

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7544707号
(P7544707)

(45)発行日 令和6年9月3日(2024.9.3)

(24)登録日 令和6年8月26日(2024.8.26)

(51)国際特許分類

F 1 6 C	32/04 (2006.01)	F 1 6 C	32/04
F 0 4 D	29/048 (2006.01)	F 0 4 D	29/048
F 0 4 D	29/00 (2006.01)	F 0 4 D	29/00

F I

A

B

請求項の数 9 (全23頁)

(21)出願番号 特願2021-533953(P2021-533953)
 (86)(22)出願日 令和2年7月13日(2020.7.13)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2020/027209
 (87)国際公開番号 WO2021/015034
 (87)国際公開日 令和3年1月28日(2021.1.28)
 審査請求日 令和5年6月5日(2023.6.5)
 (31)優先権主張番号 特願2019-133914(P2019-133914)
 (32)優先日 令和1年7月19日(2019.7.19)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000127352
 株式会社イワキ
 東京都千代田区神田須田町2丁目6番6号
 (74)代理人 110001612
 弁理士法人きさらぎ国際特許事務所
 鬼塚 敏樹
 埼玉県入間郡三芳町藤久保462-1
 株式会社イワキ内
 (72)発明者 是枝 進一郎
 埼玉県入間郡三芳町藤久保462-1
 株式会社イワキ内
 (72)発明者 亀井 利晃
 埼玉県狭山市広瀬台2-1-4 株式会社イワキ埼玉工場内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ポンプ

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

ロータと、

前記ロータを磁気力によって支持する磁気軸受と、

前記ロータを回転駆動する駆動機構と、

前記ロータに取り付けられたインペラを含むポンプ機構と、

前記磁気軸受を制御する制御部と

を備え、

前記磁気軸受は、

前記ロータに設けられた磁性材料からなる軸受ロータ部材と、

前記軸受ロータ部材と対向するように配置された軸受ステータ部材とを備え、

前記軸受ステータ部材は、

磁性材料からなるコアと、

前記コアに巻回されたコイルとを有し、

前記駆動機構は、

前記ロータにおける前記軸受ロータ部材の径方向に隣設された従動部材と、

前記従動部材と前記径方向に対向配置されて前記従動部材と磁気結合されて前記ロータを駆動する駆動部とを備え、

前記制御部は、

前記ロータの変位を検知可能に設けられた第1センサ部からの検知信号に基づき前記ロ

10

20

ータの回転位置補正を行い、

前記軸受ステータ部材の前記コアは、その縦断面形状が

前記軸受ロータ部材との対向方向と直交する第1方向に延び前記コイルが巻回される第1部分と、

前記第1部分の前記第1方向の両端部から前記軸受ロータ部材側に延びたのち、前記第1方向に互いに近づく向きに延びる一対の第2部分と、

前記一対の第2部分の各先端部から前記軸受ロータ部材側に向けて延びる一対の第3部分とを有するように形成されている

ことを特徴とするポンプ。

【請求項2】

10

前記駆動部は、前記従動部材の前記径方向の内側に配置され、

前記軸受ステータ部材は、前記軸受ロータ部材の前記径方向の外側に複数配置され、前記軸受ロータ部材と前記径方向にそれぞれ対向する

ことを特徴とする請求項1記載のポンプ。

【請求項3】

20

ロータと、

前記ロータを磁気力によって支持する磁気軸受と、

前記ロータを回転駆動する駆動機構と、

前記ロータに取り付けられたインペラを含むポンプ機構と、

前記磁気軸受を制御する制御部と

を備え、

前記磁気軸受は、

前記ロータに設けられた磁性材料からなる軸受ロータ部材と、

前記軸受ロータ部材と対向するように配置された軸受ステータ部材とを備え、

前記軸受ステータ部材は、

磁性材料からなるコアと、

前記コアに巻回されたコイルとを有し、

前記駆動機構は、

前記ロータにおける前記軸受ロータ部材の径方向に隣設された従動部材と、

前記従動部材と前記径方向に対向配置されて前記従動部材と磁気結合されて前記ロータを駆動する駆動部とを備え、

前記制御部は、

前記ロータの変位を検知可能に設けられた第1センサ部からの検知信号に基づき前記ロータの回転位置補正を行い、

前記駆動部は、前記従動部材の前記径方向の外側に配置され、

前記軸受ステータ部材は、前記軸受ロータ部材の前記径方向の内側に複数配置され、前記軸受ロータ部材と前記径方向にそれぞれ対向する

ことを特徴とするポンプ。

【請求項4】

30

ロータと、

前記ロータを磁気力によって支持する磁気軸受と、

前記ロータを回転駆動する駆動機構と、

前記ロータに取り付けられたインペラを含むポンプ機構と、

前記磁気軸受を制御する制御部と

を備え、

前記磁気軸受は、

前記ロータに設けられた磁性材料からなる軸受ロータ部材と、

前記軸受ロータ部材と対向するように配置された軸受ステータ部材とを備え、

前記軸受ステータ部材は、

磁性材料からなるコアと、

40

50

前記コアに巻回されたコイルとを有し、

前記駆動機構は、

前記ロータにおける前記軸受ロータ部材の径方向に隣設された従動部材と、

前記従動部材と前記径方向に対向配置されて前記従動部材と磁気結合されて前記ロータを駆動する駆動部とを備え、

前記制御部は、

前記ロータの変位を検知可能に設けられた第1センサ部からの検知信号に基づき前記ロータの回転位置補正を行う、

ポンプにおいて、

前記駆動部を回転動作させる駆動モータの回転数を検知する第2センサ部と、

前記ロータの回転数を検知する第3センサ部とを備え、

前記制御部は、

前記第2及び第3センサ部からの検知信号に基づいて、前記駆動モータと前記ロータとの回転同期補正を行う

ことを特徴とするポンプ。

【請求項5】

ロータと、

前記ロータを磁気力によって支持する磁気軸受と、

前記ロータを回転駆動する駆動機構と、

前記ロータに取り付けられたインペラを含むポンプ機構と、

前記磁気軸受を制御する制御部と

を備え、

前記磁気軸受は、

前記ロータに設けられた磁性材料からなる軸受ロータ部材と、

前記軸受ロータ部材と対向するように配置された軸受ステータ部材とを備え、

前記軸受ステータ部材は、

磁性材料からなるコアと、

前記コアに巻回されたコイルとを有し、

前記駆動機構は、

前記ロータにおける前記軸受ロータ部材の径方向に隣設された従動部材と、

前記従動部材と前記径方向に対向配置されて前記従動部材と磁気結合されて前記ロータを駆動する駆動部とを備え、

前記制御部は、

前記ロータの変位を検知可能に設けられた第1センサ部からの検知信号に基づき前記ロータの回転位置補正を行い、

前記ポンプ機構は、

前記ロータを収容する収容空間を形成するケーシングと、

前記ケーシングの前記収容空間とは軸方向に反対側の部分に設けられ、前記ロータを所定の磁気力で引き付ける補助部材とを備える

ことを特徴とするポンプ。

【請求項6】

前記ロータは、

前記軸受ロータ部材及び前記従動部材を一体的に固定してなる軸受／従動アッシャイと、

前記軸受／従動アッシャイを内部に回転方向に移動が規制された状態で収容可能な収容部と、を有し、

前記軸受／従動アッシャイは、

前記軸受ロータ部材と、前記軸受ロータ部材の径方向の内側又は外側に配置された前記従動部材と、前記軸受ロータ部材及び前記従動部材を、相互に回転方向の移動が規制された状態で結合する回転規制部材と、を有する

ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載のポンプ。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記軸受ロータ部材は、
 円環状の永久磁石と、
 前記永久磁石を前記軸受ロータ部材との対向方向と直交する第1方向に挟み込むように配置された円環状の一対のヨークと、を有し、
 前記従動部材は、
 N極及びS極が前記ロータの周方向に交互に配置されるように径方向に着磁された複数の永久磁石を有し、
 前記回転規制部材は、
 前記軸受ロータ部材及び前記従動部材の間に介挿される円筒部と、前記軸受ロータ部材の前記第1方向の端面に当接すると共に、軸方向視の形状が真円形を除く外形を有するフランジ部と、を有し、
 前記円筒部の内周面又は外周面には、前記従動部材の前記複数の永久磁石の周方向の境目の縁部に引っ掛かる爪部が形成され、
 前記フランジ部の前記軸受ロータ部材の前記端面との当接面には、前記端面に設けられた凹部に嵌合する凸部が形成され、
 前記収容部は、前記フランジ部の外形に合う形状に形成された嵌合部を有する
 ことを特徴とする請求項6記載のポンプ。

【請求項 8】

前記制御部は、
 前記検知信号を含む前記磁気軸受の状態を表す情報に基づいて、前記磁気軸受の異常を判断すると共に、判断結果に基づき前記駆動機構の動作を停止させる
 ことを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載のポンプ。

