給する。電流の方向によって、ロータ42と半径方向安定器43、44との間の隙間における軸方向の磁束は、軸心の双頭の矢印で示し

10

20

30

40

50

たように、強化することも低減することもできる。このことによって、その間隙において有効な軸方向の力は、ロータ42が半径方向の安定器43、44の軸方向の midpoint に常に導かれるように、変動する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による測定装置であるロータ装置の長手方向断面図。

【図2】 第2の実施形態であるポンプにおける支持管とロータの組合せの長手方向断面図。

【図3】 第3の実施形態であるポンプにおけるロータと支持管の組合せの長手方向断面図。

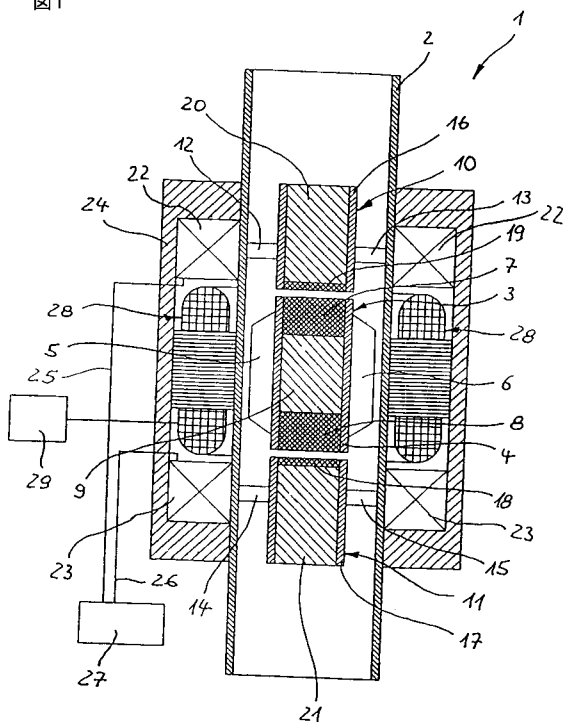
【図4】 第4の実施形態であるポンプにおけるロータと支持管の組合せの長手方向断面図。

【図5】 第5の実施形態におけるロータハブと半径方向安定器の組合せの長手方向断面図。

10

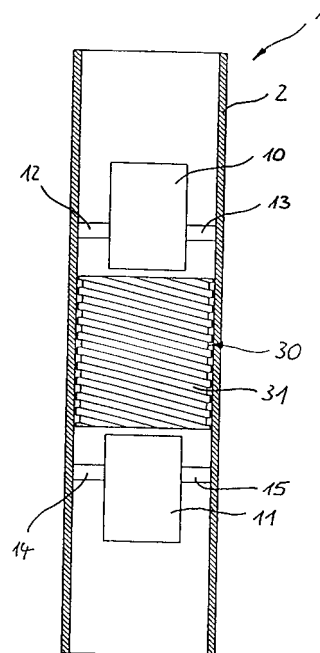
【図1】

図1



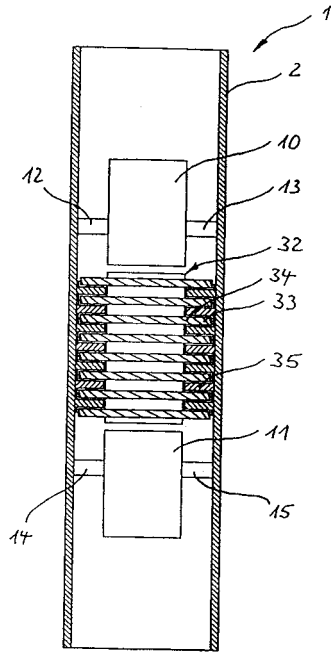
【図2】

図2



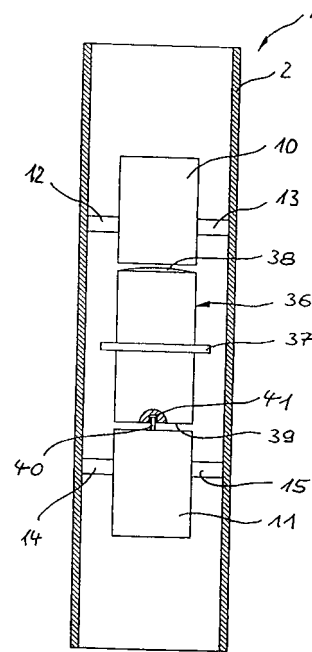
【図 3】

図3



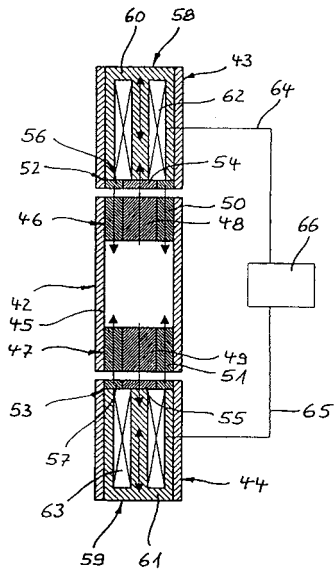
【図 4】

図4



【図 5】

図5



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 199 44 863.9

(32)優先日 平成11年9月18日(1999.9.18)

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

審査官 仲村 靖

(56)参考文献 特開昭55-152917(JP, A)

特開平10-201220(JP, A)

米国特許第4398773(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 7/09

H02K 5/128

H02K 21/14