

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7442688号
(P7442688)

(45)発行日 令和6年3月4日(2024.3.4)

(24)登録日 令和6年2月22日(2024.2.22)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 K 1/278(2022.01) H 0 2 K 1/278

請求項の数 17 (全25頁)

(21)出願番号	特願2022-574952(P2022-574952)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年1月14日(2021.1.14)	(74)代理人	100116964 弁理士 山形 洋一
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/001058	(74)代理人	100120477 弁理士 佐藤 賢改
(87)国際公開番号	WO2022/153441	(74)代理人	100135921 弁理士 篠原 昌彦
(87)国際公開日	令和4年7月21日(2022.7.21)	(74)代理人	100203677 弁理士 山口 力
審査請求日	令和5年5月8日(2023.5.8)	(72)発明者	渡邊 隆徳 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		(72)発明者	岩城 佑

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回転子、電動機、送風機及び空気調和装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸と、
前記回転軸に支持された回転子本体と
を有し、
前記回転子本体は、第1のボンド磁石と、複数の第2のボンド磁石とを有し、
前記第1のボンド磁石は、円筒状の磁石本体と、前記磁石本体の径方向の外向きの面である第1の外周面に設けられて前記回転軸の軸方向に長い複数の長溝とを有し、
前記複数の長溝の各長溝は、
前記軸方向に長い第1の溝部と、
前記第1の溝部の幅方向の外側に広がり、前記第1の溝部より浅い第2の溝部と
を有し、
前記第1の溝部は、
前記径方向の外向きの底面である第1の面と、
前記第1の面に連結され、互いに向き合う側面である第2の面と
を有し、
前記第2の溝部は、前記第2の面の前記第1の外周面側の端部に連結された第3の面を
有し、
前記複数の第2のボンド磁石は、前記複数の長溝内を埋めるように配置されている
回転子。

【請求項 2】

前記第 3 の面は、前記第 2 の溝部の底面であり、
前記第 2 の溝部は、前記第 1 の溝部から離れるほど浅くなる
請求項 1 に記載の回転子。

【請求項 3】

前記互いに向き合う前記第 2 の面の間隔は、前記第 1 の面から離れるほど狭くなる
請求項 1 又は 2 に記載の回転子。

【請求項 4】

前記第 3 の面の前記幅方向の長さは、前記第 1 の外周面の前記幅方向の長さより短い
請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の回転子。

10

【請求項 5】

前記第 1 のボンド磁石の前記第 1 の外周面と前記第 2 のボンド磁石の前記径方向の外向きの面である第 2 の外周面とは、面一に形成されている
請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の回転子。

【請求項 6】

前記複数の長溝のうちの隣接する 2 つの長溝の前記第 1 の外周面を挟んで配置された 2 つの第 2 の面は、

前記回転軸に近い端部である第 1 の端部と、
前記回転軸から遠い端部である第 2 の端部と
を有し、

20

前記 2 つの第 2 の面は、

前記回転軸の軸線と前記第 1 の端部とを結ぶ 2 つの面に挟まれる中心角である第 1 の角度を θ_1 とし、

前記軸線と前記第 2 の端部とを結ぶ 2 つの面に挟まれる中心角である第 2 の角度を θ_2 としたときに、

$$\theta_1 < \theta_2$$

を満たす形状を有する

請求項 1 に記載の回転子。

【請求項 7】

前記回転子の極数は、 $2n$ (n は、1 以上の整数) であり、

30

前記軸線と前記第 2 の端部とを結ぶ面と、前記第 2 の面とがなす角度のうち前記径方向の内側の角度である第 3 の角度を θ_3 、

としたとき、

$$\theta_3 > (360^\circ / (2 \cdot 2n)) - (\theta_2 / 2)$$

である

請求項 6 に記載の回転子。

【請求項 8】

回転軸と、

前記回転軸支持された回転子本体と

を有し、

40

前記回転子本体は、第 1 のボンド磁石と、複数の第 2 のボンド磁石とを有し、

前記第 1 のボンド磁石は、

円筒状の磁石本体と、

前記磁石本体の径方向の外向きの面である第 1 の外周面に設けられて前記回転軸の軸方向に長い複数の長溝と、

前記軸方向の第 1 の端部から前記軸方向の一方に向けて凹む第 1 の段差部と

を有し、

前記複数の長溝の各長溝は、

前記軸方向に長い第 1 の溝部と、

前記第 1 の溝部の幅方向の外側に広がり、前記第 1 の溝部より浅い第 2 の溝部と

50

を有し、

前記複数の第2のボンド磁石は、前記複数の長溝内を埋めるように配置され、

前記複数の第2のボンド磁石の各第2のボンド磁石は、前記第1の段差部と接合される第1の張り出し部を有する

回転子。

【請求項9】

前記第1のボンド磁石は、前記軸方向の前記第1の端部の反対側の第2の端部から前記軸方向の他方に向けて凹む第2の段差部を更に有し、

前記第2のボンド磁石は、前記第2の段差部と接合される第2の張り出し部を更に有する請求項8に記載の回転子。

10

【請求項10】

前記第1のボンド磁石及び前記第2のボンド磁石のそれぞれの前記軸方向の端面を覆うように配置された第1の樹脂部を更に有する

請求項1から9のいずれか1項に記載の回転子。

【請求項11】

前記回転軸と前記第1のボンド磁石とを連結する第2の樹脂部を更に有し、

前記第2の樹脂部は、前記第1の樹脂部と一体に形成されている

請求項10に記載の回転子。

【請求項12】

前記第1のボンド磁石及び前記第2のボンド磁石はそれぞれ、極異方性を有する

請求項1から11のいずれか1項に記載の回転子。

20

【請求項13】

前記第2のボンド磁石の磁極の強さは、前記第1のボンド磁石の磁極の強さより大きい

請求項1から12のいずれか1項に記載の回転子。

【請求項14】

前記第1のボンド磁石は、フェライトボンド磁石であり、

前記第2のボンド磁石は、希土類ボンド磁石である

請求項1から13のいずれか1項に記載の回転子。

【請求項15】

請求項1から14のいずれか1項に記載の前記回転子と、

固定子と

を有する電動機。

30

【請求項16】

請求項15に記載の前記電動機と、

前記電動機によって駆動される羽根車と

を有する送風機。

【請求項17】

室内機と、

前記室内機に接続される室外機と

を有し、

前記室内機及び前記室外機のうちの少なくとも一方は、請求項15に記載の前記電動機を有する

40

空気調和装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、回転子、電動機、送風機及び空気調和装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動機に用いられる回転子において、回転軸に支持された回転子本体が、磁気特性の異

50

なる2種類のボンド磁石を有する構成が知られている。例えば、特許文献1～3を参照。

【0003】

特許文献1及び2に記載の回転子本体は、第1のボンド磁石としてのフェライトボンド磁石と、第1のボンド磁石の外側に配置された第2のボンド磁石としての希土類ボンド磁石とを有する。軸方向に見たときの特許文献1及び2の希土類ボンド磁石の形状は、環状である。

【0004】

特許文献3に記載の回転子本体は、フェライトボンド磁石と、フェライトボンド磁石に支持されて且つ周方向に分割された複数の希土類ボンド磁石とを有している。そのため、特許文献3の回転子のコストは、特許文献1及び2の回転子のコストより低減される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2005-151757号公報

【文献】特開2011-87393号公報

【文献】特開2007-208104号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献3に記載の回転子では、第1のボンド磁石の線膨張係数と第2のボンド磁石の線膨張係数との違いによって、温度変化が生じたときに第1のボンド磁石と第2のボンド磁石との界面から第2のボンド磁石が剥離するおそれがある。また、回転中に回転子本体に作用する遠心力によって、前記界面から当該第2のボンド磁石が剥離するおそれもある。

20

【0007】

本開示は、第2のボンド磁石の剥離を防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の一態様に係る回転子は、回転軸と、前記回転軸に支持された回転子本体とを有し、前記回転子本体は、第1のボンド磁石と、複数の第2のボンド磁石とを有し、前記第1のボンド磁石は、円筒状の磁石本体と、前記磁石本体の径方向の外向きの面である第1の外周面に設けられて前記回転軸の軸方向に長い複数の長溝とを有し、前記複数の長溝の各長溝は、前記軸方向に長い第1の溝部と、前記第1の溝部の幅方向の外側に広がり、前記第1の溝部より浅い第2の溝部とを有し、前記複数の第2のボンド磁石は、前記複数の長溝内を埋めるように配置されている。