【請求項 9】

前記駆動モータの回転軸に取り付けられて前記回転軸と共に回転する回転羽根と、
 前記回転羽根と前記回転軸の軸方向に対向する位置に配置され、前記磁気軸受の前記軸受ステータ部材の前記コイルに励磁電流を供給する基板と、
 を更に備えた
 ことを特徴とする請求項4記載のポンプ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ポンプに関する。

【背景技術】**【0002】**

ポンプ装置のインペラの荷重等を磁気力により非接触で支持する磁気軸受と、インペラに設けられた従動部材を磁気カップリングにより駆動する駆動部とを備えたポンプが知られている（例えば、特許文献1参照）。このポンプは、インペラのロータの外周にロータ部材としての軸受磁石を設け、ハウジングの内周の軸受磁石に対向する位置にステータ部材としての磁気コアを配置して磁気軸受を構成し、更に磁気コア間にバイアス磁石を配置することで、軸受磁石とバイアス磁石の相互作用力を非対称にしてインペラを一定の半径方向に付勢し、ロータを一定の位置に止めるようにすることで、ロータの周回運動を抑制している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【文献】特開2006-226390号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

10

20

30

40

50

しかしながら、上記特許文献1に開示された従来技術のポンプは、磁気軸受のステータ部材が単純な永久磁石と磁性材料により構成されているため、ポンプの負荷や移送流体の種類によっては軸受機構が破綻するおそれがあり、また、回転コイルに流す励磁電流等によって磁気力をコントロール可能な電磁石により構成されるものと比べると、ポンプの負荷等の運転状況に応じてロータの位置制御や姿勢制御等を含む回転制御を精度良く行うことが困難であるという問題がある。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、ポンプの運転状況に応じたロータの回転制御を精度良く行うことができるポンプを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係るポンプは、ロータと、前記ロータを磁気力によって支持する磁気軸受と、前記ロータを回転駆動する駆動機構と、前記ロータに取り付けられたインペラを含むポンプ機構と、前記磁気軸受を制御する制御部とを備え、前記磁気軸受は、前記ロータに設けられた磁性材料からなる軸受ロータ部材と、前記軸受ロータ部材と対向するように配置された軸受ステータ部材とを備え、前記軸受ステータ部材は、磁性材料からなるコアと、前記コアに巻回されたコイルとを有し、前記駆動機構は、前記ロータにおける前記軸受ロータ部材の径方向に隣設された従動部材と、前記従動部材と前記径方向に対向配置されて前記従動部材と磁気結合されて前記ロータを駆動する駆動部とを備え、前記制御部は、前記ロータの変位を検知可能に設けられた第1センサ部からの検知信号に基づき前記ロータの回転位置補正を行うことを特徴とする。

【0007】

本発明の一実施形態において、前記軸受ステータ部材の前記コアは、その縦断面形状が、前記軸受ロータ部材との対向方向と直交する第1方向に延び前記コイルが巻回される第1部分と、前記第1部分の前記第1方向の両端部から前記軸受ロータ部材側に延びたのち、前記第1方向に互いに近づく向きに延びる一対の第2部分と、前記一対の第2部分の各先端部から前記軸受ロータ部材側に向けて延びる一対の第3部分とを有するように形成されている。

【0008】

本発明の他の実施形態において、前記駆動部は、前記従動部材の前記径方向の内側に配置され、前記軸受ステータ部材は、前記軸受ロータ部材の前記径方向の外側に複数配置され、前記軸受ロータ部材と前記径方向にそれぞれ対向する。

【0009】

本発明の更に他の実施形態において、前記駆動部は、前記従動部材の前記径方向の外側に配置され、前記軸受ステータ部材は、前記軸受ロータ部材の前記径方向の内側に複数配置され、前記軸受ロータ部材と前記径方向にそれぞれ対向する。

【0010】

本発明の更に他の実施形態において、前記駆動部を回転動作させる駆動モータの回転数を検知する第2センサ部と、前記ロータの回転数を検知する第3センサ部とを備え、前記制御部は、前記第2及び第3センサ部からの検知信号に基づいて、前記駆動モータと前記ロータとの回転同期補正を行う。

【0011】

本発明の更に他の実施形態において、前記ポンプ機構は、前記ロータを収容する収容空間を形成するケーシングと、前記ケーシングの前記収容空間とは軸方向に反対側の部分に設けられ、前記ロータを所定の磁気力で引き付ける補助部材とを備える。

【0012】

本発明の更に他の実施形態において、前記ロータは、前記軸受ロータ部材及び前記従動部材を一体的に固定してなる軸受/従動アッシャーと、前記軸受/従動アッシャーを内部に回転方向に移動が規制された状態で収容可能な収容部と、を有し、前記軸受/従動アッシャーは、前記軸受ロータ部材と、前記軸受ロータ部材の径方向の内側又は外側に配置された前

10

20

30

40

50

記従動部材と、前記軸受ロータ部材及び前記従動部材を、相互に回転方向の移動が規制された状態で結合する回転規制部材と、を有する。

【0013】

本発明の更に他の実施形態において、前記軸受ロータ部材は、円環状の永久磁石と、前記永久磁石を前記第1方向に挟み込むように配置された円環状の一対のヨークと、を有し、前記従動部材は、N極及びS極が前記ロータの周方向に交互に配置されるように径方向に着磁された複数の永久磁石を有し、前記回転規制部材は、前記軸受ロータ部材及び前記従動部材の間に介挿される円筒部と、前記軸受ロータ部材の前記第1方向の端面に当接すると共に、軸方向視の形状が真円形を除く外形を有するフランジ部と、を有し、前記円筒部の内周面又は外周面には、前記従動部材の前記複数の永久磁石の周方向の境目の縁部に引っ掛かる爪部が形成され、前記フランジ部の前記軸受ロータ部材の前記端面との当接面には、前記端面に設けられた凹部に嵌合する凸部が形成され、前記収容部は、前記フランジ部の外形に合う形状に形成された嵌合部を有する。

【0014】

本発明の更に他の実施形態において、前記制御部は、前記検知信号を含む前記磁気軸受の状態を表す情報に基づいて、前記磁気軸受の異常を判断すると共に、判断結果に基づき前記駆動機構の動作を停止させる。

【0015】

本発明の更に他の実施形態において、前記駆動モータの回転軸に取り付けられて前記回転軸と共に回転する回転羽根と、前記回転羽根と前記回転軸の軸方向に対向する位置に配置され、前記磁気軸受の前記軸受ステータ部材の前記コイルに励磁電流を供給する基板と、を更に備える。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、ポンプの運転状況に応じたロータの回転制御を精度良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図2】図1のM-M'線断面図である。

【図3】同ポンプの磁気軸受を概略的に示す拡大縦断面図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図5】本発明の第3の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図6】本発明の第4の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図7】同ポンプの磁気軸受を概略的に示す縦断面図である。

【図8】本発明の第5の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図9】本発明の第6の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図10】本発明の第7の実施形態に係るポンプの全体構成を概略的に示す斜視図である。

【図11】同ポンプの回路構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第8の実施形態に係るポンプの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

【図13】本発明の第9の実施形態に係るポンプのロータの全体構成を、一部を切り欠いて概略的に示す斜視図である。

【図14】同ロータに含まれる軸受/従動アッシャーの全体構成を、一部を切り欠いて概略

的に示す分解斜視図である。

【図15】同軸受／従動アッシャーの全体構成を、一部を切り欠いて概略的に示す分解斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付の図面を参照して、本発明の実施形態に係るポンプを詳細に説明する。ただし、以下の実施形態は、各請求項に係る発明を限定するものではなく、また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。また、以下の実施形態において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を附して重複した説明を省略する。また、実施形態においては、各構成要素の縮尺や寸法が実際のものとは一致しない状態で示されている場合や、一部の構成要素につき省略されて示されている場合があるとする。

10

【0019】

【第1の実施形態】

【ポンプの構成】

図1は、第1の実施形態に係るポンプ100の全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。図2は、図1のM-M'線断面図、図3は、ポンプ100の磁気軸受110を概略的に示す拡大縦断面図である。

【0020】

図1に示すように、第1の実施形態に係るポンプ100は、流体移送用のマグネットポンプとして用いられ、ロータ120と、このロータ120を磁気力により非接触で支持する磁気軸受110と、ロータ120を回転駆動する磁気カップリング型の駆動機構130と、ロータ120に取り付けられたインペラ122を含むポンプ機構と、少なくとも磁気軸受110を制御可能な制御部としてのコントローラ160と備える。

