

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7654795号  
(P7654795)

(45)発行日 令和7年4月1日(2025.4.1)

(24)登録日 令和7年3月24日(2025.3.24)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 2 K 1/276(2022.01) H 0 2 K 1/276

請求項の数 4 (全16頁)

(21)出願番号	特願2023-538320(P2023-538320)	(73)特許権者	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和4年6月13日(2022.6.13)	(74)代理人	100131200 弁理士 河部 大輔
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/023674	(74)代理人	100221512 弁理士 山中 誠司
(87)国際公開番号	WO2023/007967	(72)発明者	柴山 義康 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内
(87)国際公開日	令和5年2月2日(2023.2.2)	(72)発明者	今村 圭伍 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内
審査請求日	令和5年11月16日(2023.11.16)	(72)発明者	植田 一輝
(31)優先権主張番号	PCT/JP2021/028378		
(32)優先日	令和3年7月30日(2021.7.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロータおよびモータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸を有するロータ本体と、

前記ロータ本体において前記回転軸を中心とする周方向に交互に配列され、互いに異なる磁極を形成する複数の第1永久磁石および複数の第2永久磁石と、

前記ロータ本体の前記回転軸の方向における端面に、前記複数の第1永久磁石のそれぞれに対応して設けられ、前記第1永久磁石と同じ磁極を形成する複数の第3永久磁石と、

前記ロータ本体の前記回転軸の方向における端面に、前記複数の第2永久磁石のそれぞれに対応して設けられ、前記第2永久磁石と同じ磁極を形成する複数の第4永久磁石とを備え、

前記第1永久磁石および前記第2永久磁石のそれぞれにおけるd軸と、前記第3永久磁石および前記第4永久磁石のそれぞれにおけるd軸とは、前記周方向にずれており、  
前記複数の第3永久磁石および前記複数の第4永久磁石は、前記ロータ本体の前記回転軸の方向における両端面に設けられ、

前記ロータ本体の前記両端面のそれぞれにおいて、前記複数の第3永久磁石および前記複数の第4永久磁石は、前記周方向に繋がり、前記複数の第3永久磁石のそれぞれは、前記第1永久磁石の前記回転軸の方向における端面と繋がり、且つ、前記複数の第4永久磁石のそれぞれは、前記第2永久磁石の前記回転軸の方向における端面と繋がっているロータ。

【請求項2】

請求項1に記載のロータにおいて、

前記第 3 永久磁石および前記第 4 永久磁石のそれぞれの磁化方向は、前記回転軸を中心とする径方向外側に向かうに従って前記ロータ本体側に傾く方向に設定されているロータ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のロータにおいて、

前記第 1 永久磁石、前記第 2 永久磁石、前記第 3 永久磁石および前記第 4 永久磁石は、ボンド磁石であるロータ。

【請求項 4】

円筒状のステータと、

前記ステータの内側に配置される請求項 1 に記載のロータとを備えているモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ここに開示された技術は、ロータおよびモータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、例えば特許文献 1 に開示されているように、ロータコアに永久磁石が埋め込まれたロータが知られている。この種のロータでは、ステータが回転磁界を形成すると、永久磁石によってマグネットトルクが発生すると共に、ステータコアによってリラクタンストルクが発生する。これらマグネットトルクおよびリラクタンストルクを合算した総合トルクが、モータの出力となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2020 - 191710 号公報

【発明の概要】

【0004】

ところで、前述したようなロータでは、マグネットトルクが最大となる電流位相（電気角）と、リラクタンストルクが最大となる電流位相との間に位相差がある。そのため、総合トルクの最大値は、マグネットトルクの最大値とリラクタンストルクの最大値とを合算した値よりも低下してしまう。すなわち、マグネットトルクとリラクタンストルクの併用の実態は両トルク波形の間に存在する相補的な増減関係を活かしているに過ぎず、両トルクの最大値の合算で代表されるような相加的な総合トルクは得られなかった。そのため、モータの出力効率として改善の余地がある。

【0005】

ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、モータの出力効率を向上させることにある。

【0006】

ここに開示されたロータは、回転軸を有するロータ本体と、前記ロータ本体において前記回転軸を中心とする周方向に交互に配列され、互いに異なる磁極を形成する複数の第 1 永久磁石および複数の第 2 永久磁石と、前記ロータ本体の前記回転軸の方向における端面に、前記複数の第 1 永久磁石のそれぞれに対応して設けられ、前記第 1 永久磁石と同じ磁極を形成する複数の第 3 永久磁石と、前記ロータ本体の前記回転軸の方向における端面に、前記複数の第 2 永久磁石のそれぞれに対応して設けられ、前記第 2 永久磁石と同じ磁極を形成する複数の第 4 永久磁石とを備えている。そして、前記第 1 永久磁石および前記第 2 永久磁石のそれぞれにおける d 軸と、前記第 3 永久磁石および前記第 4 永久磁石のそれぞれにおける d 軸とは、前記周方向にずれている。

【0007】

また、ここに開示されたモータは、円筒状のステータと、前記ステータの内側に配置される前述のロータとを備えている。

【0008】

10

20

30

40

50

前述のロータによれば、モータの出力効率を向上させることができる。

【0009】

前述のモータによれば、モータの出力効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、モータの断面図である。