30

本開示の他の態様に係る回転子は、回転軸と、前記回転軸支持された回転子本体とを有し、前記回転子本体は、第1のボンド磁石と、複数の第2のボンド磁石とを有し、前記第1のボンド磁石は、円筒状の磁石本体と、前記磁石本体の径方向の外向きの面である第1の外周面に設けられて前記回転軸の軸方向に長い複数の長溝と、前記軸方向の第1の端部から前記軸方向の一方に向けて凹む第1の段差部とを有し、前記複数の長溝の各長溝は、前記軸方向に長い第1の溝部と、前記第1の溝部の幅方向の外側に広がり、前記第1の溝部より浅い第2の溝部とを有し、前記複数の第2のボンド磁石は、前記複数の長溝内を埋めるように配置され、前記複数の第2のボンド磁石の各第2のボンド磁石は、前記第1の段差部と接合される第1の張り出し部を有する。

40

【発明の効果】

【0009】

本開示によれば、第2のボンド磁石の剥離を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係る電動機の構成を示す平面図である。

50

【図 2】図 1 に示される電動機の構成を示す側面図である。

【図 3】図 1 に示される回転子の構成を示す拡大平面図である。

【図 4】図 1 に示される回転子の構成を示す断面図である。

【図 5】図 3 に示されるフェライトボンド磁石の構成を示す平面図である。

【図 6】(A) は、比較例 1 に係る回転子の構成を示す平面図である。(B) は、比較例 1 に係る回転子の構成を示す側面図である。

【図 7】(A) は、比較例 2 に係る回転子の構成を示す平面図である。(B) は、比較例 2 に係る回転子の構成を示す側面図である。

【図 8】比較例 1 に係る回転子の表面磁束密度の分布、及び比較例 2 に係る回転子の表面磁束密度の分布を示すグラフである。

10

【図 9】図 3 に示される回転子の構成の一部を示す拡大平面図である。

【図 10】図 9 に示される隣接する 2 つの希土類ボンド磁石の周辺の構成を示す拡大平面図である。

【図 11】実施の形態 1 に係る回転子の製造工程を示すフローチャートである。

【図 12】実施の形態 1 に係る回転子の回転子本体の製造工程を示すフローチャートである。

【図 13】実施の形態 2 に係る回転子の構成の一部を示す平面図である。

【図 14】実施の形態 3 に係る回転子の構成を示す断面図である。

【図 15】実施の形態 3 に係る回転子の構成を示す平面図である。

【図 16】実施の形態 4 に係る回転子の構成を示す平面図である。

20

【図 17】実施の形態 4 に係る回転子の構成を示す側面図である。

【図 18】図 16 に示される回転子を A 18 - A 18 線で切断した断面図である。

【図 19】実施の形態 4 の変形例に係る回転子の構成を示す平面図である。

【図 20】図 19 に示される回転子を A 20 - A 20 線で切断した断面図である。

【図 21】実施の形態 5 に係る送風機の構成を概略的に示す図である。

【図 22】実施の形態 6 に係る空気調和装置の構成を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本開示の実施の形態に係る回転子、電動機、送風機及び空気調和装置を、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、実施の形態を適宜組み合わせること及び各実施の形態を適宜変更することが可能である。

30

【0012】

図面相互の関係を理解し易くするために、各図には、 x y z 直交座標系が示されている場合がある。 z 軸は、回転子の軸線 C に平行な座標軸である。 x 軸は、 z 軸に直交する座標軸である。 y 軸は、 x 軸及び z 軸の両方に直交する座標軸である。

【0013】

《実施の形態 1》

図 1 は、実施の形態 1 に係る電動機 100 の構成を示す平面図である。図 2 は、図 1 に示される電動機 100 の構成を示す側面図である。図 1 及び 2 に示されるように、電動機 100 は、回転子 1 と、固定子 9 とを有する。回転子 1 は、固定子 9 の内側に配置されている。つまり、電動機 100 は、インナロータ型の電動機である。回転子 1 と固定子 9 との間には、エアギャップ G が形成されている。エアギャップ G は、例えば、0.5 mm の空隙である。電動機 100 は、例えば、永久磁石同期電動機である。

40

【0014】

回転子 1 は、回転軸としてのシャフト 10 を有する。シャフト 10 は、 z 軸方向に伸びている。以下の説明では、 z 軸方向を「軸方向」とも呼ぶ。また、シャフト 10 の軸線 C を中心とする円の円周に沿った方向（例えば、図 1 において矢印によって示される周方向 R）を「周方向」、 z 軸方向に直交して軸線 C を通る直線方向を「径方向」と呼ぶ。

【0015】

固定子

50

固定子 9 は、固定子鉄心 9 1 と、固定子鉄心 9 1 に巻き付けられたコイル 9 2 とを有する。固定子鉄心 9 1 は、軸線 C を中心とする環状のヨーク 9 1 a と、ヨーク 9 1 a から径方向の内側に伸びる複数のティース 9 1 b とを有する。複数のティース 9 1 b は、周方向 R に等角度の間隔で配置されている。ティース 9 1 b は、エアギャップ G を介して回転子 1 の外周面 1 a に対向している。図 1 に示す例では、ティース 9 1 b の個数は 12 個である。なお、ティース 9 1 b の個数は 12 個に限らず、任意の個数に設定されていてもよい。

【0016】

回転子

以下では、回転子 1 の構成の詳細について説明する。図 3 は、図 1 に示される回転子 1 の構成を示す拡大平面図である。図 4 は、図 1 に示される回転子 1 の構成を示す断面図である。図 2 ~ 4 に示されるように、回転子 1 は、シャフト 10 に支持された回転子本体 50 を有する。回転子本体 50 は、第 1 のボンド磁石としてのフェライトボンド磁石 20 と、複数の第 2 のボンド磁石としての複数の希土類ボンド磁石 31 とを有する。

10

【0017】

図 2 に示されるように、実施の形態 1 では、回転子 1 の回転子本体 50 の z 軸方向の長さ L_1 は、固定子 9 の固定子鉄心 9 1 の z 軸方向の長さ L_9 より長い。これにより、回転子本体 50 のボンド磁石（つまり、フェライトボンド磁石 20 及び希土類ボンド磁石 31）から固定子 9 のコイル 9 2 に流れる鎖交磁束の磁束量を増加させることができる。

【0018】

フェライトボンド磁石 20 は、シャフト 10 に支持されている。フェライトボンド磁石 20 は、フェライト磁石と樹脂とを含む。フェライトボンド磁石 20 に含まれる樹脂は、例えば、ナイロン樹脂、PPS (Poly Phenylene Sulfide) 樹脂、エポキシ樹脂などである。

20

【0019】

複数の希土類ボンド磁石 31 は、フェライトボンド磁石 20 に支持されている。希土類ボンド磁石 31 は、希土類磁石と樹脂とを含む。希土類磁石は、例えば、ネオジウム (Nd)、鉄 (Fe) 及びホウ素 (B) を含むネオジウム磁石、又はサマリウム (Sm)、Fe 及び窒素 (N) を含むサマリウム鉄窒素磁石などである。希土類ボンド磁石 31 に含まれる樹脂は、フェライトボンド磁石 20 に含まれる樹脂と同様に、例えば、ナイロン樹脂、PPS 樹脂、エポキシ樹脂などである。

30

【0020】

希土類ボンド磁石 31 の磁極の強さ（つまり、磁気量）は、フェライトボンド磁石 20 の磁極の強さと異なる。具体的には、希土類ボンド磁石 31 は、フェライトボンド磁石 20 の磁極より強い磁極を有する。言い換えれば、希土類ボンド磁石 31 の磁力は、フェライトボンド磁石 20 の磁力より大きい。また、希土類ボンド磁石 31 の線膨張係数は、フェライトボンド磁石 20 の線膨張係数と異なる。

【0021】

図 3 に示されるように、フェライトボンド磁石 20 は、樹脂部 60 を介在させてシャフト 10 に支持されている。樹脂部 60 は、例えば、不飽和ポリエステル樹脂から形成されている。

40

【0022】

樹脂部 60 は、内筒部 61 と、外筒部 62 と、複数（実施の形態 1 では、4 つ）のリブ 63 とを有する。内筒部 61 は円筒状であり、シャフト 10 の外周面 10 a に固定されている。外筒部 62 は円筒状であり、フェライトボンド磁石 20 の内周面に固定されている。複数のリブ 63 は、内筒部 61 と外筒部 62 とを接続している。複数のリブ 63 は、内筒部 61 の外周から径方向の外側に放射状に伸びている。複数のリブ 63 は、周方向 R に等角度の位置に配置されている。なお、フェライトボンド磁石 20 は、樹脂部 60 を介在させずにシャフト 10 に直接固定されていてもよい。