20

【0021】

なお、以後の説明では、ロータ120の回転軸（Z軸）方向をZ軸方向（アキシャル方向、Z方向とも呼ぶ。）、ロータ120の径方向をX軸方向及びY軸方向（ラジアル方向、X方向及びY方向とも呼ぶ。）、Z軸（回転軸）周りの回転方向を○方向、X軸回りの回転方向を△方向、Y軸回りの回転方向を□方向とそれぞれ呼ぶことにする。また、X軸、Y軸及びZ軸は互いに直交するものとする。また、紙面に向かって右側をポンプ100の前方側、左側を後方側とする。

30

【0022】

ポンプ100は、全体が円筒状に形成され、Z軸方向の一方にフロントケーシング141を有する。フロントケーシング141は、内部にポンプ室A1を形成し、前方中央部にポンプ室A1に連通する円筒状の吸込口151を有し、側面に同じくポンプ室A1に連通する吐出口152を有する。フロントケーシング141の後端にはリアケーシング142が接続されている。リアケーシング142は、フロントケーシング141と共にポンプ室A1を含む密閉空間Aを形成する。また、リアケーシング142は、後方に突出した環状空間（収容空間）A2を形成する。このリアケーシング142の外周を覆うように円筒状のブラケット143が設けられている。

40

【0023】

密閉空間Aには、ロータ120が収容される。ロータ120は、例えば、全体が樹脂等の非磁性体で形成され、軸方向の一端である前方側に設けられたインペラ122と、軸方向の他端である後方側に設けられた環状の軸受／従動部121とを一体に形成してなる。インペラ122は、ポンプ室A1に収容され、ポンプ室A1と共にポンプ機構を構成する。軸受／従動部121は、環状空間A2に収容される。

【0024】

ロータ120の軸受／従動部121の外周側には、ロータ120を磁気力によって支持する磁気軸受110が設けられている。また、ロータ120の軸受／従動部121の内周側には、ロータ120を駆動する駆動機構130が設けられている。

50

【 0 0 2 5 】

磁気軸受 110 は、ロータ 120 の軸受 / 従動部 121 の外周側に装着された環状の磁性材料からなる軸受ロータ部材 111 と、この軸受ロータ部材 111 のラジアル方向の外側に、軸受ロータ部材 111 と所定の間隔を介して配置された軸受ステータ部材 112 を有する。軸受ステータ部材 112 は、リアケーシング 142 と円筒状のプラケット 143との間に装着されている。

【 0 0 2 6 】

軸受ロータ部材 111 は、例えば、円環状に成形されたネオジム磁石からなる永久磁石 113 と、この永久磁石 113 と同心で、アキシャル方向 (Z 軸方向) に挟み込むように配置された円環状の電磁軟鉄からなるヨーク 114, 115 を有する。永久磁石 113 は、例えば、アキシャル方向に N 極及び S 極が対向し、且つ周方向全周に亘って同極となるように着磁されている。

10

【 0 0 2 7 】

一方、軸受ステータ部材 112 は、この実施形態では、図 2 に示すように、軸受ロータ部材 111 の周方向の 4箇所に 90° の角度を介して配置されている。これらのうちの、例えば、X 軸方向に対向する一対の軸受ステータ部材 112 は、ロータ 120 の X 軸方向の位置及び 方向の角度を制御し、Y 軸方向に対向する一対の軸受ステータ部材 112 は、ロータ 120 (図示せず) の Y 軸方向の位置及び 方向の角度を制御する。また、これらの軸受ステータ部材 112 は、Z 軸方向の高さを制御する。

【 0 0 2 8 】

なお、ヨークベース 144 には、軸受ロータ部材 111 のラジアル方向及び各回転方向の変位を検出可能な変位センサ (第 1 センサ部) 116 が、軸受ステータ部材 112 とそれぞれ 45° の角度をなす (すなわち、X 軸方向及び Y 軸方向とそれぞれ 45° の角度で交差する) ように、複数 (ここでは、4 つ) 配置されている。これら変位センサ 116 は、例えば、渦電流式のセンサが挙げられるが、これに限定されるものではなく、種々のセンサを採用し得る。また、軸受ステータ部材 112 の数は、これらに限定されるものではなく、6 個、10 個、12 個、16 個等、種々の形態を採用し得る。その他、変位センサには、上記変位センサ 116 と共に、例えばヨークベース 144 等に、軸受 / 従動部 121 とアキシャル方向に対向するように設けられ (図示せず)、軸受ロータ部材 111 等のアキシャル方向及び回転方向の変位を検出可能なセンサも含まれる。なお、変位センサ 116 等の配置様や数は、これに限定されず、種々の形態を採用し得る。本実施形態のポンプ 100 の場合、ロータ 120 の一方にインペラ 122 が配置されているので、ロータ 120 が Z 軸に対して傾斜する場合、Z 軸上のインペラ 122 に近い位置を回転中心としてロータ 120 が傾斜する。このため、変位センサ 116 を、図示は省略するが、例えばインペラ 122 から離れた位置、好ましくは、軸受 / 従動部 121 の Z 軸方向の中央の位置に配置しておけば、変位センサ 116 によって、ロータ 120 の X 軸方向の位置及び 方向の角度、Y 軸方向の位置及び 方向の角度を検知可能であるため、回転軸の傾きについても、二軸制御によって十分にコントロールすることが可能となる。

20

【 0 0 2 9 】

軸受ステータ部材 112 は、例えば、積層電磁鋼板等の磁性材料からなるコア 117 と、コア 117 に巻回されたコイル 118 を有する。コア 117 の縦断面形状は、軸受ロータ部材 111 側を開放端とするほぼ C 字形となっている。具体的には、図 3 に示すように、コア 117 の縦断面形状は、軸受ロータ部材 111 との対向方向 (径方向) と直交する第 1 方向 (この例では Z 軸方向) に延び、コイル 118 が巻回される第 1 部分 117a と、この第 1 部分 117a の Z 軸方向の両端部から軸受ロータ部材 111 側に延びたのち、Z 軸方向に互いに近づく向きに延びる一対の第 2 部分 117b と、この一対の第 2 部分 117b の各先端部から軸受ロータ部材 111 側に向けて延びる一対の第 3 部分 117c とを含む。換言すると、コア 117 は、縦断面形状において、コイル 118 が巻回される第 1 部分 117a の Z 軸方向の両端から、軸受ロータ部材 111 に向かって本来は直線状に延びるはずの C 字形状の開放端部分に、一対のカギ型形状部分を有し、開放端側の部分

30

40

50

を互いに近づけた形状を有しているといえる。

【0030】

このような形状であると、図示のように、コイル118のZ軸方向の長さL1を、コア117の開放端側の一対の第3部分117cのZ軸方向の対向面間の距離L1よりも大きくすることができる。すなわち、コイル118の巻回部分のZ軸方向の長さよりも開放端の先端間の距離を小さくすることができる。また、コア117の開放端側の幅、すなわち一対の第3部分117cのZ軸方向の対向面と反対側の面間の距離L2は、コア117の本来のZ軸方向の長さL4よりも小さく、軸受ロータ部材111のZ軸方向の長さL3とほぼ等しい大きさである。

【0031】

駆動機構130は、ロータ120の軸受／従動部121の内周側に装着された環状の従動部材としての従動マグネット131と、この従動マグネット131のラジアル方向の内側に、従動マグネット131と所定の間隔を介して配置された駆動部としての駆動マグネット132とを有する。また、駆動機構130は、この駆動マグネット132を先端部に装着し軸受135によって回転可能に支持されたモータ軸133と、このモータ軸133を回転駆動する駆動モータ134とを有する。この例では、従動マグネット131及び駆動マグネット132が、例えば、ラジアル方向2極又は4極に着磁したネオジム磁石から構成されている。また、この例では、駆動マグネット132とモータ軸133がほぼ同径として示されているが、両者は必ずしも同径でなくても良い。

【0032】

コントローラ160は、上述した変位センサ116を含む変位センサからの検知信号に基づいて、ロータ120の各方向及び各回転方向の変位を検知し、これに応じて磁気軸受110の軸受ステータ部材112のコイル118に流れる電流を細かくコントロールする。これにより、ロータ120のX軸方向の位置及び 方向の角度、Y軸方向の位置及び 方向の角度、並びにZ軸方向の高さをリアルタイムに制御して、回転位置補正を行う。なお、コントローラ160は、後述する他のセンサからの検知信号に基づいて、駆動機構130を制御するように構成し得る。

【0033】

[ポンプの動作]

次に、上記のように構成されたポンプ100の動作を説明する。

このように構成されたポンプ100では、磁気軸受110を構成する軸受ロータ部材111及び軸受ステータ部材112のコア117が磁性材料で構成されているので、磁気回路を形成する。軸受ロータ部材111の永久磁石113は、この磁気回路にバイアス磁束を供給する。

【0034】

コントローラ160は、変位センサ116等で検出されたロータ120のXYZ軸の各方向の変位並びに 及び 方向の傾きを補正するように、上記の如くコイル118に流れる電流を制御して、コイル118により発生する制御磁束を調整する。これにより、ロータ120は、磁気軸受110によって所定位置及び所定姿勢を維持しつつ、非接触状態で支持される。