【図2】図2は、ロータを回転軸の方向に視た平面図である。

【図3】図3は、図2に示すX-X線における断面図である。

【図4】図4は、図3に示すY-Y線における断面図である。

【図5】図5は、図3に示すZ-Z線における断面図である。

【図6】図6は、内部磁石におけるd軸と外部磁石におけるd軸とが周方向において一致している場合のモータの総合トルクを示すグラフである。

【図7】図7は、内部磁石におけるd軸と外部磁石におけるd軸とが周方向にずれている場合のモータの総合トルクを示すグラフである。

【図8】図8は、ロータの製造方法を示すフローチャートである。

【図9】図9は、ロータコアが設置された金型を概略的に示す図である。

【図10】図10は、その他の実施形態に係るロータを一部省略して示す図3相当図である。

【図11】図11は、その他の実施形態に係るロータを一部省略して示す図3相当図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0012】

図1は、モータ100の断面図である。図2は、ロータ1を回転軸Aの方向に視た平面図である。

【0013】

モータ100は、所定の回転軸A回りに回転するロータ1と、ロータ1を回転軸A回りに回転させるステータ6とを備えている。ロータ1には、永久磁石が埋め込まれている。すなわち、モータ100は、基本的にはIPM (Interior Permanent Magnet) モータである。モータ100は、モータケース7を更に備えてもよい。モータケース7は、ロータ1及びステータ6を収容している。ステータ6は、モータケース7に対して固定されている。ロータ1はモータケース7に回転可能に支持されている。

【0014】

以下、回転軸Aが延びる方向を「回転軸方向」と称する。回転軸Aを中心とする周方向を「周方向」と称する。回転軸Aを中心とする径方向を「径方向」と称する。径方向において回転軸Aに向かう側を「径方向内側」と称し、回転軸Aとは反対側を「径方向外側」と称する。

【0015】

ステータ6は、ステータコア61と、巻線62とを備えている。ステータコア61は、軟磁性体である。ステータコア61は、例えば、互いに積層された複数枚の電磁鋼板から形成される。

【0016】

ステータコア61は、円筒状に形成されている。ステータコア61は、モータケース7に固定されている。ステータコア61には、ステータコア61の内側に向かって突出した複数のティース61aが形成されている。複数のティース61aは、ステータコア61の周方向に間隔をあけて並んでいる。巻線62は、複数のティース61aに巻かれている。ステータ6は、巻線62に電流が供給されることにより、ロータ1を回転させる回転磁界を形成する。

【0017】

10

20

30

40

50

ロータ 1 は、回転軸 A を有するロータ本体 2 と、ロータ本体 2 に配列される複数の第 1 永久磁石 4 1 および複数の第 2 永久磁石 4 2 と、ロータ本体 2 の回転軸方向における端面 3 a に設けられる複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 とを備えている。  
【 0 0 1 8 】

ロータ本体 2 の少なくとも一部は、軟磁性体から形成されている。ロータ本体 2 は、磁氣的突極性を有しており、ステータ 6 が形成した回転磁界中においてリラクタンストルクを発生させる。ロータ本体 2 は、回転軸 A 回りに回転する。ロータ本体 2 は、円筒状のロータコア 3 と、シャフト 5 とを備えている。ロータ本体 2 の回転軸 A は、ロータコア 3 およびシャフト 5 のそれぞれの軸心と一致している。

【 0 0 1 9 】

ロータコア 3 は、軟磁性体である。ロータコア 3 は、例えば、互いに積層された複数枚の電磁鋼板から形成される。ロータコア 3 は、ステータコア 6 1 と同心の円筒状に形成されている。ロータコア 3 の外周面は、ロータ本体 2 の外周面を形成する。ロータコア 3 の回転軸 A と直交する断面の形状は、ロータコア 3 の回転軸方向の全長に亘って同じである。ロータコア 3 の外周面とステータコア 6 1 の内周面との間には、エアギャップ 1 0 が形成されている。

【 0 0 2 0 】

シャフト 5 は、ロータコア 3 の内側に嵌め込まれている。シャフト 5 は、ロータコア 3 に対して固定されている。シャフト 5 の軸心は、回転軸 A と一致している。シャフト 5 は、軸受け等を介してモータケース 7 に回転可能に支持されている。ロータコア 3 は、シャフト 5 と共に回転軸 A 回りに回転する。シャフト 5 は、軟磁性体である。

【 0 0 2 1 】

複数の第 1 永久磁石 4 1 および複数の第 2 永久磁石 4 2 は、ロータ本体 2 において回転軸 A を中心とする周方向に交互に配列され、互いに異なる磁極を形成している。具体的に、複数の第 1 永久磁石 4 1 および複数の第 2 永久磁石 4 2 は、ロータコア 3 において周方向に等間隔で交互に配列されている。第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、ステータ 6 によって形成された回転磁界中においてマグネットトルクを発生させる。第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、互いに同数設けられており、この例では 3 個ずつ設けられている。

【 0 0 2 2 】

第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、ロータコア 3 に埋め込まれている。より具体的に、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、この例では、ロータコア 3 におけるロータコア 3 の外周面よりも径方向内側の部分に埋め込まれている。第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、この例では、互いに同じ形状を有している。このように、複数の第 1 永久磁石 4 1 および複数の第 2 永久磁石 4 2 は、ロータコア 3 の内部に設けられる永久磁石であり、内部磁石 4 a を形成している。

【 0 0 2 3 】

図 3 は、図 2 に示す X - X 線における断面図である。図 4 は、図 3 に示す Y - Y 線における断面図である。図 5 は、図 3 に示す Z - Z 線における断面図である。以下、特段の断りが無い限り、「断面形状」とは、回転軸 A に直交する断面形状を意味する。