【0023】

図 5 は、図 3 に示されるフェライトボンド磁石 20 の構成を示す平面図である。図 5 に

50

示されるように、 x y 平面に平行なフェライトボンド磁石 20 の平面形状は、軸線 C を中心とする環状である。フェライトボンド磁石 20 の外周面は、回転子 1 の外周面 1 a (図 1 参照) の一部を形成する。

【0024】

フェライトボンド磁石 20 は、円筒状の磁石本体 21 と、 z 軸方向に長い複数の長溝 23 とを有する。複数の長溝 23 は、磁石本体 21 の径方向の外向きの面である第 1 の外周面としての外周面 22 a に設けられている。

【0025】

複数の長溝 23 は、周方向 R に間隔をあけて配置されている。図 5 に示す例では、複数の長溝 23 は、周方向 R に等角度の位置に配置されている。フェライトボンド磁石 20 が磁石本体 21 の外周面から径方向の外側に突出する複数の凸部 22 を有していることにより、複数の長溝 23 が形成されている。複数の長溝 23 内には、複数の希土類ボンド磁石 31 がそれぞれ配置されている。

10

【0026】

フェライトボンド磁石 20 は、極異方性を有するように配向されている。これにより、複数の長溝 23 は、S 極の長溝 231 と、N 極の長溝 232 とを有する。つまり、周方向 R に隣接する複数の長溝 231、232 は、互いに極性が異なる磁極を有する。図 5 に示される円弧状の矢印 F2 は、フェライトボンド磁石 20 における磁束の向きを示している。S 極の長溝 231 の径方向の外側から流れ込んだ磁束が周方向 R に隣接する N 極の長溝 232 へと進む。そのため、回転子 1 (図 2 参照) は、フェライトボンド磁石 20 より径方向の内側に磁路を構成する回転子鉄心を必要としない。これにより、回転子 1 における部品点数を削減することができ、且つ回転子 1 を軽量化することができる。

20

【0027】

図 3 に示されるように、複数の希土類ボンド磁石 31 は、周方向 R に間隔をあけて配置されている。複数の希土類ボンド磁石 31 のそれぞれの径方向の外向きの面である外周面 (つまり、後述する図 9 に示される外周面 31 a) は、回転子 1 の外周面 1 a (図 1 参照) の一部を形成している。希土類ボンド磁石 31 の外周面及び内周面は、同心円状に位置している。そのため、希土類ボンド磁石 31 の径方向の厚みは、周方向 R において、一定である。

【0028】

複数の希土類ボンド磁石 31 はそれぞれ、極異方性を有するように配向されている。周方向 R に隣接する複数の希土類ボンド磁石 31 は、互いに極性が異なる磁極を有する。図 3 に示される円弧状の矢印 F1 は、希土類ボンド磁石 31 における磁束の向きを示している。S 極の希土類ボンド磁石 31 の径方向の外側から流れ込んだ磁束が、周方向 R に隣接する N 極の希土類ボンド磁石 31 へと進む。実施の形態 1 では、希土類ボンド磁石 31 は 8 個の希土類ボンド磁石 31 を有するため、回転子 1 は 8 個の磁極を有する。なお、回転子 1 の極数は 8 個に限らず、 $2n$ 個以上であればよい。ここで、 n は、1 以上の整数である。

30

【0029】

希土類ボンド磁石 31 は、フェライトボンド磁石 20 と接合されている。実施の形態 1 では、フェライトボンド磁石 20 及び希土類ボンド磁石 31 が一体成形 (「2色成形」ともいう) されることによって、希土類ボンド磁石 31 は、長溝 23 内を埋めるように配置されている。実施の形態 1 では、希土類ボンド磁石 31 がフェライトボンド磁石 20 の長溝 23 と接合されている。

40

【0030】

以下の説明において、フェライトボンド磁石 20 及び希土類ボンド磁石 31 が一体成形されるとは、予め製造されたフェライトボンド磁石 20 を金型に配置した状態で希土類ボンド磁石 31 を成形することである。これにより、予め製造した複数の希土類ボンド磁石 31 を金型に配置した状態でフェライトボンド磁石 20 を成型する製造工程と比較して、実施の形態 1 では、複数の希土類ボンド磁石 31 を 1 つずつ金型に配置する作業が不要と

50

なる。そのため、回転子本体 50 の生産性を向上させることができる。

【0031】

次に、実施の形態 1 に係る回転子 1 のコストについて、比較例 1 に係る回転子 101a と対比しながら説明する。図 6 (A) は、比較例 1 に係る回転子 101a の構成を示す平面図である。図 6 (B) は、比較例 1 に係る回転子 101a の構成を示す側面図である。なお、図 6 (A) 及び (B) では、シャフト 10 の図示が省略されている。

【0032】

図 6 (A) 及び (B) に示されるように、回転子 101a では、環状のフェライトボンド磁石 120a の外周面 120c に、環状の希土類ボンド磁石 130a が配置されている。つまり、回転子 101a では、回転子 101a の外周面 101c の全てが、希土類ボンド磁石 130a によって形成されている。

10

【0033】

これに対し、上述した図 2 に示されるように、実施の形態 1 では、回転子 1 の外周面 1a は、フェライトボンド磁石 20 の外周面及び複数の希土類ボンド磁石 31 のそれぞれの外周面によって形成されている。これにより、回転子 1 では、回転子 101a と比べて、希土類ボンド磁石 31 の使用量を削減することができる。具体的には、回転子 1 では、回転子 101a と比べて、希土類ボンド磁石 31 の使用量を約 20% 削減することができる。

【0034】

また、希土類ボンド磁石 31 は、フェライトボンド磁石 20 に比べて、高価である。例えば、希土類ボンド磁石 31 の材料単価は、フェライトボンド磁石 20 の材料単価の 10 倍以上である。そのため、回転子 1 の外周面 1a が、フェライトボンド磁石 20 の外周面及び複数の希土類ボンド磁石 31 のそれぞれの外周面によって形成されていることで、希土類ボンド磁石 31 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを削減することができる。

20

【0035】

次に、実施の形態 1 に係る回転子 1 の表面磁束密度について、比較例 1 に係る回転子 101a 及び比較例 2 に係る回転子 101b と対比しながら説明する。図 7 (A) は、比較例 2 に係る回転子 101b の構成を示す平面図である。図 7 (B) は、比較例 2 に係る回転子 101b の構成を示す側面図である。なお、図 7 (A) 及び (B) では、シャフト 10 の図示が省略されている。

30

【0036】

図 7 (A) 及び (B) に示されるように、回転子 101b は、フェライトボンド磁石 120b と、複数の希土類ボンド磁石 131b とを有する。複数の希土類ボンド磁石 131b は、周方向 R に間隔をあけて配置されている。よって、回転子 101b の希土類ボンド磁石 131b の使用量は、回転子 101a の希土類ボンド磁石 130a の使用量と相違する。

【0037】

図 8 は、比較例 1 に係る回転子 101a の表面磁束密度の分布と、比較例 2 に係る回転子 101b の表面磁束密度の分布とを示すグラフである。図 8 において、横軸は、回転子 101a の外周面 101c 又は回転子 101b の外周面 101d における周方向 R の位置 [度] を示し、縦軸は、表面磁束密度 [a.u.] を示す。また、図 8 において、破線は比較例 1 に係る回転子 101a の表面磁束密度の分布を示し、実線は比較例 2 に係る回転子 101b の表面磁束密度の分布を示す。

40

【0038】

図 8 に示されるように、回転子 101a の表面磁束密度の分布は、均一な正弦波の波形 S1 によって表される。これに対して、回転子 101b の表面磁束密度の分布も、概ね均一な略正弦波の波形 S2 によって表される。つまり、回転子 101a と比較して、回転子 101b では、周方向 R において、表面磁束密度の急激な変化が抑えられている。

【0039】

上述したように、実施の形態 1 に係る回転子 1 も、回転子 101b と同様に、周方向 R

50

に間隔をあけて配置された複数の希土類ボンド磁石 3 1 を有するため、回転子 1 の表面磁束密度の分布も、概ね均一な正弦波の波形（図示しない）によって表される。

【 0 0 4 0 】

ここで、比較例 2 に係る回転子 1 0 1 b の製造工程では、予め製造されたフェライトボンド磁石 1 2 0 b が金型に配置された状態で、希土類ボンド磁石 1 3 1 b が成形される。このとき、フェライトボンド磁石 1 2 0 b の外周面と金型との間の微小な隙間に、希土類ボンド磁石 1 3 1 b の原料に含まれる樹脂が流入することによって、フェライトボンド磁石 1 2 0 b の外周面に薄肉の樹脂（以下、「バリ」ともいう）が形成される場合がある。回転中に作用する遠心力によって、フェライトボンド磁石 1 2 0 b の外周面から当該バリが脱落すると、回転子 1 0 1 b を有する電動機の信頼性が低下するおそれがある。また、希土類ボンド磁石 1 3 1 b の線膨張係数はフェライトボンド磁石 1 2 0 b の線膨張係数と異なるため、温度変化によって、バリの割れが発生するおそれもある。バリが割れると、回転中に当該バリが剥離するおそれもある。