【0035】

この状態で駆動モータ134がモータ軸133を回転させることにより駆動マグネット132が回転し、この駆動マグネット132の磁気力により従動マグネット131が従動してロータ120、すなわちインペラ122が密閉空間A内で非接触で回転する。これにより、吸入口151を介してポンプ室A1に移送流体が導入され、吐出口152を介して移送流体がポンプ室A1内から外部に吐出される。

【0036】

[実施形態の効果]

ここで、ポンプに採用される一般的な磁気軸受においては、軸受ステータ部材を構成するコの字型のコアと軸受ロータ部材とで形成される磁気回路を通る磁束Fによって、ロ-

10

20

30

40

50

タに対する規定位置への復元力が働く。この復元力は、例えば、軸受ステータ部材のコアのアキシャル方向の長さと、軸受ロータ部材のアキシャル方向の厚みがほぼ等しく、且つ極力薄いほど大きいことが知られている。

【0037】

一方、磁束Fは、コイルによって制御されるので、応答性を高めるためにインダクタンスを極力小さくすることが望まれる。このコイルのインダクタンスは、コイルの断面積に比例し、コイル長に反比例することが知られているので、応答性を上げるために、断面積を小さくしつつ長さを長くするようにコアに巻き付ける必要がある。

【0038】

しかしながら、上記の点を踏まえた上で、コイル長が長くなると、ロータの軸受ロータ部材のアキシャル方向の厚みも増してしまって、ロータの復元力が低下してしまうこととなり、特にロータが傾いたときの復元トルクが低下すると共に、アキシャル方向の磁気軸受のサイズが大きくなってしまうこととなる。

10

【0039】

すなわち、この点を本実施形態のポンプ100の磁気軸受110に置き換えると、上記のようにロータ120の磁気軸受110による位置及び傾きの復元力は、軸受ステータ部材112の開放端である第3部分117cのZ軸方向の長さL2が軸受ロータ部材111のZ軸方向の長さL3とほぼ等しく、且つ軸受ロータ部材111のZ軸方向の長さL3が短いほど大きくなることが判明する。

【0040】

このような観点において、本実施形態のポンプ100の磁気軸受110によれば、上記一般的なコの字型のコアに比べて、開放端の軸受ロータ部材111に対向する部分である第3部分117cのZ軸方向の長さL2を短くすることができるので、コイル118の必要な巻き数を維持しながらも、軸受ロータ部材111のZ軸方向の長さL3を一般的なものよりも短く構成することができる。これにより、十分な復元力を確保可能である。

20

【0041】

なお、永久磁石113の吸引力を最大にするためには、コア117の第3部分117c間の距離L1と永久磁石113のZ軸方向の高さがほぼ等しく、且つコア117の各第3部分117cのZ軸方向の幅が、ヨーク114、115のZ軸方向の厚みとほぼ等しいことが望ましい。

30

【0042】

そして、磁気軸受110の応答性を高めるためには、コイル118のインダクタンスを極力小さくすることが必要であるが、この点についても、ポンプ100の磁気軸受110によれば、コア117のコイル118が巻回される第1部分117aの長さL4を十分に確保することができる構造であるので、コイル118のZ軸方向の長さL1を長く、且つコイル118の断面積を小さくすることができ、コイル118のインダクタンスを抑えて応答性を向上させることができることが可能である。

【0043】

なお、図2に示すように、軸受ロータ部材111の外周面は曲面で構成されているが、コア117の磁極面117d（図3参照）は平面で形成されている。具体的には、磁極面117dは、X軸方向又はY軸方向及びZ軸方向に延びる同一平面上に形成されている。一般的に、コア117の磁極面117dが軸受ロータ部材111の外周面に沿う曲面で構成されている場合には、磁極面117dの周方向の端部に磁場の磁束Fが集中してしまうこととなるが、平面で形成されればこのような磁束Fの集中を防ぐことが可能となる。

40

【0044】

このように、本実施形態に係るポンプ100は、磁気軸受110及びコントローラ160によって、上述したようにラジアル方向、アキシャル方向及び2つのラジアル回転軸方向の5自由度を制御することができるので、ロータ120の復元力及び応答性を高めることができ、ポンプ100の運転状況に応じたロータ120、ひいてはインペラ122の回転制御を精度良く行うことが可能となる。また、磁気軸受110のコイル118の断面を

50

小さくすることができるので、駆動モータ 134、ポンプ機構を含めて全体で小径の円筒状とすることができます。このため、コンパクトであり、他のポンプとの交換性も高い。

【0045】

[第2の実施形態]

[ポンプの他の構成]

図4は、本発明の第2の実施形態に係るポンプ100Aの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。ここで、図4を含む以降の説明においては、第1の実施形態と同一の構成要素については同一の符号を附しているので、以下では重複する説明は省略する。また、駆動機構130の駆動モータ134とコントローラ160は図示を省略している。

10

【0046】

すなわち、図4に示すように、第2の実施形態に係るポンプ100Aは、モータ軸133に回転数検知用のマグネット133aを取り付け、プラケット143の底部（軸受135側の部分）にこのマグネット133aを検知する検知素子（第2センサ部）161と、従動マグネット131を検知する検知素子（第3センサ部）162とを備えた点が、第1の実施形態のポンプ100とは相違している。

【0047】

この第2の実施形態によれば、いわゆる脱調検知機能を備えることができる。すなわち、磁気軸受110で浮上状態にある軸受ロータ部材111は、インペラ122の軸受／従動部121において従動マグネット131と一緒に回転する。そして、この従動マグネット131は駆動マグネット132の磁気吸引力により同期して回転する。

20

【0048】

このような動作において、インペラ122に過剰な負荷が掛かった場合、モータ軸133は回転を続けるが、従動マグネット131はインペラ122と一緒に回転する。そして、この従動マグネット131には回転を止めようとする力が働くことになる。

【0049】

そして、磁気吸引力で同期している従動マグネット131と駆動マグネット132は、インペラ122に掛かる負荷に耐えられずに同期できなくなる状態、いわゆる脱調になってしまう。この脱調になった場合、インペラ122を回転させることができなくなってしまう。

30

【0050】

そこで、コントローラ160によって、検知素子161からの検知信号に基づきモータ軸133の回転数を算出し、検知素子162からの検知信号に基づき従動マグネット131の回転数（すなわち、インペラ122の回転数）を算出して、これらの回転数を比較することで、脱調判定を行うようにした。

【0051】

脱調判定の結果により、脱調したと判断された場合は、コントローラ160は、例えば、一旦駆動モータ134による回転を止めて、再度回転を行うようにすることで、従動マグネット131と駆動マグネット132とを磁気吸引力で結合し、モータ軸133とインペラ122とを同期させて回転させる（回転同期補正）ことが可能となる。

40

【0052】

[第3の実施形態]

[ポンプの更に他の構成]

図5は、本発明の第3の実施形態に係るポンプ100Bの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

図5に示すように、第3の実施形態に係るポンプ100Bは、リアケーシング142の環状空間A2とはZ軸方向に反対側の面に、軸受ロータ部材111を磁気吸引力で引き付ける補助部材としての補助マグネット163を備えた点が、第1の実施形態のポンプ100とは相違している。

50

【0053】

インペラ122が回転して送液を始めると、移送流体の流体力によりインペラ122にはアキシャル方向に移動するスラスト力が働くことになる。これにより、インペラ122はポンプ100Bの前方側に移動するが、磁気軸受110による支持によってインペラ122は浮上状態を維持している。

【0054】

しかし、磁気軸受110による支持を打ち破るスラスト力が加わると、インペラ122はフロントケーシング141に接触し壊れてしまうことになる。補助マグネット163は、このような不具合を防止するために、軸受ロータ部材111をZ軸方向の後方側に引き付け、インペラ122のアキシャル方向への移動を防いでいる。なお、補助マグネット163の磁気力は、磁気軸受110による支持が破綻しない程度且つインペラ122がアキシャル方向へ移動しない程度に設定される。また、補助マグネット163は、軸受ロータ部材111の永久磁石113と同じく、アキシャル方向にN極及びS極が対向し、且つ周方向全周に亘って同極となるように着磁される。

10

【0055】**[第4の実施形態]****[ポンプの更に他の構成]**

図6は、本発明の第4の実施形態に係るポンプ100Cの全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。図7は、ポンプ100Cの磁気軸受110を概略的に示す縦断面図である。

20

図6に示すように、第4の実施形態に係るポンプ100Cは、磁気軸受110を有する点については第1の実施形態のポンプ100と同様であるが、この磁気軸受110の軸受ロータ部材171の構成が、軸受ロータ部材111の構成とは異なる点が、第1の実施形態のポンプ100とは相違している。