【 0 0 2 4 】

第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、回転軸方向に延びる板状に形成されている。より詳しくは、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、ロータコア 3 の回転軸方向における全長に亘って延びている。つまり、第 1 永久磁石 4 1 の回転軸方向における端面 4 1 a および第 2 永久磁石 4 2 の回転軸方向における端面 4 2 a は、ロータコア 3 の端面 3 a と一致している。第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 のそれぞれの断面形状は、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 の回転軸方向における全長に亘って同じである。

【 0 0 2 5 】

第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 のそれぞれの断面形状は、線状である。すな

10

20

30

40

50

わち、第1永久磁石41および第2永久磁石42のそれぞれの断面形状は、所定の基準線に沿って延びる形状をしている。第1永久磁石41および第2永久磁石42のそれぞれの断面形状は、径方向内側（即ち、回転軸A）に向かって凹むように湾曲した形状であり、この例では、U字状に形成されている。

【0026】

ロータコア3には、複数の第1永久磁石41のそれぞれが埋め込まれる複数の第1配置孔31と、複数の第2永久磁石42のそれぞれが埋め込まれる複数の第2配置孔32が形成されている。第1配置孔31および第2配置孔32のそれぞれは、ロータコア3を回転軸方向に貫通する単一の貫通孔である。第1配置孔31および第2配置孔32のそれぞれの断面形状は、第1永久磁石41および第2永久磁石42の断面形状と同じである。つまり、第1配置孔31および第2配置孔32では、実質的に隙間なく第1永久磁石41および第2永久磁石42が埋め込まれている。

10

【0027】

第3永久磁石43および第4永久磁石44は、第1永久磁石41および第2永久磁石42に対応した位置に設けられている。具体的に、複数の第3永久磁石43は、ロータコア3の端面3aに、複数の第1永久磁石41のそれぞれに対応して設けられ、第1永久磁石41と同じ磁極を形成している。複数の第4永久磁石44は、ロータコア3の端面3aに、複数の第2永久磁石42のそれぞれに対応して設けられ、第2永久磁石42と同じ磁極を形成している。

【0028】

20

図5に示すように、複数の第3永久磁石43および複数の第4永久磁石44は、ロータコア3の端面3aにおいて周方向に交互に配列されている。第3永久磁石43および第4永久磁石44は、互いに異なる磁極を形成する。第3永久磁石43および第4永久磁石44は、ステータ6によって形成された回転磁界中においてマグネットトルクを発生させる。このように、複数の第3永久磁石43および複数の第4永久磁石44は、ロータコア3の内部ではなく外部に設けられる永久磁石であり、外部磁石4bを形成している。

【0029】

詳しくは、複数の第3永久磁石43および複数の第4永久磁石44は、周方向に繋がっている。つまり、外部磁石4bは、全ての第3永久磁石43と全ての第4永久磁石44とが周方向に交互に繋がってなる円環状の板部材により形成されている。この例では、外部磁石4bの外径は、ロータコア3の外径と同じである。つまり、外部磁石4bの外周面は、ロータコア3の外周面と一致している。

30

【0030】

外部磁石4bは、第1永久磁石41の端面41aおよび第2永久磁石42の端面42aを覆う大きさに形成されている。この例では、外部磁石4b、即ち、複数の第3永久磁石43および複数の第4永久磁石44は、ロータ本体2の両方の端面3aに設けられている。

【0031】

さらに、この例のロータ1では、複数の第1永久磁石41と、複数の第2永久磁石42と、2つの外部磁石4bとが繋がって単一の磁石ユニット4を形成している。具体的に、複数の第3永久磁石43のそれぞれは、第1永久磁石41の端面41aと繋がっている。複数の第4永久磁石44のそれぞれは、第2永久磁石42の端面42aと繋がっている。つまり、全ての第1永久磁石41と全ての第2永久磁石42とは、外部磁石4bを介して繋がっている。

40

【0032】

このように、ロータ1は、永久磁石として1組の磁石ユニット4を備えており、磁石ユニット4は、内部磁石4aと外部磁石4bとを有する。

【0033】

第1永久磁石41、第2永久磁石42、第3永久磁石43および第4永久磁石44は、ボンド磁石である。ボンド磁石は、磁石粉末と、磁石粉末を結合するためのバインダとを混合した材料（以下、「磁石材料」とも称する）によって形成された永久磁石である。磁

50

石粉末は、例えば、ネオジム磁石、サマリウム鉄窒素系磁石、サマリウムコバルト系磁石、フェライト磁石又はアルニコ磁石等の粉末、若しくはこれら粉末のうち2種以上の粉末の混合物である。バインダは、例えば、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂、ポリアミド樹脂等の熱可塑性樹脂又はゴムである。ボンド磁石は、樹脂のように成形することができ、焼結磁石と比較して、寸法精度が高く、形状の自由度が高い。

【0034】

そして、第1永久磁石41および第2永久磁石42のそれぞれにおけるd軸と、第3永久磁石43および第4永久磁石44のそれぞれにおけるd軸とは、周方向にずれている。つまり、内部磁石4aにおけるd軸と、外部磁石4bにおけるd軸とは、周方向にずれている。d軸は、永久磁石の中心軸であり、永久磁石によって形成される磁極がつくる磁束の方向である。

10

【0035】

具体的に、内部磁石4aでは、図4に示すように、複数の第1永久磁石41のそれぞれにおいて径方向に延びるd軸411が形成され、複数の第2永久磁石42のそれぞれにおいて径方向に延びるd軸422が形成される。一方、外部磁石4bでは、図5に示すように、複数の第3永久磁石43のそれぞれにおいて径方向に延びるd軸433が形成され、複数の第4永久磁石44のそれぞれにおいて径方向に延びるd軸444が形成される。