10

【 0 0 4 1 】

以下では、図 9 及び 1 0 を用いて実施の形態 1 に係る回転子 1 において、希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を防止するための構成について説明する。図 9 は、図 3 に示される回転子 1 の構成の一部を示す拡大平面図である。図 1 0 は、図 9 に示される隣接する 2 つの希土類ボンド磁石 3 1 の周辺の構成を示す拡大平面図である。図 9 及び 1 0 に示されるように、フェライトボンド磁石 2 0 の長溝 2 3 は、z 軸方向に長い第 1 の溝部 4 1 と、第 1 の溝部 4 1 の幅方向の外側に広がり、第 1 の溝部 4 1 より浅い第 2 の溝部 4 2 とを有する。

20

【 0 0 4 2 】

第 1 の溝部 4 1 は、例えば、平面視で、略 U 字状である。第 1 の溝部 4 1 は、第 1 の面 2 3 a と、第 2 の面 2 3 b とを有する。第 1 の面 2 3 a は、フェライトボンド磁石 2 0 の径方向の外向きの底面である。第 2 の面 2 3 b は、第 1 の面 2 3 a に連結され、互いに向き合う側面である。第 2 の面 2 3 b は、第 1 の面 2 3 a の幅方向の両端から径方向の外側に向けて伸びている。

【 0 0 4 3 】

第 2 の溝部 4 2 は、第 2 の溝部 4 2 の底面である第 3 の面 2 3 c を有する。第 3 の面 2 3 c は、第 2 の面 2 3 b の外周面 2 2 a 側の第 2 の端部 2 3 d に連結されている。第 3 の面 2 3 c は、長溝 2 3 の幅が広がるように、第 2 の面 2 3 b の径方向の外側の第 2 の端部 2 3 d から長溝 2 3 の幅方向に伸びている。

30

【 0 0 4 4 】

第 3 の面 2 3 c は、フェライトボンド磁石 2 0 の外周面 2 2 a の周方向 R の両端から希土類ボンド磁石 3 1 の極中心 P に向けて伸び、極中心 P に近づくほど径方向の内側に傾斜している。これにより、フェライトボンド磁石 2 0 は、平面視で、略花弁型形状である。なお、第 3 の面 2 3 c は、外周面 2 2 a の両端から極中心 P に向けて湾曲しながら伸びていてもよい。

【 0 0 4 5 】

複数の希土類ボンド磁石 3 1 は、複数の長溝 2 3 内を埋めるように配置されている。言い換えれば、希土類ボンド磁石 3 1 は、第 1 の面 2 3 a、第 2 の面 2 3 b 及び第 3 の面 2 3 c に密着するように接合されている。これにより、図 7 (A) 及び (B) に示される比較例 2 に係る回転子 1 0 1 b の希土類ボンド磁石 1 3 1 b と比較して、希土類ボンド磁石 3 1 は第 3 の面 2 3 c と接合された部分を有している。希土類ボンド磁石 3 1 のうち第 3 の面 2 3 c と接合される部分の肉厚は、上述したバリの肉厚より厚い。そのため、フェライトボンド磁石 2 0 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合強度が向上する。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を防止することができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、実施の形態 1 では、第 2 の溝部 4 2 は、第 1 の溝部 4 1 から離れるほど浅くなる。これにより、接合強度を確保しつつ、希土類ボンド磁石 3 1 のうち第 3 の面 2 3 c と接

50

合される部分の厚みが薄くできるため、希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減しつつ、希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を防止することができる。

【 0 0 4 7 】

また、実施の形態 1 では、互いに向き合う第 2 の面 2 3 b の間隔は、第 1 の面 2 3 a から離れるほど狭くなる。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 のうち第 1 の面 2 3 a 及び第 2 の面 2 3 b と接合される部分の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減することができる。なお、互いに向き合う第 2 の面 2 3 b は、径方向に平行に伸びていてもよい。

【 0 0 4 8 】

また、実施の形態 1 では、第 1 の外周面としてのフェライトボンド磁石 2 0 の外周面 2 2 a と第 2 の外周面としての希土類ボンド磁石 3 1 の外周面 3 1 a とは、面一に形成されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減することができる。

【 0 0 4 9 】

また、図 1 0 に示されるように、複数の長溝 2 3 のうちの隣接する 2 つの長溝 2 3 の外周面 2 2 a を挟んで配置された 2 つの第 2 の面 2 3 b は、シャフト 1 0 に近い端部である第 1 の端部 2 3 e と、シャフト 1 0 から遠い端部である第 2 の端部 2 3 d とを有する。ここで、シャフト 1 0 の軸線 C と第 1 の端部 2 3 e とを結ぶ 2 つの面 B 1、B 2 に挟まれる中心角である第 1 の角度 θ_1 、軸線 C と第 2 の端部 2 3 d とを結ぶ 2 つの面 B 3、B 4 に挟まれる中心角である第 2 の角度 θ_2 としたときに、第 1 の角度 θ_1 は、第 2 の角度 θ_2 より小さい。つまり、第 1 の角度 θ_1 及び第 2 の角度 θ_2 は、以下の式 (1) を満たす。

$$\theta_1 < \theta_2 \quad (1)$$

【 0 0 5 0 】

第 1 の角度 θ_1 及び第 2 の角度 θ_2 が式 (1) を満たすことにより、つまり、互いに向き合う 2 つの第 2 の面 2 3 b が式 (1) を満たす形状を有することにより、長溝 2 3 の幅は、径方向の外側から内側に向かうほど狭くなる。つまり、実施の形態 1 の長溝 2 3 は、アリ溝である。当該長溝 2 3 内に希土類ボンド磁石 3 1 が配置されることによって、長溝 2 3 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合面積が増加する。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 に示されるように、第 3 の面 2 3 c の幅方向の長さを W_1 、外周面 2 2 a の幅方向の長さを W_2 としたとき、長さ W_1 は長さ W_2 より短い。これにより、接合強度を確保しつつ、第 3 の面 2 3 c と接合される希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減しつつ、希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を防止することができる。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 1 を用いて回転子 1 の製造方法について、説明する。図 1 1 は、回転子 1 の製造工程を示すフローチャートである。回転子 1 の製造工程では、着磁器が用いられる。

【 0 0 5 3 】

ステップ S T 1 では、回転子本体 5 0 を形成する。なお、ステップ S T 1 の詳細については、後述する。

【 0 0 5 4 】

ステップ S T 2 では、回転子本体 5 0 をシャフト 1 0 に連結する。実施の形態 1 では、回転子本体 5 0 とシャフト 1 0 とが樹脂部 6 0 を介して一体化されることで、回転子本体 5 0 がシャフト 1 0 に連結される。

【 0 0 5 5 】

ステップ S T 3 では、例えば、着磁器を用いて、回転子本体 5 0 を着磁する。具体的には、フェライトボンド磁石 2 0 及び希土類ボンド磁石 3 1 が極異方性を有するように、フ

10

20

30

40

50

フェライトボンド磁石 20 及び希土類ボンド磁石 31 を着磁する。

【0056】

次に、図 12 を用いて回転子本体 50 を形成する工程（つまり、図 11 に示されるステップ ST1）の詳細について説明する。図 12 は、回転子本体 50 を形成する工程を示すフローチャートである。回転子本体 50 を形成する工程では、フェライトボンド磁石 20 を成形するための第 1 の金型と、希土類ボンド磁石 31 を成形するための第 2 の金型と、配向用の磁石とが用いられる。

【0057】

ステップ ST11 では、フェライトボンド磁石 20 を成形するための第 1 の金型の内部に、フェライトボンド磁石 20 の原料を充填する。フェライトボンド磁石 20 は、例えば、射出成形により成形される。なお、フェライトボンド磁石 20 は、射出成形に限らず押圧成形などの他の成形方法によって成形されてもよい。

10

【0058】

ステップ ST12 では、フェライトボンド磁石 20 を配向しつつ、予め決められた形状を有するフェライトボンド磁石 20 を成形する。ステップ ST12 では、例えば、配向用の磁石を用いて、第 1 の金型の内部に極異方性を有する磁場を発生させた状態で、フェライトボンド磁石 20 の原料を配向しつつ、フェライトボンド磁石 20 を成形する。これにより、極異方性を有するフェライトボンド磁石 20 が成形される。