【0056】

すなわち、軸受ロータ部材171は、例えば、円環状の永久磁石113と、この永久磁石113と同心で、アキシャル方向（Z軸方向）に挟み込むように配置された円環状の一対のヨーク174, 175とを有する。一対のヨーク174, 175は、軸受ステータ部材112側を開放端としZ軸方向の真ん中が寸断されたほぼコの字型となっている。

【0057】

30

具体的には、図7に示すように、一対のヨーク174, 175の縦断面形状は、永久磁石113の第1方向（ここでは、Z軸方向）側の端面を覆うようにZ軸方向と直交する第2方向（ここでは、ラジアル方向）に延びる第4部分174a, 175aと、第4部分174a, 175aのラジアル方向における軸受ステータ部材112から離れる側の端部から、永久磁石113のラジアル方向における軸受ステータ部材112から離れる側の端面との間に第1間隙176を形成するように、Z軸方向に互いに近づく向きに延びる一対の第5部分174b, 175bとを有しており、これら一対の第5部分174b, 175bの各先端部は、第1間隙176と連通する第2間隙177を形成するように互いに離間した形状となっている。

【0058】

40

このような形状であると、永久磁石113によるバイアス磁束Fbの磁気回路が安定すると共に、コイル118により発生する制御磁束Fcを極力損失なく軸受ロータ部材171に通すことが可能となる。従って、一般的なコの字型のコアを有する軸受ステータ部材と組み合わせても良いが、特に、第1部分117a～第3部分117cを有する本実施形態に係る軸受ステータ部材112と組み合わせて磁気軸受110を構成することで、ポンプ100Cの運転状況に応じたロータ120の回転制御を精度良く行うこと等が可能となる。

【0059】**[第5の実施形態]****[ポンプの更に他の構成]**

50

図8は、本発明の第5の実施形態に係るポンプ200の全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

図8に示すように、第5の実施形態に係るポンプ200は、磁気軸受110の配置様と駆動機構130の駆動構造が異なる点が、第1の実施形態のポンプ100とは相違している。すなわち、第1の実施形態のポンプ100は、モータ軸133の軸中心からラジアル方向の外側に向けて、駆動マグネット132、従動マグネット131、軸受ロータ部材111及び軸受ステータ部材112が順に配置されていたのにに対し、第5の実施形態のポンプ200は、モータ軸133の軸中心から外側に向けてこれらの構成の配置順が真逆となっている。

【0060】

つまり、ロータ120の軸受/従動部121を環状空間A2の内側から磁気軸受110で支持し、この環状空間A2の外側からモータ軸133の先端に取り付けられた駆動筒部136の先端側の駆動マグネット132で軸受/従動部121を駆動してインペラ122を回転させるように、すなわち、軸中心から外側に向けて磁気軸受110、従動マグネット131及び駆動マグネット132の順に配置されて構成されている。このように、インペラ122を環状空間A2の外側から駆動させることで、第1の実施形態のポンプ100のように環状空間A2の内側から駆動させる構成に比べて、より大きなトルクによってインペラ122を回転させることが可能となる。

【0061】

[第6の実施形態]

[ポンプの更に他の構成]

図9は、本発明の第6の実施形態に係るポンプ201の全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。

図9に示すように、第6の実施形態に係るポンプ201は、第4の実施形態のポンプ100Cの構成に対して、第5の実施形態のポンプ200と同じようにモータ軸133の軸中心からラジアル方向の外側に向けて、磁気軸受110、従動マグネット131及び駆動マグネット132を配置し、インペラ122を環状空間A2の外側から駆動させるようにした点が、第4の実施形態のポンプ100Cとは相違している。このような構成によれば、環状空間A2の内側から駆動させるよりもより大きなトルクでインペラ122を回転させることができ、ポンプ201の運転状況に応じたロータ120の回転制御を精度良く行うことができる。

【0062】

[第7の実施形態]

[ポンプの他の構成]

図10は、本発明の第7の実施形態に係るポンプ100の全体構成を概略的に示す斜視図、図11はポンプ100の回路構成を示すブロック図である。なお、図示及び説明は省略するが、本実施形態の構成は、第1～第6の実施形態に係るポンプ100, 100A～100C, 200, 201にも適用可能であることは言うまでもない。

【0063】

図10に示すように、第7の実施形態のポンプ100には、例えば電源線100cに接続された駆動モータ停止装置164が、信号線100a及び電力供給線100bを介して接続されている。駆動モータ停止装置164は、コントローラ210と共に制御部を構成し、例えばポンプ100の磁気軸受110に異常が生じた場合に、駆動モータ134の動作を停止させる機能(停止機能)を持たせている。

【0064】

すなわち、この種のポンプ100において、磁気軸受110と駆動モータ134が別々に制御されている場合には、万が一磁気軸受110によるロータ120の非接触の支持(磁気浮上)が破綻したとしても、駆動モータ134は動作し続けることとなる。そして、このような場合は、ロータ120がリアケーシング142等と擦れたり、ロータ120のインペラ122がフロントケーシング141等と擦れたりして壊れてしまうことが起こり

10

20

30

40

50

得る。

【 0 0 6 5 】

そこで、本実施形態においては、磁気軸受 110 側からの変位センサ 116 等の検知信号を含む磁気軸受 110 の状態を表す情報に基づいて、コントローラ 210 で磁気軸受 110 の異常を判断すると共に、判断結果に基づき駆動モータ停止装置 164 を起動することにより、例えば電力供給線 100b による駆動モータ 134 への電力供給を遮断して、その動作を停止させるように構成した。これにより、磁気軸受 110 の異常発生時に発生し得るインペラ 122 やロータ 120、或いはリアケーシング 142 等の破壊を効果的に防止することができる。

【 0 0 6 6 】

駆動モータ停止装置 164 には、図 11 に示すように、例えばトランジスタ 165、手動スイッチ 166 及びリレー部 168 が含まれている。トランジスタ 165 は、コントローラ 210 からの制御により、リレー部 168 を駆動する。また、手動スイッチ 166 のスイッチボタン 166a は、筐体の外部に露出している（図 10 参照）。リレー部 168 は、ソリッドステート・リレー（SSR）又はメカニカルリレーにより構成され得る。

【 0 0 6 7 】

駆動モータ停止装置 164 は、信号線 100a を介して、ポンプ 100 内に設けられたコントローラ 210 に接続されている。コントローラ 210 は、磁気軸受 110 のコイル 118 を駆動するドライバ回路 202、及び変位センサ 116 の出力に基づきドライバ回路 202 を制御する CPU 204 を含む。

【 0 0 6 8 】

このように構成された本実施形態によるポンプ 100 は、例えば次のように動作する。具体的には、CPU 204 に入力される変位センサ 116 等を含む変位センサからの検知信号が異常値を示した場合は、CPU 204 は磁気浮上に異常があると判断し、信号線 100a を L レベルから H レベル（異常信号）に立ち上げる。この結果、駆動モータ停止装置 164 内のトランジスタ 165 がオン状態になり、リレー部 168 が電源線 100c と電力供給線 100b とを切断して、駆動モータ 134 への電力供給線 100b による電力供給を遮断する。これにより、駆動モータ 134 の動作を停止させる。

【 0 0 6 9 】

同様に、CPU 204 は、例えばコイル 118 の温度を検出する温度センサ（図示せず）からの検知信号によりコイル温度が異常値を示した場合や、コイル 118 に流れるコイル電流値が異常値を示した場合、或いはドライバ回路 202 の温度が異常値を示した場合等も、磁気浮上に異常があると判断して、異常信号を駆動モータ停止装置 164 に送る。これにより、駆動モータ停止装置 164 は、リレー部 168 による切断を行い、駆動モータ 134 の動作を停止させる。

【 0 0 7 0 】

また、CPU 204 は、例えば上述した検知素子 161, 162（図 4 参照）からの検知信号のように、従動マグネット 131 と駆動マグネット 132 の回転数を示す検知信号が異常値（回転数が異なる値）を示した場合は、上述したような脱調が起こったと判断し、同様に駆動モータ 134 を停止させ得る。なお、駆動モータ 134 の動作は、例えば手動スイッチ 166 のスイッチボタン 166a を操作することによっても、停止させ得る。この場合、手動スイッチ 166 の操作信号をポンプ 100 の CPU 204 に送ることにより、CPU 204 からトランジスタ 165 をオン状態にするようにしても良い。これにより、CPU 204 も駆動モータ 134 の停止状態を把握することができ、他の制御に影響を及ぼすことがなくなる。このような構成によれば、上記第 1 ~ 第 6 の実施形態の作用効果と同様の作用効果を奏することができると共に、磁気軸受 110 の異常発生時のインペラ 122 やロータ 120、リアケーシング 142、或いは後述するロータ 120 の収容部 230 のアウターカバー 233 等の破損を効果的に防止することができる。

【 0 0 7 1 】

[第 8 の実施形態]

10

20

30

40

50

[ポンプの他の構成]