【0036】

ここで、図5に示すように、第1永久磁石41のd軸411と第3永久磁石43のd軸433とは周方向に所定の角度だけずれており、第2永久磁石42のd軸422と第4永久磁石44のd軸444とは周方向に所定の角度だけずれている。このようにd軸が設定されるように、内部磁石4aおよび外部磁石4bが配置される。なお、図5では、第1永久磁石41のd軸411および第2永久磁石42のd軸422についてはそれぞれ1つだけ図示している。

20

【0037】

このように構成されたロータ1によれば、モータ100の出力効率が向上し得る。図6は、内部磁石4aにおけるd軸と外部磁石4bにおけるd軸とが周方向において一致している場合のモータの総合トルク $T_t$ を示すグラフである。図7は、内部磁石4aにおけるd軸と外部磁石4bにおけるd軸とが周方向にずれている場合のモータ100の総合トルク $T_t$ を示すグラフである。

30

【0038】

以下、ロータコア3が発生させるリラクタンストルクを「リラクタンストルク $T_r$ 」と称し、内部磁石4aが発生させるマグネットトルクを「内部マグネットトルク $T_{ma}$ 」と称し、外部磁石4bが発生させるマグネットトルクを「外部マグネットトルク $T_{mb}$ 」と称する。これらリラクタンストルク $T_r$ 、内部マグネットトルク $T_{ma}$ および外部マグネットトルク $T_{mb}$ を合算した値を「総合トルク $T_t$ 」と称する。ロータ1は、総合トルク $T_t$ によって回転軸Aを中心に回転する。つまり、総合トルク $T_t$ は、モータ100の出力に相当する。

【0039】

リラクタンストルク $T_r$ 、内部マグネットトルク $T_{ma}$ および外部マグネットトルク $T_{mb}$ のそれぞれは、電流位相に応じて変化する。リラクタンストルク $T_r$ が最大となる電流位相と、内部マグネットトルク $T_{ma}$ が最大となる電流位相とは異なる。内部磁石4aのd軸と外部磁石4bのd軸とが周方向において一致している場合には、図6に示すように、外部マグネットトルク $T_{mb}$ は、内部マグネットトルク $T_{ma}$ と同様に変化する。つまり、外部マグネットトルク $T_{mb}$ が最大となる電流位相は、内部マグネットトルク $T_{ma}$ が最大となる電流位相と同じであり、リラクタンストルク $T_r$ が最大となる電流位相とは異なる。この場合の総合トルク $T_t$ は、例えば、電流位相aのときに最大トルク $T_1$ となる。

40

【0040】

内部磁石4aのd軸と外部磁石4bのd軸とが周方向に所定の角度だけずれている場

50

合は、図7に示すような総合トルク $T_t$ となる。具体的には、外部マグネットトルク $T_m b$ が前述した電流位相 $a$ で最大となるように、外部磁石4bのd軸を内部磁石4aのd軸に対して周方向に所定の角度 $\theta$ だけずらす。つまり、外部マグネットトルク $T_m b$ が最大となる電流位相と、リラクタンストルク $T_r$ および内部マグネットトルク $T_m a$ を合算したトルクが最大となる電流位相とが一致するように、外部磁石4bのd軸をずらす。

【0041】

こうすることにより、総合トルク $T_t$ の最大トルク $T_2$ が、前述の最大トルク $T_1$ よりも高くなる。こうして、総合トルク $T_t$ の最大トルクが増大するため、モータ100の出力効率が向上する。つまり、この例のロータ1によれば、外部磁石4bを設けることでマグネットトルクが増大し、その増大したマグネットトルクがモータ100の出力として効果的に活用される。

10

【0042】

また、第3永久磁石43および第4永久磁石44はそれぞれ、ロータコア3の端面3aにおいて第1永久磁石41および第2永久磁石42に対応した位置に設けられているので、第1永久磁石41および第2永久磁石42がロータコア3から抜け出ることを防止し得る。

【0043】

しかも、外部磁石4bは、ロータコア3の両方の端面3aに設けられているので、第1永久磁石41および第2永久磁石42がロータコア3から抜け出ることを確実に防止し得る。

20

【0044】

さらに、複数の第3永久磁石43のそれぞれは、第1永久磁石41の端面41aと繋がっており、複数の第4永久磁石44のそれぞれは、第2永久磁石42の端面42aと繋がっているため、第1永久磁石41および第2永久磁石42がロータコア3から抜け出ることを確実に防止し得る。

【0045】

また、複数の第3永久磁石43および複数の第4永久磁石44が周方向に繋がることで、例えば第3永久磁石43と第4永久磁石44とが分断される場合に比べて、第3永久磁石43および第4永久磁石44の表面積を稼ぐことができる。そのため、外部磁石4bによるマグネットトルクがより増大する。

30

【0046】

次に、前述のロータ1の製造方法について説明する。図8は、ロータ1の製造方法を示すフローチャートである。図9は、ロータコア3が設置された金型Mを概略的に示す図である。

【0047】

まず、ステップS1において、ロータ本体2であるロータコア3が所定の金型M内に設置される。ロータコア3には、前述したように、第1永久磁石41が配置される複数の第1配置孔31と第2永久磁石42が配置される複数の第2配置孔32とが形成されている。

【0048】

図9に示すように、金型Mには、2つの外部磁石4bが成形される2つの外部磁石用空間 $L_s$ が形成される。この外部磁石用空間 $L_s$ は、ロータコア3の複数の第1配置孔31および複数の第2配置孔32と繋がっている。つまり、金型Mにおいては、複数の第1配置孔31と複数の第2配置孔32と2つの外部磁石用空間 $L_s$ とで単一空間が形成される。