【0059】

ステップ ST13 では、成形されたフェライトボンド磁石 20 を冷却する。

20

【0060】

ステップ ST14 では、フェライトボンド磁石 20 を第 1 の金型から取り出す。

【0061】

ステップ ST15 では、取り出されたフェライトボンド磁石 20 を脱磁する。

【0062】

ステップ ST16 では、希土類ボンド磁石 31 を射出成形するための第 2 の金型の内部に、フェライトボンド磁石 20 を配置する。

【0063】

ステップ ST17 では、第 2 の金型に配置されたフェライトボンド磁石 20 の長溝 23 に、希土類ボンド磁石 31 の原料を充填する。希土類ボンド磁石 31 は、例えば、射出成形により成形される。なお、希土類ボンド磁石 31 は、射出成形に限らず押圧成形などの他の成形方法によって成形されてもよい。

30

【0064】

ステップ ST18 では、希土類ボンド磁石 31 の原料を配向しつつ、予め決められた形状を有する希土類ボンド磁石 31 を成形する。ステップ ST18 では、例えば、配向用の磁石を用いて、第 2 の金型の内部に極異方性を有する磁場を発生させた状態で、希土類ボンド磁石 31 の原料を配向しつつ、希土類ボンド磁石 31 を成形する。これにより、フェライトボンド磁石 20 及び複数の希土類ボンド磁石 31 が一体成形された回転子本体 50 が形成される。

【0065】

ステップ ST19 では、ステップ ST18 において形成された回転子本体 50 を冷却する。

40

【0066】

ステップ ST20 では、第 2 の金型から冷却された回転子本体 50 を取り出す。

【0067】

ステップ ST21 では、ステップ ST20 において取り出された回転子本体 50 を脱磁する。

【0068】

実施の形態 1 の効果

以上に説明したように、実施の形態 1 によれば、フェライトボンド磁石 20 の複数の長

50

溝 2 3 の各長溝 2 3 は、z 軸方向に長い第 1 の溝部 4 1 と、第 1 の溝部 4 1 の幅方向の外側に広がり、当該第 1 の溝部 4 1 より浅い第 2 の溝部 4 2 とを有する。複数の希土類ボンド磁石 3 1 は、複数の長溝 2 3 内を埋めるように配置されている。これにより、フェライトボンド磁石 2 0 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合強度が向上する。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を防止することができる。

【 0 0 6 9 】

また、実施の形態 1 によれば、第 2 の溝部 4 2 は、第 1 の溝部 4 1 の側面である第 2 の面 2 3 b の外周面 2 2 a 側の第 2 の端部 2 3 d に連結された第 3 の面 2 3 c を有し、第 3 の面 2 3 c は第 1 の溝部 4 1 から離れるほど浅くなる。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 のうち第 3 の面 2 3 c と接合される部分の厚みが第 1 の溝部 4 1 から離れるほど薄くなるため、希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、実施の形態 1 によれば、回転子 1 のコストを低減しつつ、希土類ボンド磁石 3 1 の剥離及び脱落を防止することができる。

10

【 0 0 7 0 】

また、実施の形態 1 によれば、互いに向き合う第 2 の面 2 3 b の間隔は、第 1 の面 2 3 a から離れるほど狭くなる。これにより、第 2 の面 2 3 b が径方向に平行に伸びている構成と比較して、希土類ボンド磁石 3 1 のうち第 1 の面 2 3 a 及び第 2 の面 2 3 b と接合される部分の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減することができる。また、長溝 2 3 の幅が、径方向の外側から内側に向かうほど狭くなり、当該長溝 2 3 内に希土類ボンド磁石 3 1 が配置されることによって、長溝 2 3 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合強度が向上する。したがって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

20

【 0 0 7 1 】

また、実施の形態 1 によれば、上述した第 1 の角度 θ_1 が第 2 の角度 θ_2 より小さい。これにより、長溝 2 3 の幅は、径方向の外側から内側に向かうほど狭くなる。よって、当該長溝 2 3 内に希土類ボンド磁石 3 1 が配置されることによって、長溝 2 3 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合強度が向上する。したがって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

30

【 0 0 7 2 】

また、実施の形態 1 によれば、フェライトボンド磁石 2 0 の外周面 2 2 a と希土類ボンド磁石 3 1 の外周面 3 1 a とは、面一に形成されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減することができる。

【 0 0 7 3 】

また、実施の形態 1 によれば、第 3 の面 2 3 c の幅方向の長さ W_1 は、外周面 2 2 a の幅方向の長さ W_2 より短い。これにより、接合強度を確保しつつ、第 3 の面 2 3 c と接合される希土類ボンド磁石 3 1 の使用量を削減することができる。よって、回転子 1 のコストを低減しつつ、希土類ボンド磁石 3 1 の剥離及び脱落を防止することができる。

40

【 0 0 7 4 】

また、実施の形態 1 によれば、電動機 1 0 0 は、回転子 1 と、固定子 9 とを有する。上述したように、回転子 1 では、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落等が防止される。電動機 1 0 0 が当該回転子 1 を有していることにより、電動機 1 0 0 の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 7 5 】

《 実施の形態 2 》

図 1 3 は、実施の形態 2 に係る回転子 2 の構成の一部を示す平面図である。図 1 3 において、図 9 及び 1 0 に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図 9 及び 1 0

50

に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態 2 に係る回転子 2 は、フェライトボンド磁石 2 2 0 の形状の点で、実施の形態 1 に係る回転子 1 と相違する。これ以外の点については、実施の形態 2 に係る回転子 2 は、実施の形態 1 に係る回転子 1 と同じである。そのため、以下の説明では、図 9 及び 10 を参照する。

【0076】

図 13 に示されるように、回転子 2 の回転子本体は、フェライトボンド磁石 2 2 0 と、複数の希土類ボンド磁石 3 1 とを有する。フェライトボンド磁石 2 2 0 は、円筒状の磁石本体 2 2 1 と、磁石本体 2 2 1 の外周面 2 2 2 a に設けられて z 軸方向に長い複数の長溝 2 2 3 とを有する。複数の長溝 2 2 3 の各長溝 2 2 3 は、z 軸方向に長い第 1 の溝部 4 1 と、第 1 の溝部 4 1 の幅方向の外側に広がり、第 1 の溝部 4 1 より浅い第 2 の溝部 4 2 とを有する。

10

【0077】

第 1 の溝部 4 1 は、側面である第 2 の面 2 2 3 b を有する。第 2 の面 2 2 3 b は、第 1 の溝部 4 1 の径方向の外向き底面に連結されている。第 2 の溝部 4 2 は、底面である第 3 の面 2 2 3 c を有する。第 3 の面 2 2 3 c は、第 2 の面 2 2 3 b の外周面 2 2 2 a 側の端部に連結されている。

【0078】

ここで、回転子 2 は、 $2n$ (n は、1 以上の整数) 個の極数を有する。また、第 2 の面 2 2 3 b の外周面 2 2 2 a 側の端部とシャフト 10 の軸線 C とを結ぶ面 B 3 と、第 2 の面 2 2 3 b を含む平面である面 B 5 とがなす角度のうち径方向の内側の角度である第 3 の角

20

度を θ_3 としたとき、第 3 の角度 θ_3 は、以下の式 (2) を満たす。

$$\theta_3 > (360^\circ / (2 \cdot 2n)) - (\theta_2 / 2) \quad (2)$$

これにより、長溝 2 2 3 の幅が径方向の外側から内側に向かうほど狭くなり易くなる。つまり、長溝 2 2 3 がアリ溝になり易くなる。よって、希土類ボンド磁石 3 1 が長溝 2 2 3 内を埋めるように配置されることによって、長溝 2 2 3 に対する希土類ボンド磁石 3 1 の接合面積が増加する。したがって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

【0079】

ここで、上記の式 (2) の導出について説明する。図 13 に示される面 B 5 が、極中心 (例えば、図 9 に示される極中心 P) と軸線 C とを結ぶ直線に平行又は外周側に拡がる場合、長溝 2 2 3 がアリ溝にならない。そのため、回転中に作用する遠心力によって希土類ボンド磁石 3 1 が脱落し易くなる。極中心と軸線 C とを結ぶ直線と平行な直線を B 6、面 B 3 と直線 B 6 とがなす角度を θ_4 、極中心と極間部との間の角度を θ_5 としたとき、角度 θ_4 は以下の式 (3) を満たし、角度 θ_5 は以下の式 (4) を満たす。なお、式 (4) における n は、1 以上の整数である。