図12は、本発明の第8の実施形態に係るポンプ203の全体構成を、一部を省略して概略的に示す縦断面図である。なお、このポンプ203は、図10及び図11に示したポンプ100にも適用可能である。

図12に示すように、第8の実施形態に係るポンプ203は、ヨークベース144の後方側に、ポンプ機構を制御するコントローラ210が配置された点、このコントローラ210の後方側の駆動モータ134のモータ軸133に、回転羽根としての冷却ファン169が取り付けられた点、並びにコントローラ210及び冷却ファン169がブラケット143の内部に配置された点が、例えば第1の実施形態に係るポンプ100とは相違している。

10

【0072】

コントローラ210は、例えば磁気軸受110のコイル118を駆動するドライバ基板211、駆動機構130の駆動動作を制御するCPU基板212、及び図示しない磁気エンコーダ等を制御するエンコーダ基板213を含んでいる。なお、ブラケット143と接続されたモータハウジング134aの後方側には、リアカバー154が取り付けられており、ブラケット143と共にポンプベース153に設置されている。

【0073】

上記の構成において、コントローラ210は、発熱し易い特性を備えている。特に、ドライバ基板211は、ドライバ回路202(図11参照)として使用されるMOS-FET等の発熱量が大きいものである。

20

この点、本実施形態のポンプ203によれば、モータ軸133に冷却ファン169が取り付けられているため、モータ軸133と一緒に冷却ファン169が回転する。このため、ポンプ203の動作時には常時コントローラ210を冷却し続けることが可能であり、発熱に伴う各基板211～213の熱暴走等の不具合を効果的に防止することができる。特に、最も発熱量が大きいドライバ基板211は、冷却ファン169に最も近い位置に配置されているので、最も冷却効果が高い。また、本実施形態によれば、冷却ファン169を回転させるためのファンモータ等を別途設置する必要がないため、冷却のためのスペースやコストを抑えながらポンプ203を構成する部品点数を最小限に止めることができる。

【0074】

30

なお、ブラケット143に、図示しない通風孔が形成されていると、より冷却効果が高まる。このような構成によれば、第1の実施形態等の作用効果と同様の作用効果を奏することができると共に、コントローラ210のような発熱源や発熱体をポンプ203の内部に配置しても、コントローラ210の発熱による不具合を効果的に防止可能なポンプ203を構成することができる。

【0075】

[第9の実施形態]

[ポンプのロータの他の構成]

図13は、本発明の第9の実施形態に係るポンプのロータ120の全体構成を、一部を切り欠いて概略的に示す斜視図、図14及び図15はロータ120に含まれる軸受/従動アッシャイ220の全体構成を、一部を切り欠いて概略的に示す分解斜視図である。なお、図14(a)は上方からの分解斜視図、また図14(b)は下方からの分解斜視図である。

40

【0076】

図13～図15に示すように、第9の実施形態のポンプにおけるロータ120は、例えばロータ120を構成する永久磁石113及び従動マグネット131の空転を防ぐ目的で、これらを、接着により固定する代わりに、接着材を使わずにロータ120に固定している。

【0077】

具体的には、ロータ120は、インペラ122と、軸受/従動部に相当する円環状の軸受/従動アッシャイ220と、インペラ122の後方側に、軸受/従動アッシャイ220を内

50

部に収容可能な樹脂成形部材からなる収容部 230と、を有して形成されている。収容部 230は、軸受 / 従動アッシャイ 220の外周面を覆うアウターカバー 233と、軸受 / 従動アッシャイ 220の内周面を覆うインナーカバー 234と、を有する。アウターカバー 233とインナーカバー 234は、同軸配置され、その間に円環状の軸受 / 従動アッシャイ 220を収容する主収容室 231が形成されている。この主収容室 231のインペラ 122側の上壁面 231aには、凹状の嵌合部 232が形成されている。

【0078】

一方、軸受 / 従動アッシャイ 220は、上述したような永久磁石 113及び一対のヨーク 114, 115を有する軸受ロータ部材 111と、この軸受ロータ部材 111のラジアル方向の内側に配置された従動マグネット 131と、これら軸受ロータ部材 111及び従動マグネット 131を空転不能に結合する回転規制部材としての樹脂成形部材からなるミドルリング 221と、を有する。

10

【0079】

なお、従動マグネット 131は、ここでは、例えばN極及びS極がロータ 120の周方向に交互に配置されるように、ロータ 120の径方向に着磁された複数の（例えば4極の）永久磁石により構成されている。ミドルリング 221は、軸受ロータ部材 111及び従動マグネット 131の間に介挿される円筒部 222と、軸受ロータ部材 111の第1方向の端面（例えば、ヨーク 115の端面）に当接すると共に、軸方向（Z軸方向）から見た形状が真円形を除く外形（例えば、角欠き矩形状の外形）を有するフランジ部 223とを有する。

20

【0080】

なお、図 14(a)及び図 14(b)に示すように、ヨーク 114, 115のZ軸方向の外側の端面には、凹部 114a, 115aが形成されている。また、これらの端面のうち、フランジ部 223との当接側とは反対側の端面（ここでは、ヨーク 114側の端面）には、例えば断熱材等からなる樹脂製の端板 220aが取り付けられる。この端板 220aの、例えばヨーク 114との対向側の端面には、凹部 114aに嵌まる凸部（図示省略）が形成されていても良い。

【0081】

従動マグネット 131は、それぞれの少なくとも接合部の回転軸方向に延びる稜線の角部が面取りされており、それらの周方向の接合部には、面取りによる回転軸方向に延びるV字状の溝 226が形成される。ミドルリング 221の円筒部 222の内周面には、従動マグネット 131の周方向の接合部に形成される溝 226に引っ掛かるV字状の爪部 224が形成されている。また、ミドルリング 221のフランジ部 223の軸受ロータ部材 111の端面との当接面には、例えばヨーク 115の端面に設けられた凹部 115aに嵌合する凸部 225が形成されている。そして、主収容室 231の上壁面 231aに形成された凹状の嵌合部 232は、ミドルリング 221のフランジ部 223の外形に合う形状に形成されている。また、端板 220aのミドルリング 221との対向面には、ミドルリング 221の円筒部 222のフランジ部 223とは反対側の端部が嵌まる環状の溝 227が形成されている。

30

【0082】

このように構成された軸受 / 従動アッシャイ 220においては、ミドルリング 221の円筒部 222における爪部 224が溝 226に引っ掛けると共に、ミドルリング 221のフランジ部 223の凸部 225がヨーク 115の凹部 115aに嵌合することによって、軸受ロータ部材 111に対する従動マグネット 131の周方向の空転が防止される。

40

【0083】

このように、ミドルリング 221によって、軸受ロータ部材 111及び従動マグネット 131が互いに空転不能に固定される。なお、ミドルリング 221のフランジ部 223とは反対側の円筒部 222の端部は、端板 220aに形成された溝 227に圧入等により強固に嵌められる。これにより、軸受 / 従動アッシャイ 220が組み立てられる。

【0084】

50

なお、上記の実施形態において、端板 220a は、ミドルリング 221 との圧入による結合に代えて、又は圧入による結合に加えて、例えば、ミドルリング 221、アウターカバー 233 及びインナーカバー 234 に対して、超音波溶着や熱板溶着等により結合されるようにしても良い。これにより、端板 220a がロータ 120 に対して、より強固に固定される。また、端板 220a は、ヨーク 114 の凹部 114a に嵌まる凸部を有しても良い。この場合、ヨーク 115 のみならず、ヨーク 114 の周方向の移動も規制される。

【0085】

そして、このような状態の軸受 / 従動アッシャイ 220 を収容部 230 に挿入し、ミドルリング 221 のフランジ部 223 を収容部 230 の嵌合部 232 に圧入等により強固に嵌合させることで、ロータ 120 に対する軸受 / 従動アッシャイ 220 の周方向の空転も防止された状態でロータ 120 が形成される。これにより、ロータ 120 に対するヨーク 115 の周方向の回転も防止されるので、ロータ 120 に磁気力によって強固に固定された永久磁石 113 の周方向の回転も防止される。

10

【0086】

このように、第 9 の実施形態によれば、第 1 の実施形態等の作用効果と同様の作用効果を奏すことができると共に、永久磁石 113 及び従動マグネット 131 を、接着によることなく、ロータ 120 に固定することができる。このため、例えば腐食性ガスによって接着材が溶ける等の接着に関する不具合に起因する軸受ロータ部材 111 や従動マグネット 131 の空転を確実に防止し、ロータ 120 の回転不具合の発生要因を少なくすることが可能となる。