40

【0049】

また、金型Mには、内部磁石4a（即ち、第1永久磁石41および第2永久磁石42）および外部磁石4b（即ち、第3永久磁石43および第4永久磁石44）の磁石材料の流路として、スプルーSp、ランナーRuおよびゲートGaが形成されている。この例では、スプルーSpは、1つ設けられている。ランナーRuおよびゲートGaは、互いに同数設けられている。具体的に、ランナーRuおよびゲートGaは、2つずつ設けられている。なお、ランナーRuおよびゲートGaの数は、1つずつでもよいし、3つ又は4つずつ

50

でもよく、第1配置孔31および第2配置孔32の総数よりも少ない数に設定される。2つのランナーRuはそれぞれ、スプルーSpから分岐している。2つのゲートGaはそれぞれ、ランナーRuの出口端に設けられており、外部磁石用空間Lsの所定位置に対応して設けられている。

【0050】

続くステップS2では、磁石材料を、第1配置孔31および第2配置孔32と外部磁石用空間Lsに注入し、着磁前の内部磁石4aと外部磁石4bとが一体に形成される磁石ユニット4を射出成形する。金型Mにおいて、磁石材料は、スプルーSpから2つのランナーRuに分流した後、それぞれのゲートGaから一方の外部磁石用空間Lsに注入される。一方の外部磁石用空間Lsに注入された磁石材料は、複数の第1配置孔31および複数の第2配置孔32を介して他方の外部磁石用空間Lsに流れる。次いで、磁石材料は、複数の第1配置孔31および複数の第2配置孔32に充填され、その後、一方の外部磁石用空間Lsに充填される。こうして、着磁前の1つの磁石ユニット4が固化成形される。

10

【0051】

なお、第1永久磁石41、第2永久磁石42、第3永久磁石43および第4永久磁石44がいわゆる異方性ボンド磁石の場合、ステップS2の射出成形の際、磁石材料中の磁石粉末の向きを揃える配向が行われる場合がある。

【0052】

続くステップS3では、着磁器によって着磁が行われる。具体的には、着磁前の内部磁石4a、即ち、着磁前の第1永久磁石41および第2永久磁石42について、互いに異なる磁極が形成されるように着磁器によって着磁される。また、着磁前の外部磁石4b、即ち、着磁前の第3永久磁石43および第4永久磁石44について、互いに異なる磁極が形成されるように着磁器によって着磁される。このとき、内部磁石4aにおけるd軸と外部磁石4bにおけるd軸とが周方向に所定の角度だけずれるように、着磁が行われる。

20

【0053】

続くステップS4では、シャフト5がロータコア3に装着される。以上により、ロータ1の製造が完了する。

【0054】

前述したロータ1の製造方法によれば、内部磁石4aと外部磁石4bとが繋がった磁石ユニット4を射出成形する場合、ロータコア3を設置した金型Mにおいては、複数の第1配置孔31と複数の第2配置孔32と外部磁石用空間Lsとで単一空間が形成される。そのため、磁石材料は、この1つの単一空間に注入すればよい。そのため、金型Mにおいては、磁石材料を注入しなければならない空間の数が減少するので、ランナーRuやゲートGaなどの流路の数を減少させることができる。これにより、金型Mに関するコストを低減することができる。その結果、ロータ1の製造コストを低減することができる。

30

【0055】

このように、ロータ1では、ロータ本体2において周方向に交互に配置され、互いに異なる磁極を形成する複数の第1永久磁石41および複数の第2永久磁石42と、ロータ本体2の端面3aに複数の第1永久磁石41のそれぞれに対応して位置し、第1永久磁石41と同じ磁極を形成する複数の第3永久磁石43と、前記端面3aに複数の第2永久磁石42のそれぞれに対応して位置し、第2永久磁石42と同じ磁極を形成する複数の第4永久磁石44とが設けられている。そして、第1永久磁石41および第2永久磁石42のそれぞれにおけるd軸と、第3永久磁石43および第4永久磁石44のそれぞれにおけるd軸とは、周方向にずれている。そのため、外部マグネットトルクTmbが最大となる電流位相と、リラクタンストルクTrおよび内部マグネットトルクTmaを合算したトルクが最大となる電流位相とが一致するように、第1永久磁石41および第2永久磁石42におけるd軸と第3永久磁石43および第4永久磁石44におけるd軸とをずらすことで、総合トルクTtの最大トルクが高くなる。そのため、モータ100の出力効率を向上させることができる。

40

【0056】

50

また、この例のロータ 1 では、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれが、ロータコア 3 の端面 3 a において第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 に対応した位置に設けられていることから、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 がロータコア 3 から抜け出ることを防止することができる。

【0057】

しかも、この例のロータ 1 では、複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 が、ロータコア 3 の両方の端面 3 a に設けられている。そのため、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 がロータコア 3 から抜け出ることを確実に防止することができる。

【0058】

さらに、この例のロータ 1 では、複数の第 3 永久磁石 4 3 のそれぞれが、第 1 永久磁石 4 1 の端面 4 1 a と繋がっており、複数の第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれが、第 2 永久磁石 4 2 の端面 4 2 a と繋がっている。そのため、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 がロータコア 3 から抜け出ることを確実に阻止することができる。

10

【0059】

また、この例のロータ 1 では、複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 が周方向に繋がっている。そのため、例えば第 3 永久磁石 4 3 と第 4 永久磁石 4 4 とが分断される場合に比べて、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 の表面積を稼ぐことができる。そのため、外部マグネットトルク  $T_{mb}$  をより増大させることができる。