30

$$\theta_4 = \theta_5 - (\theta_2 / 2) \quad (3)$$

$$\theta_5 = 360^\circ / (2 \cdot 2n) \quad (4)$$

【0080】

式 (3) 及び式 (4) から、以下の式 (5) が導出される。

40

$$\theta_4 = (360^\circ / (2 \cdot 2n)) - (\theta_2 / 2) \quad (5)$$

角度 θ_4 が式 (5) を満たす場合、長溝 2 2 3 はアリ溝にならない。つまり、長溝 2 2 3 がアリ溝になるためには、角度 θ_4 が式 (5) の右辺の値より大きい必要がある。よって、面 B 3 と直線 B 6 とがなす第 3 の角度 θ_3 についての上記の式 (2) が導出される。

【0081】

実施の形態 2 の効果

以上に説明したように、実施の形態 2 によれば、長溝 2 2 3 の第 2 の面 2 2 3 b の径方向の外側の端部とシャフト 10 の軸線 C とを結ぶ面 B 3 と、第 2 の面 2 2 3 b を含む面 B 5 とがなす角度のうち径方向の内側の角度である第 3 の角度 θ_3 が、上述した式 (2) を満たしている。これにより、長溝 2 2 3 の幅が径方向の外側から内側に向かうほど狭くな

50

り易くなる。よって、当該長溝 2 2 3 内に希土類ボンド磁石 3 3 1 が配置されることによって、長溝 2 2 3 に対する希土類ボンド磁石 3 3 1 の接合面積が増加する。したがって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 3 1 の剥離を一層防止することができる。

【 0 0 8 2 】

《実施の形態 3》

図 1 4 は、実施の形態 3 に係る回転子 3 の構成を示す断面図である。図 1 5 は、実施の形態 3 に係る回転子 3 の構成を示す平面図である。図 1 4 及び 1 5 において、図 3 及び 4 に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図 3 及び 4 に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態 3 に係る回転子 3 は、フェライトボンド磁石 3 2 0 の形状及び希土類ボンド磁石 3 3 1 の形状の点で、実施の形態 1 及び 2 のいずれかに係る回転子 1、2 と相違する。これ以外の点については、実施の形態 3 に係る回転子 3 は、実施の形態 1 及び 2 のいずれかに係る回転子 1、2 と同じである。

10

【 0 0 8 3 】

図 1 4 及び 1 5 に示されるように、回転子 3 の回転子本体は、フェライトボンド磁石 3 2 0 と、複数の希土類ボンド磁石 3 3 1 とを有する。

【 0 0 8 4 】

図 1 4 に示されるように、フェライトボンド磁石 3 2 0 は、第 1 の段差部 3 2 2 p と、第 2 の段差部 3 2 2 g とを有する。第 1 の段差部 3 2 2 p は、フェライトボンド磁石 3 2 0 の z 軸方向の一方の端部である第 3 の端部としての + z 軸側の端部 3 2 0 c に形成されている。第 2 の段差部 3 2 2 g は、第 4 の端部としての - z 軸側の端部 3 2 0 d に形成されている。第 1 の段差部 3 2 2 p は、+ z 軸側の端部 3 2 0 c から - z 軸方向に凹んでいる。第 2 の段差部 3 2 2 g は、- z 軸側の端部 3 2 0 d から + z 軸方向に凹んでいる。なお、フェライトボンド磁石 3 2 0 は、第 1 の段差部 3 2 2 p 及び第 2 の段差部 3 2 2 g のうちのいずれか一方の段差部のみを有していてもよい。

20

【 0 0 8 5 】

図 1 5 に示されるように、希土類ボンド磁石 3 3 1 は、柱部 3 5 1 と、第 1 の張り出し部 3 5 3 と、第 2 の張り出し部 3 5 4 とを有する。柱部 3 5 1 は、希土類ボンド磁石 3 3 1 のうち長溝 2 3 (例えば、図 9 参照) 内に充填される部分である。柱部 3 5 1 の z 軸方向の長さは、フェライトボンド磁石 2 0 の z 軸方向の長さに等しい。これにより、希土類ボンド磁石 3 3 1 の使用量を削減することができるため、回転子 3 のコストを低減することができる。

30

【 0 0 8 6 】

第 1 の張り出し部 3 5 3 及び第 2 の張り出し部 3 5 4 は、柱部 3 5 1 の内周面 3 5 1 b から径方向の内側に伸びている。第 1 の張り出し部 3 5 3 は、第 1 の段差部 3 2 2 p の底面と接合されている。第 2 の張り出し部 3 5 4 は、第 2 の段差部 3 2 2 g の底面と接合されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 3 1 とフェライトボンド磁石 3 2 0 との接合面積を一層増加させることができる。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 3 1 の剥離を一層防止することができる。

40

【 0 0 8 7 】

- z 軸方向に見たときの第 1 の張り出し部 3 5 3 の形状は、例えば、略三角形である。なお、図示は省略するが、+ z 軸方向に見たときの第 2 の張り出し部 3 5 4 の形状も、例えば、略三角形である。なお、第 1 の張り出し部 3 5 3 及び第 2 の張り出し部 3 5 4 のそれぞれの形状は、略三角形に限らず、他の形状であってもよい。

【 0 0 8 8 】

実施の形態 3 の効果

以上に説明した実施の形態 3 によれば、希土類ボンド磁石 3 3 1 の第 1 の張り出し部 3 5 3 が、フェライトボンド磁石 3 2 2 に形成された第 1 の段差部 3 2 2 p と接合されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 3 1 とフェライトボンド磁石 3 2 0 との接合面積を

50

一層増加させることができる。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 3 1 の剥離を一層防止することができる。

【 0 0 8 9 】

また、実施の形態 3 によれば、希土類ボンド磁石 3 3 1 の第 2 の張り出し部 3 5 4 が、フェライトボンド磁石 3 2 2 に形成された第 2 の段差部 3 2 2 g と接合されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 3 1 とフェライトボンド磁石 3 2 0 との接合面積を増加させることができる。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 3 1 の剥離を一層防止することができる。

10

【 0 0 9 0 】

《 実施の形態 4 》

図 1 6 は、実施の形態 4 に係る回転子 4 の構成を示す平面図である。図 1 7 は、実施の形態 4 に係る回転子 4 の構成を示す側面図である。図 1 8 は、図 1 6 に示される回転子 4 を A 1 8 - A 1 8 線で切断した断面図である。図 1 6 ~ 1 8 において、図 1 ~ 3 に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図 1 ~ 3 に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態 4 に係る回転子 4 は、リング部材 8 1、8 2 を更に有する点で、実施の形態 1 から 3 のいずれかに係る回転子 1 ~ 3 と相違する。なお、図 1 6 ~ 1 8 において、シャフト 1 0 及び樹脂部 6 0 (図 3 参照) の図示は省略されている。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 ~ 1 8 に示されるように、回転子 4 は、フェライトボンド磁石 2 0 と、複数の希土類ボンド磁石 3 1 と、複数の第 1 の樹脂部としての複数のリング部材 8 1、8 2 とを有する。

20

【 0 0 9 2 】

リング部材 8 1、8 2 はそれぞれ、軸線 C を中心とする環状の部材である。リング部材 8 1、8 2 は、例えば、不飽和ポリエステル樹脂などの樹脂から形成されている。

【 0 0 9 3 】

リング部材 8 1 は、フェライトボンド磁石 2 0 の + z 軸側の端面 2 0 j 及び希土類ボンド磁石 3 1 の + z 軸側の端面 3 1 j を覆うように配置されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 の端面 3 1 j がリング部材 8 1 を介してフェライトボンド磁石 2 0 の端面 2 0 k に連結される。よって、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

30

【 0 0 9 4 】

実施の形態 4 では、リング部材 8 1 は、フェライトボンド磁石 2 0 及び希土類ボンド磁石 3 1 に固定されている。具体的には、リング部材 8 1 は、フェライトボンド磁石 2 0 の + z 軸側の端面 2 0 j 及び希土類ボンド磁石 3 1 の + z 軸側の端面 3 1 j に固定されている。

【 0 0 9 5 】

リング部材 8 2 は、フェライトボンド磁石 2 0 の - z 軸側の端面 2 0 g 及び希土類ボンド磁石 3 1 の - z 軸側の端面 3 1 g を覆うように配置されている。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 の端面 3 1 g がリング部材 8 2 を介してフェライトボンド磁石 2 0 の - z 軸側の端面 2 0 g に連結される。これにより、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

40

【 0 0 9 6 】

実施の形態 4 では、リング部材 8 2 は、フェライトボンド磁石 2 0 及び希土類ボンド磁石 3 1 に固定されている。具体的には、リング部材 8 2 は、フェライトボンド磁石 2 0 の - z 軸方向を向く端面 2 0 k 及び希土類ボンド磁石 3 1 の - z 軸方向を向く端面 3 1 k に固定されている。なお、回転子 4 は、複数のリング部材 8 1、8 2 のうちのいずれか一方のリング部材を有していなくても実現することができる。