20

【0087】

なお、ミドルリング 221 に対する軸受ロータ部材 111 及び従動マグネット 131 の周方向への空転防止構造は、上述した例に限定されない。例えば、従動マグネット 131 の接合部に隙間を空けて、この隙間に嵌まる突条をミドルリング 221 に形成しても良い。また、従動マグネット 131 の接合部の径方向に延びる稜線に面取りをして、これにより形成される径方向に延びる V 溝に嵌まる突条を、ミドルリング 221 に形成するよりも良い。更に、ミドルリング 221 に形成される爪部 224 又は突条は、図 8 に示した第 5 の実施形態においては、円筒部 222 の外周面側に設けられるようにしても良い。要するに、ミドルリング 221 で例示された回転規制部材を介して軸受ロータ部材 111 と従動部材（従動マグネット 131）が結合されて、互いの回転方向への規制、及び、両者のロータ 120 に対する回転方向への規制がなされれば、接着材を使用する必要がなくなる。

30

【0088】

また、本実施形態の変形例としては、図示は省略するが、例えば、ロータ 120 の軸受 / 従動部 121 を最初に作り、この軸受 / 従動部 121 に対して、インペラ 122 を二次成形により作製するようにしても良い。この場合、ロータ 120 は、例えば次のように作製される。まず、軸受 / 従動アッシャイ 220 を作製する。軸受 / 従動アッシャイ 220 の作製に際しては、はじめに、例えば金型成形によりミドルリング 221 を形成し、成形後のミドルリング 221 が熱いうちに（所定の温度以上のときに）、従動マグネット 131 をミドルリング 221 の円筒部 222 の内側（内周面側）に挿入する。そして、ミドルリング 221 の冷却による収縮を利用して、従動マグネット 131 をミドルリング 221 内に固定する。

40

【0089】

次に、軸受ロータ部材 111 を、ミドルリング 221 の円筒部 222 の外側（外周面側）に、例えばヨーク 115 の凹部 115a がフランジ部 223 の凸部 225 に嵌るように位置決めして嵌合し、軸受 / 従動アッシャイ 220 を形成する。その後、同様に金型成形により、アウターカバー 233 及びインナーカバー 234 を有し、主収容室 231 の Z 軸方向の一方に蓋をした有蓋円筒状の収容部（ロータケース）230 を形成する。

【0090】

50

そして、成形後の収容部 230 が熱いうちに（所定の温度以上のときに）、主収容室 231 に軸受／従動アッシャイ 220 を、ミドルリング 221 のフランジ部 223 を収容部 230 の嵌合部 232 に嵌合させるようにして挿入し、冷却することによる収容部 230 の収縮を利用して、軸受／従動アッシャイ 220 を主収容室 231 内に固定する。

【0091】

その後、収容部 230 の主収容室 231 の開口端側から端板 220a を、例えば図示しない凸部が凹部 114a に嵌まるように挿入し、更に主収容室 231 の開口端側に樹脂成形を施して図示しない蓋部を形成し、主収容室 231 を密閉して収容部 230 を作製する。このとき、断熱材からなる端板 220a をインサートするのは、成形時の熱が永久磁石 113 及び従動マグネット 131 に伝わって、これら磁石が減磁してしまうのを防ぐためである。最後に、二次成形によってインペラ 122 を収容部 230 に接合するように形成し、ロータ 120 が完成する。このように構成すれば、ロータ 120 におけるインペラ 122 と収容部 230 の組み合わせのバリエーションをより簡単に増やすことが可能となる。

【0092】

なお、第 9 の実施形態では、ミドルリング 221 のフランジ部 223 に凸部 225 を形成して、ヨーク 115 の凹部 115a に嵌合するようにしていたが、この凸部 225 の代わりに、ミドルリング 221 の成形時にフランジ部 223 に設けた孔部（図示省略）に、別途製造した凹部 115a に嵌まるピン部材（図示省略）を挿入して、冷却による収縮によりピン部材をフランジ部 223 に固定して利用するようにしても良い。

【0093】

以上、本発明のいくつかの実施の形態を説明したが、これらの実施の形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これらの新規な実施の形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施の形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0094】

100	ポンプ
110	磁気軸受
111	軸受ロータ部材
112	軸受ステータ部材
113	永久磁石
114, 115	ヨーク
116	変位センサ
117	コア
118	コイル
120	ロータ
121	軸受／従動部
122	インペラ
130	駆動機構
131	従動マグネット
132	駆動マグネット
133	モータ軸
134	駆動モータ
135	軸受