【0060】

また、この例のロータ 1 において、第 1 永久磁石 4 1、第 2 永久磁石 4 2、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 は、ボンド磁石である。そのため、各永久磁石を所望の形状に形成しやすい。特に、前述したように、第 3 永久磁石 4 3 を第 1 永久磁石 4 1 の端面 4 1 a と繋げ、第 4 永久磁石 4 4 を第 2 永久磁石 4 2 の端面 4 2 a と繋げる場合などにおいては有効である。

20

【0061】

《その他の実施形態》

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、前記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、前記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

30

【0062】

例えば、外部磁石 4 b の磁化方向は、図 10 に示すように設定してもよい。図 10 は、その他の実施形態に係るロータ 1 を一部省略して示す図 3 相当図である。

【0063】

具体的に、この例のロータ 1 では、内部磁石 4 a、即ち、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 のそれぞれの磁化方向  $H_a$  は、径方向外側に向かう方向に設定されている。つまり、内部磁石 4 a の磁化方向  $H_a$  は、回転軸 A に直交する方向に設定されている。外部磁石 4 b、即ち、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれの磁化方向  $H_b$  は、径方向外側に向かうに従ってロータ本体 2 側に傾く方向に設定されている。つまり、外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  は、回転軸 A に対して斜めに交差する方向に設定されている。

40

【0064】

このように外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  を設定することで、図 10 に示すように、ステータ 6 の高さ  $h$  を低くすることができる。つまり、外部磁石 4 b の磁化方向を内部磁石 4 a の磁化方向  $H_a$  と同様に回転軸 A に直交する方向に設定した場合、ステータ 6 の高さは、図 10 に破線で示す高さ、即ちロータコア 3 の高さに 2 つの外部磁石 4 b の厚さを加え

50

た長さが必要となる。この例では、外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  を前述の如く設定することで、ステータ 6 の高さ  $h$  を例えばロータコア 3 と同程度の高さまで低くすることができる。そのため、外部マグネトルク  $T_{mb}$  についてはモータ 100 の出力をそれ程低下させることなく、モータ 100 の小型化を図ることができる。

【0065】

また、外部磁石 4 b の磁化方向は、図 11 に示すように設定してもよい。図 11 は、その他の実施形態に係るロータ 1 を一部省略して示す図 3 相当図である。

【0066】

具体的に、この例のロータ 1 では、内部磁石 4 a の磁化方向  $H_a$  は、径方向外側に向かう方向に設定されている。つまり、内部磁石 4 a の磁化方向  $H_a$  は、回転軸 A に直交する方向に設定されている。外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  は、回転軸方向においてロータ本体 2 側に向かう方向に設定されている。つまり、外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  は、内部磁石 4 a の磁化方向  $H_a$  と垂直な方向に設定されている。

10

【0067】

このように外部磁石 4 b の磁化方向  $H_b$  を設定することで、外部磁石 4 b の磁束は、内部磁石 4 a の磁束と同様、ロータコア 3 における内部磁石 4 a よりも径方向外側の部分を通じてステータ 6 に流れる。そのため、図 11 に示すように、ステータ 6 の高さを例えばロータコア 3 と同程度の高さまで低くできると共に、エアギャップ 10 を小さくすることができる。エアギャップ 10 が小さくなることで、総合トルク  $T_t$  の低下、即ちモータ 100 の出力の低下を抑えることができる。したがって、モータ 100 の出力低下をより抑えつつ、モータ 100 の小型化を図ることができる。

20

【0068】

また、第 1 永久磁石 4 1、第 2 永久磁石 4 2、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 の数は、前述した数に限定されない。即ち、ロータ 1 の極数は、前述した数に限定されない。

【0069】

また、磁石ユニット 4 の数は、1 組に限定されない。即ち、ロータコア 3 の一の端面 3 a に設けられる外部磁石 4 b の数は 1 組に限定されない。例えば、1 組の外部磁石 4 b は、ロータコア 3 の一の端面 3 a に設けられる複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 を周方向に 3 つに区分した一の区分における 1 つの第 3 永久磁石 4 3 および 1 つの第 4 永久磁石 4 4 で形成されてもよい。この場合、ロータコア 3 の一の端面 3 a においては 3 組の外部磁石 4 b が設けられる。つまり、ロータ 1 には、3 組の磁石ユニット 4 が設けられる。このようにして、2 組や 6 組の磁石ユニット 4 を設けるようにしてもよい。

30

【0070】

また、外部磁石 4 b は、ロータコア 3 の一方の端面 3 a にのみ設けるようにしてもよい。

【0071】

また、全ての第 1 永久磁石 4 1、第 2 永久磁石 4 2、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれは、繋がっておらず、別体に形成されてもよい。

【0072】

また、第 1 永久磁石 4 1、第 2 永久磁石 4 2、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 は、異方性ボンド磁石であってもよいし、等方性ボンド磁石であってもよい。

40

【0073】

また、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 の断面形状は、湾曲した形状に限られない。例えば、これらの断面形状は、回転軸 A に向かって凹むように屈曲した形状であってもよい。具体的に、これらの断面形状は、例えば、V 形状又は W 形状等であってもよい。また、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 は、断面形状が直線状に延びる、平板部材であってもよい。

【0074】

また、シャフト 5 は、軟磁性体でなくてもよい。また、シャフト 5 は、ロータコア 3 と一体に形成されてもよい。

50

## 【 0 0 7 5 】

また、コギングトルクやトルクリプルを打ち消すように、外部磁石 4 b の d 軸を内部磁石 4 a の d 軸に対して周方向にずらしてもよい。この場合、コギングトルクやトルクリプルを低減することができる。