【 0 0 9 7 】

50

実施の形態 4 の効果

以上に説明した実施の形態 4 によれば、回転子 4 は、フェライトボンド磁石 2 0 及び希土類ボンド磁石 3 1 のそれぞれの z 軸方向の端面を覆うように配置されたリング部材 8 1、8 2 を有する。これにより、希土類ボンド磁石 3 1 がリング部材 8 1、8 2 を介してフェライトボンド磁石 2 0 に連結される。よって、回転中に作用する遠心力による希土類ボンド磁石 3 1 の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類ボンド磁石 3 1 の剥離を一層防止することができる。

【0098】

《実施の形態 4 の変形例》

図 1 9 は、実施の形態 4 の変形例に係る回転子 4 A の構成を示す平面図である。図 2 0 は、図 1 9 に示される回転子 4 A を A 2 0 - A 2 0 線で切断した断面図である。実施の形態 4 の変形例に係る回転子 4 A は、リング部材 8 1 A、8 2 A が樹脂部 6 0 A と一体に形成されている点で、実施の形態 4 に係る回転子 4 と相違する。

10

【0099】

図 1 9 及び 2 0 に示されるように、回転子 4 A は、シャフト 1 0 と、フェライトボンド磁石 2 0 と、複数の希土類ボンド磁石 3 1 と、第 1 の樹脂部としてのリング部材 8 1 A、8 2 A と、第 2 の樹脂部としての樹脂部 6 0 A とを有する。

【0100】

樹脂部 6 0 A は、シャフト 1 0 に支持された内筒部 6 1 と、フェライトボンド磁石 2 0 の内周面 2 0 b に固定された外筒部 6 2 A と、内筒部 6 1 と外筒部 6 2 A とを繋ぐ複数のリブ 6 3 A とを有する。

20

【0101】

樹脂部 6 0 A は、リング部材 8 1 A、8 2 A と一体に形成されている。言い換えれば、樹脂部 6 0 A は、リング部材 8 1 A、8 2 A と繋がっている。実施の形態 4 の変形例では、樹脂部 6 0 A の外筒部 6 2 A 及びリブ 6 3 A が、リング部材 8 1 A、8 2 A と繋がっている。そのため、実施の形態 4 の変形例では、シャフト 1 0、フェライトボンド磁石 2 0 及び希土類ボンド磁石 3 1 は、樹脂部 6 0 A 及びリング部材 8 1 A、8 2 A を介して連結されている。これにより、シャフト 1 0 とフェライトボンド磁石 2 0 とを樹脂部 6 0 A を介して一体成形する際に、リング部材 8 1 A、8 2 A も同時に成形することができる。よって、回転子 4 A の製造工程を簡易化することができる。

30

【0102】

実施の形態 4 の変形例の効果

以上に説明した実施の形態 4 の変形例によれば、回転子 4 A において、樹脂部 6 0 A は、リング部材 8 1 A、8 2 A と一体に形成されている。これにより、シャフト 1 0 とフェライトボンド磁石 2 0 とを樹脂部 6 0 A を介して一体成形する際に、リング部材 8 1 A、8 2 A も同時に成形することができる。よって、回転子 4 A の製造工程を簡易化することができる。

【0103】

ここで、回転子 4 A の固有振動数は、回転子 4 A の剛性によって変化する。回転子 4 A の剛性は、例えば、樹脂部 6 0 A におけるリブ 6 3 A の周方向 R の幅、径方向の長さ及び本数を変化させることで調整することができる。実施の形態 4 の変形例では、樹脂部 6 0 A がリング部材 8 1 A、8 2 A と一体に形成されていることによって、樹脂部 6 0 A のリブ 6 3 A がリング部材 8 1 A、8 2 A と繋がっている。これにより、リブ 6 3 A の径方向の長さが長くなっている。よって、回転子 4 A の剛性を変化させることができ、回転子 4 A の固有振動数を変化させることができる。よって、共振の発生を抑制することができ、回転子 4 A の振動特性を適切な特性に調整することができる。

40

【0104】

また、回転子 4 A の慣性モーメントは、回転子 4 A の質量によって変化する。回転子 4 A の質量は、リブ 6 3 A の周方向 R の幅、径方向の長さ及び本数を変化させることで調整することができる。慣性モーメントが大きいほど、大きな始動トルクが必要となるが、回

50

転子 4 A の回転を安定させることができる。上述した通り、実施の形態 4 の変形例では、樹脂部 6 0 A がリング部材 8 1、8 2 と繋がっているため、リブ 6 3 A の径方向の長さが長くなっている。これにより、回転子 4 A の慣性モーメントを大きくすることができる。このように、樹脂部 6 0 A がリング部材 8 1 A、8 2 A と一体に形成されていることによって、回転子 4 A の固有振動数及び慣性モーメントを適切な値に調整することができる。

【 0 1 0 5 】

《実施の形態 5》

次に、実施の形態 1 に係る電動機 1 0 0 を有する送風機 5 0 0 について説明する。図 2 1 は、実施の形態 5 に係る送風機 5 0 0 の構成を概略的に示す図である。

【 0 1 0 6 】

図 2 1 に示されるように、送風機 5 0 0 は、電動機 1 0 0 と、電動機 1 0 0 によって駆動される羽根車としてのファン 5 0 1 とを有する。ファン 5 0 1 は、電動機 1 0 0 のシャフトに取り付けられている。電動機 1 0 0 のシャフトが回転すると、ファン 5 0 1 が回転し、気流が生成される。送風機 5 0 0 は、例えば、後述する図 2 2 に示される空気調和装置 6 0 0 の室外機 6 2 0 の室外送風機として用いられる。この場合、ファン 5 0 1 は、例えば、プロペラファンである。

【 0 1 0 7 】

実施の形態 5 の効果

以上に説明した実施の形態 5 によれば、送風機 5 0 0 は、実施の形態 1 で説明した電動機 1 0 0 を有する。上述した通り、実施の形態 1 に係る電動機 1 0 0 では信頼性が向上しているため、当該電動機 1 0 0 を有する送風機 5 0 0 の信頼性も向上させることができる。

【 0 1 0 8 】

《実施の形態 6》

次に、図 2 1 に示される送風機 5 0 0 を有する空気調和装置 6 0 0 について説明する。図 2 2 は、実施の形態 6 に係る空気調和装置 6 0 0 の構成を示す図である。

【 0 1 0 9 】

図 2 2 に示されるように、空気調和装置 6 0 0 は、室内機 6 1 0 と、室外機 6 2 0 と、冷媒配管 6 3 0 とを有する。室内機 6 1 0 及び室外機 6 2 0 は、冷媒配管 6 3 0 によって接続されることで、冷媒が循環する冷媒回路を構成する。空気調和装置 6 0 0 は、例えば、室内機 6 1 0 から冷たい空気を送風する冷房運転又は温かい空気を送風する暖房運転等の運転を行うことができる。

【 0 1 1 0 】

室内機 6 1 0 は、室内送風機 6 1 1 と、室内送風機 6 1 1 を収容するハウジング 6 1 2 とを有する。室内送風機 6 1 1 は、電動機 6 1 1 a と、電動機 6 1 1 a によって駆動されるファン 6 1 1 b とを有する。ファン 6 1 1 b は、電動機 6 1 1 a のシャフトに取り付けられている。電動機 6 1 1 a のシャフトが回転することで、ファン 6 1 1 b が回転し、気流が生成される。ファン 6 1 1 b は、例えば、クロスフローファンである。

【 0 1 1 1 】

室外機 6 2 0 は、室外送風機としての送風機 5 0 0 と、圧縮機 6 2 1 と、送風機 5 0 0 及び圧縮機 6 2 1 を収容するハウジング 6 2 2 とを有する。圧縮機 6 2 1 は、冷媒を圧縮する圧縮機構部 6 2 1 a と、圧縮機構部 6 2 1 a を駆動する電動機 6 2 1 b とを有する。圧縮機構部 6 2 1 a と電動機 6 2 1 b とは、回転軸 6 2 1 c によって互いに連結されている。なお、圧縮機 6 2 1 の電動機 6 2 1 b には、実施の形態 1 に係る電動機 1 0 0 が用いられてもよい。

【 0 1 1 2 】

例えば、空気調和装置 6 0 0 の冷房運転時に、圧縮機 6 2 1 で圧縮された冷媒が凝縮器（図示せず）で凝縮する際に放出された熱が、送風機 5 0 0 の送風によって室外に放出される。なお、実施の形態 5 に係る送風機 5 0 0 は、室外機 6 2 0 の室外送風機に限らず、上述した室内送風機 6 1 1 として用いられてもよい。また、送風機 5 0 0 は、空気調和装置 6 0 0 に限らず、他の機器に備えられていてもよい。