10

20

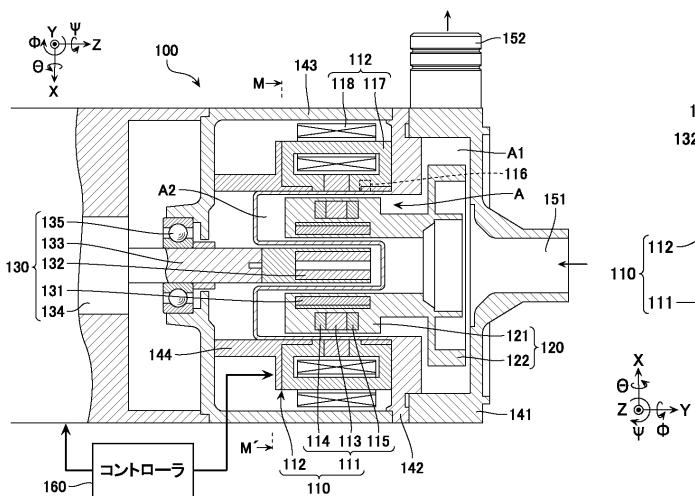
30

40

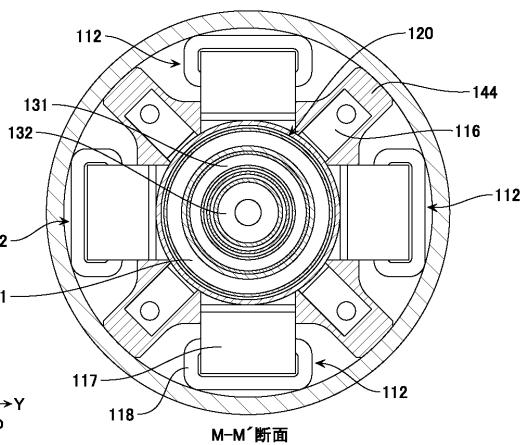
50

【図面】

【図1】

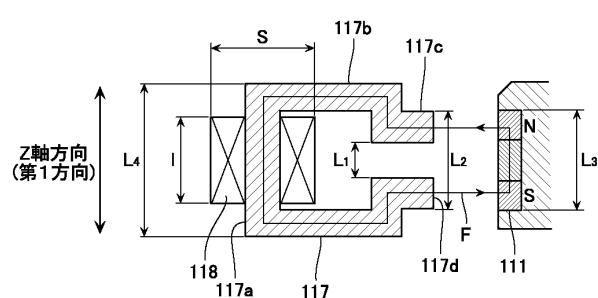


【図2】

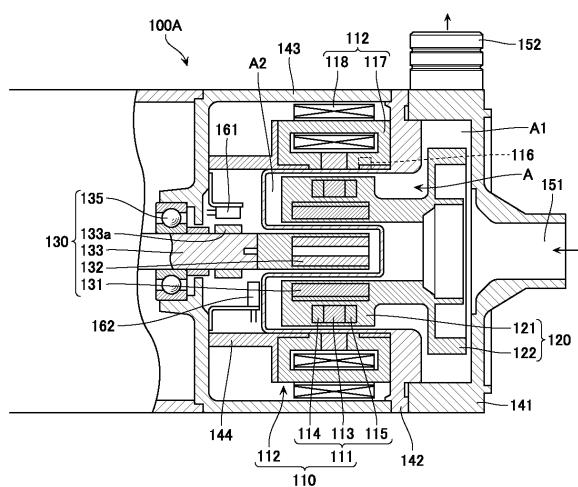


10

【図3】



【図4】



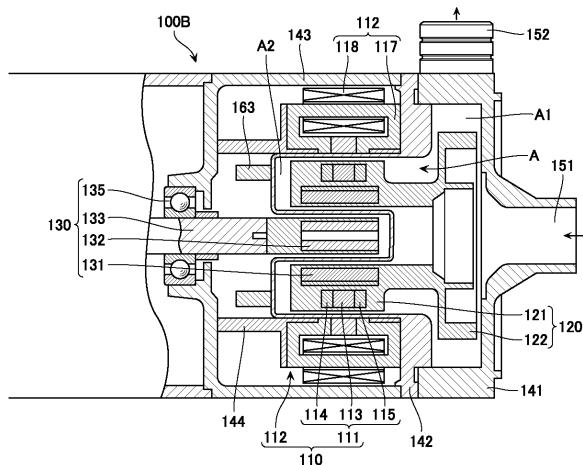
20

30

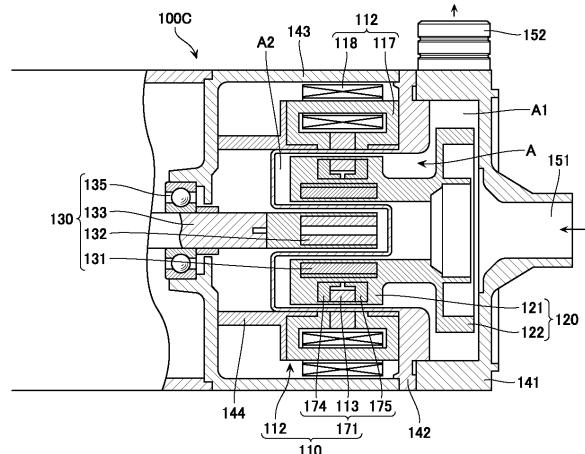
40

50

【図 5】

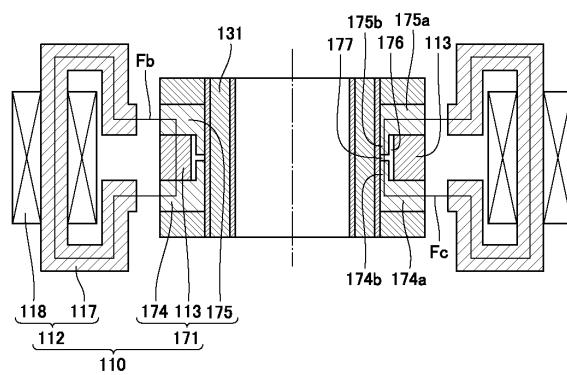


【図 6】

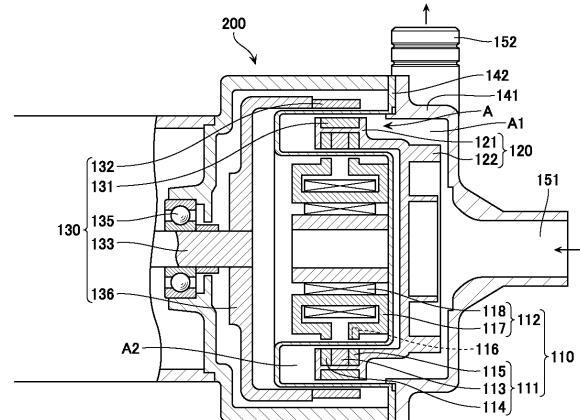


10

【図 7】



【図 8】



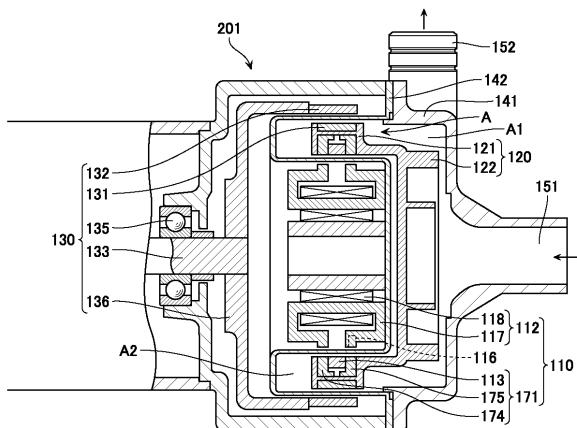
20

30

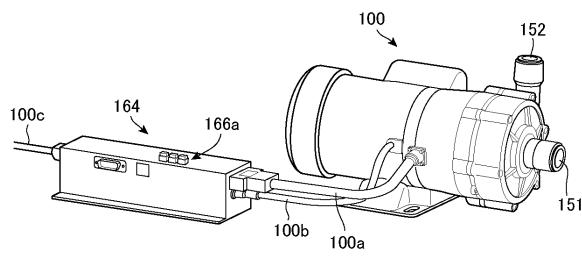
40

50

【図 9】

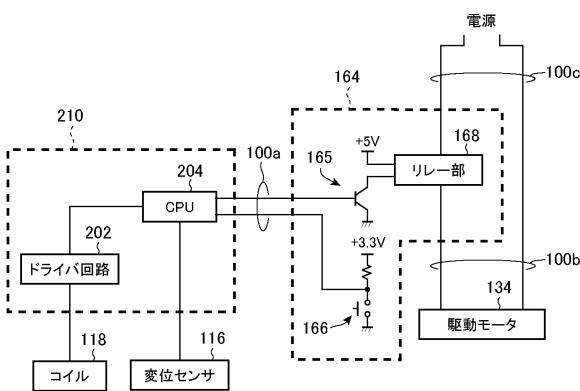


【図 10】

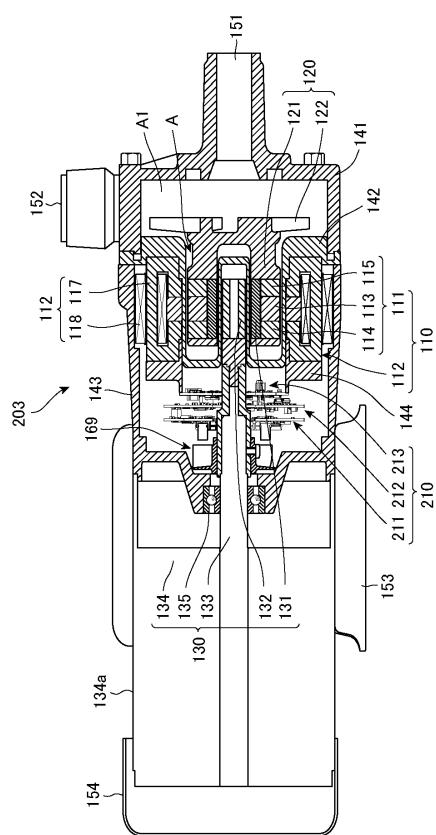


10

【図 11】



【図 12】



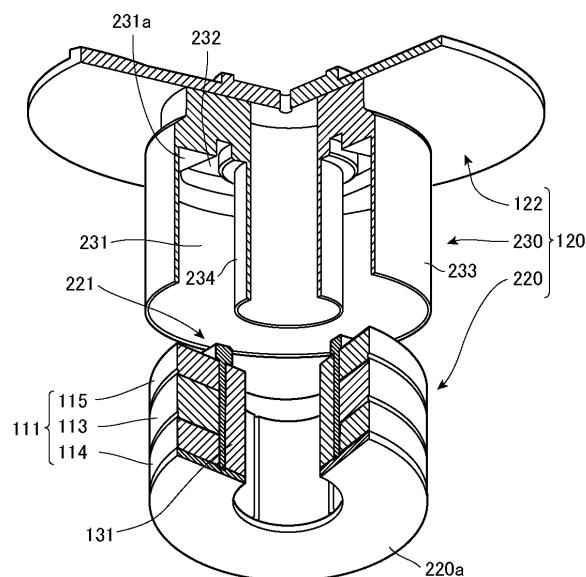
20

30

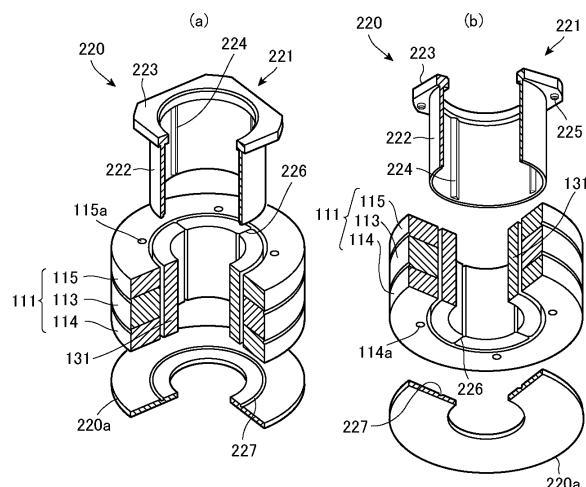
40

50

【図 1 3】

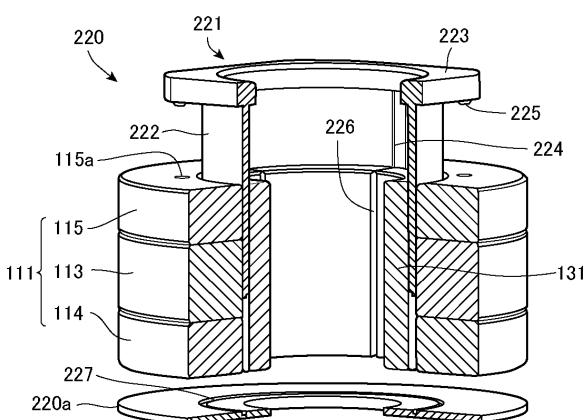


【図 1 4】



10

【図 1 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 関 拓哉
埼玉県狭山市広瀬台 2 - 1 - 4 株式会社イワキ埼玉工場内

審査官 松江川 宗

(56)参考文献 特開2005-121157(JP,A)
特開2001-093967(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F 16 C 32 / 00
- 32 / 06
F 04 D 29 / 048
F 04 D 29 / 00