## 【 0 0 7 6 】

以上のように、本開示の技術の第 1 の側面に係るロータ 1 は、回転軸 A を有するロータ本体 2 と、ロータ本体 2 において回転軸 A を中心とする周方向に交互に配列され、互いに異なる磁極を形成する複数の第 1 永久磁石 4 1 および複数の第 2 永久磁石 4 2

と、ロータ本体 2 の回転軸 A の方向における端面 3 a に、複数の第 1 永久磁石 4 1 のそれぞれに対応して設けられ、第 1 永久磁石 4 1 と同じ磁極を形成する複数の第 3 永久磁石 4 3 と、ロータ本体 2 の回転軸 A の方向における端面 3 a に、複数の第 2 永久磁石 4 2 のそれぞれに対応して設けられ、第 2 永久磁石 4 2 と同じ磁極を形成する複数の第 4 永久磁石 4 4 とを備えている。そして、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 のそれぞれにおける d 軸と、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれにおける d 軸とは、周方向にずれている。

10

## 【 0 0 7 7 】

この構成によれば、外部マグネットトルク  $T_{mb}$  が最大となる電流位相と、リラクタンストルク  $T_r$  および内部マグネットトルク  $T_{ma}$  を合算したトルクが最大となる電流位相とが一致するように、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 における d 軸と第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 における d 軸とをずらすことで、総合トルク  $T_t$  の最大トルクを増大させることができる。そのため、モータ 100 の出力効率を向上させることができる。つまり、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 を設けることでマグネットトルクを増大させ、その増大させたマグネットトルクをモータ 100 の出力として効果的に活用することができる。

20

## 【 0 0 7 8 】

また、本開示の技術の第 2 の側面に係るロータ 1 は、第 1 の側面に係るロータ 1 において、複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 は、周方向に繋がっている。

## 【 0 0 7 9 】

この構成によれば、例えば第 3 永久磁石 4 3 と第 4 永久磁石 4 4 とが分断される場合に比べて、第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 の表面積ないし体積を稼ぐことができる。そのため、外部マグネットトルク  $T_{mb}$  をより増大させることができる。したがって、モータ 31 の出力が向上する。

30

## 【 0 0 8 0 】

また、本開示の技術の第 3 の側面に係るロータ 1 は、第 1 または第 2 の側面に係るロータ 1 において、複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 は、ロータ本体 2 の回転軸 A の方向における両端面に設けられている。

## 【 0 0 8 1 】

この構成によれば、複数の第 3 永久磁石 4 3 および複数の第 4 永久磁石 4 4 が、ロータコア 3 の両方の端面 3 a に設けられるので、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 がロータコア 3 から抜け出ることを第 3 永久磁石 4 3 および第 4 永久磁石 4 4 によって確実に防止することができる。

40

## 【 0 0 8 2 】

また、本開示の技術の第 4 の側面に係るロータ 1 は、第 1 乃至第 3 の側面の何れか 1 つに係るロータ 1 において、複数の第 3 永久磁石 4 3 のそれぞれは、第 1 永久磁石 4 1 の回転軸 A の方向における端面 4 1 a と繋がっており、複数の第 4 永久磁石 4 4 のそれぞれは、第 2 永久磁石 4 2 の回転軸 A の方向における端面 4 2 a と繋がっている。

## 【 0 0 8 3 】

この構成によれば、第 1 永久磁石 4 1 および第 2 永久磁石 4 2 がロータコア 3 から抜け出ることをより確実に阻止することができる。

## 【 0 0 8 4 】

50

また、本開示の技術の第5の側面に係るロータ1は、第1乃至第4の側面の何れか1つに係るロータ1において、第3永久磁石43および第4永久磁石44のそれぞれの磁化方向は、回転軸Aを中心とする径方向外側に向かうに従ってロータ本体2側に傾く方向に設定されている。

【0085】

この構成によれば、ステータ6の高さhを低くすることができる。つまり、第3永久磁石43および第4永久磁石44の磁化方向を回転軸Aに直交する方向に設定した場合、ステータ6の高さは、通常、ロータコア3の高さに第3永久磁石43および第4永久磁石44の厚さを加えた長さが必要となるが、この技術によれば、ステータ6の高さhを例えばロータコア3と同程度の高さまで低くすることが可能である。そのため、モータ100の出力をそれ程低下させることなく、モータ100の小型化を図ることができる。

10

【0086】

また、本開示の技術の第6の側面に係るロータ1は、第1乃至第5の側面の何れか1つに係るロータ1において、第1永久磁石41、第2永久磁石42、第3永久磁石43および第4永久磁石44は、ボンド磁石である。

【0087】

この構成によれば、第1永久磁石41等を所望の形状に形成しやすい。特に、第3永久磁石43を第1永久磁石41の端面41aと繋げ、第4永久磁石44を第2永久磁石42の端面42aと繋げるという形態を採用する場合などにおいては有効である。

【0088】

また、本開示の技術の第7の側面に係るモータ100は、円筒状のステータ6と、ステータ6の内側に配置される第1乃至第6の側面の何れか1つに係るロータ1とを備えている。

20

【0089】

この構成によれば、第1の側面に係るロータ1と同様、モータ100の出力効率を向上させることができる。

【符号の説明】

【0090】

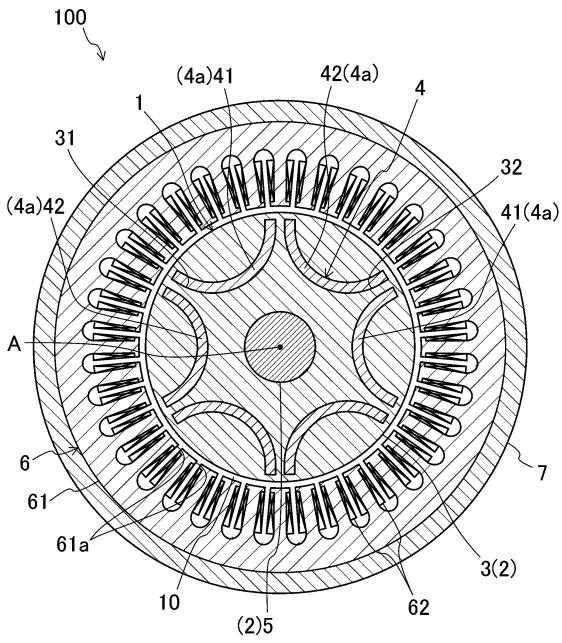
- 100     モータ
- 1       ロータ
- 2       ロータ本体
- 3       ロータコア（ロータ本体）
- 3a      端面
- 41      第1永久磁石
- 41a     端面
- 42      第2永久磁石
- 42a     端面
- 43      第3永久磁石
- 44      第4永久磁石
- 6       ステータ
- A       回転軸

30

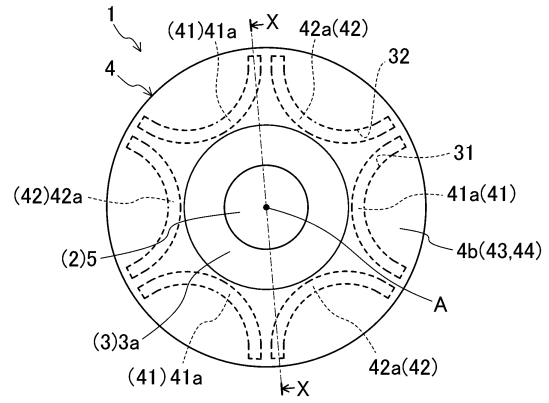
40

【図面】

【図 1】



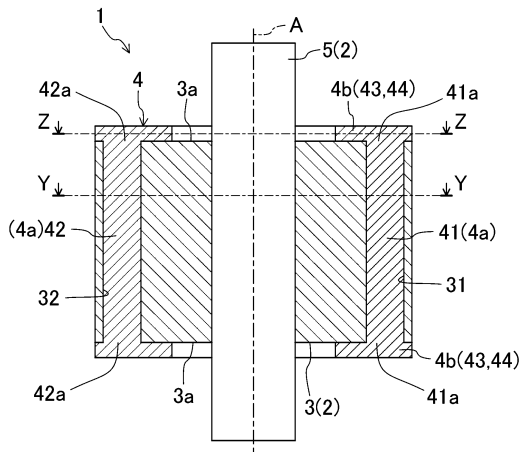
【図 2】



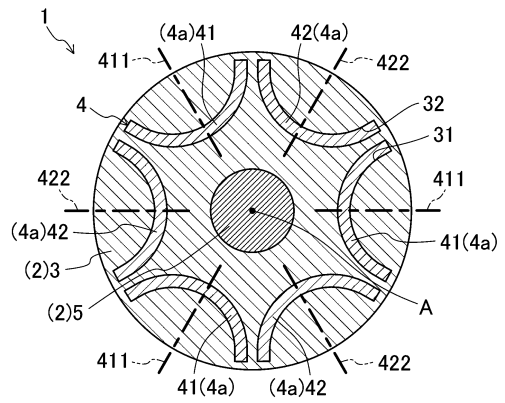
10

20

【図 3】



【図 4】



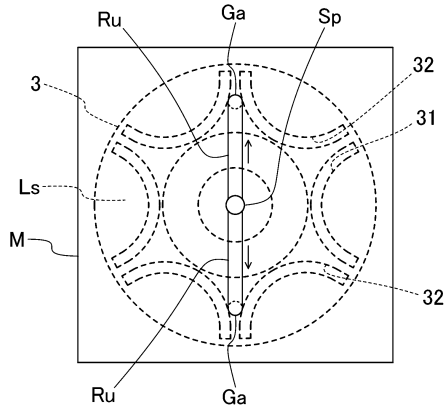
30

40

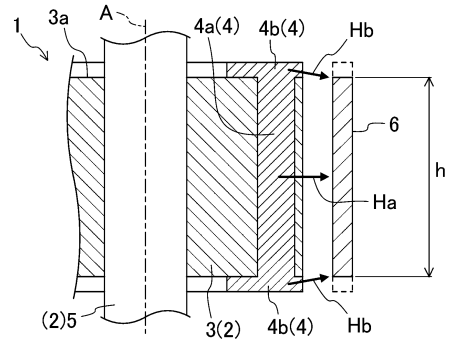
50



【 9 】

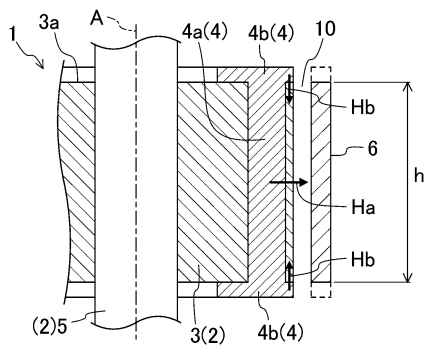


【 1 0 】



10

【 1 1 】



20

30

40

50

---

フロントページの続き

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内

審査官 若林 治男

(56)参考文献 特開2018-113769(JP,A)

特開平10-112945(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H02K 1/276