10

20

30

40

50

【0113】

室外機620は、冷媒の流れ方向を切り替える四方弁（図示しない）を更に有する。室外機620の四方弁は、圧縮機621から送り出された高温高圧の冷媒ガスを、冷房運転時には室外機620の熱交換器に流し、暖房運転時には室内機610の熱交換器に流す。

【0114】

実施の形態6の効果

以上に説明した実施の形態6によれば、空気調和装置600は、送風機500を有する。上述した通り、送風機500は、実施の形態1で説明した電動機100を有することで信頼性が向上しているため、よって、空気調和装置600の信頼性も向上させることができる。

10

【符号の説明】

【0115】

1、2、3、4、4A 回転子、 10 シャフト、 20、220、320 フェライトボンド磁石、 21 磁石本体、 22a 外周面、 23 長溝、 23a 第1の面、 23b、223b 第2の面、 23c、223c 第3の面、 23d 第2の端部、 23e 第1の端部、 31、331 希土類ボンド磁石、 41 第1の溝部、 42 第2の溝部、 50 回転子本体、 60、60A 樹脂部、 81、82、81A、82A リング部材、 100 電動機、 320c 第3の端部、 320d 第4の端部、 322g、322p 段差部、 353 第1の張り出し部、 354 第2の張り出し部、 500 送風機、 501 ファン、 600 空気調和装置、 610 室内機、 620 室外機、 B1、B2、B3、B4 面、 C 軸線、 W1、W2 長さ、 1、2、3 角度。

20

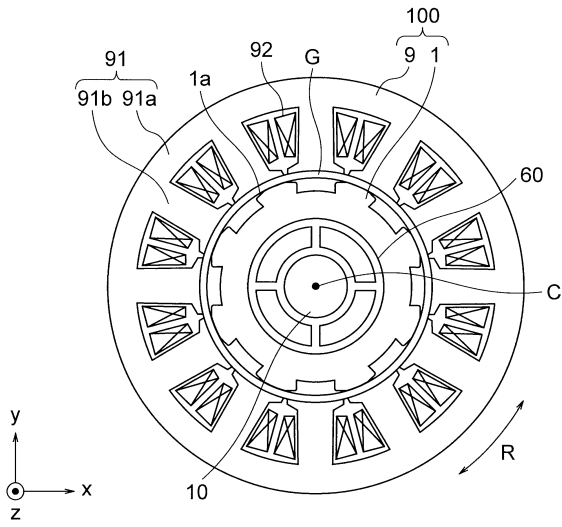
30

40

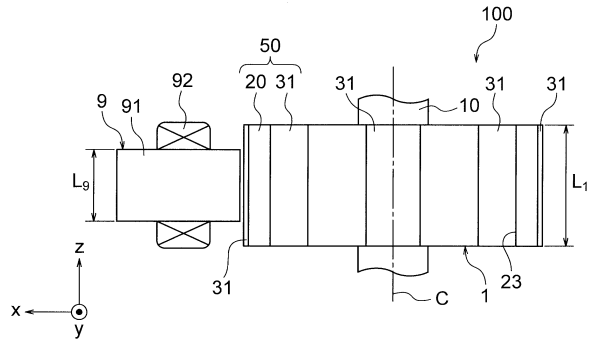
50

【図面】

【図 1】

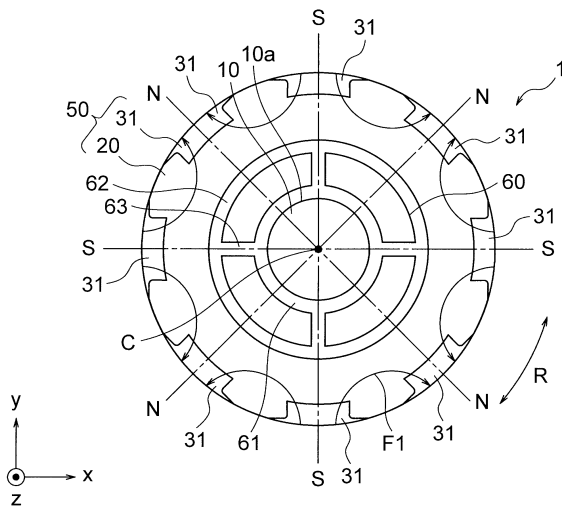


【図 2】

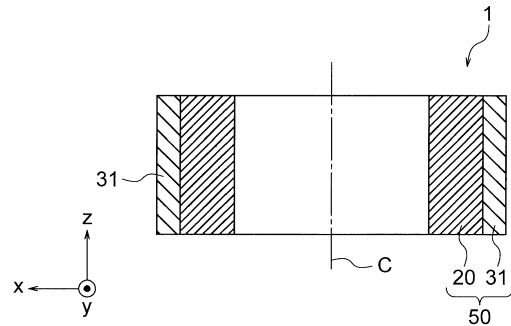


10

【図 3】



【図 4】



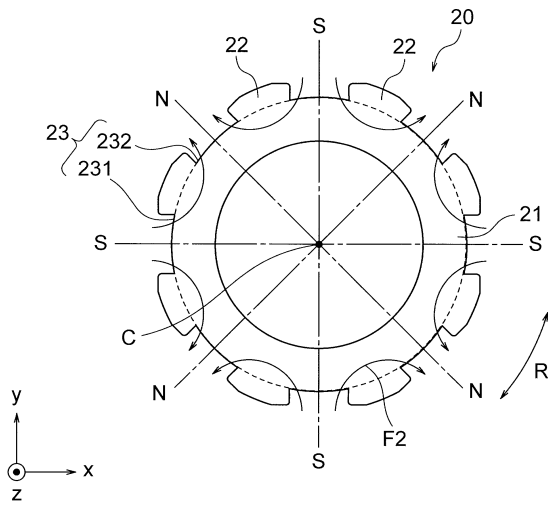
20

30

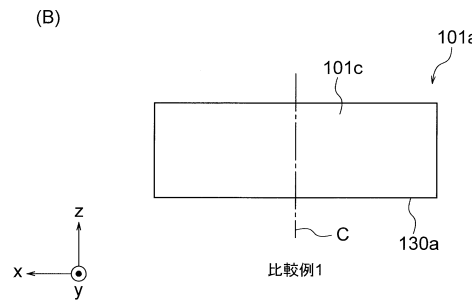
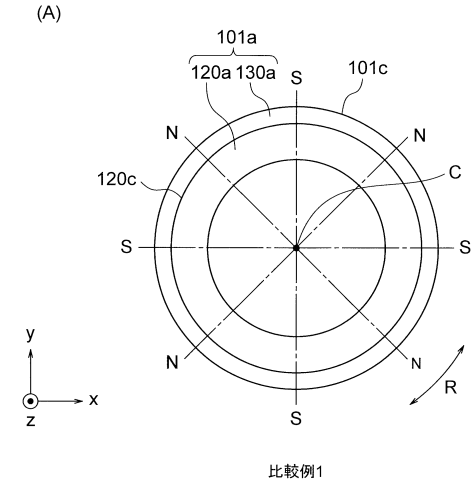
40

50

【図5】



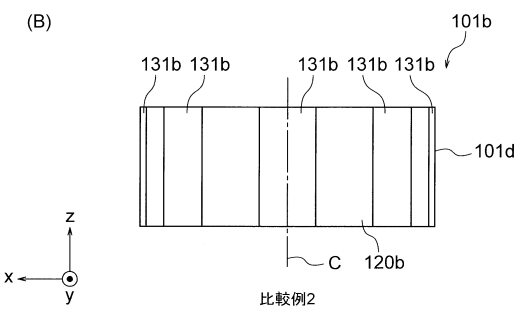
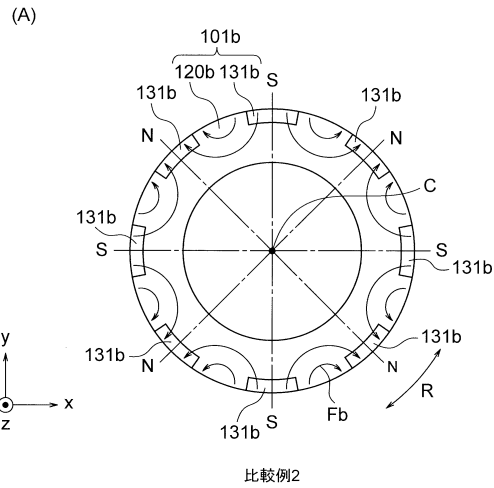
【図6】



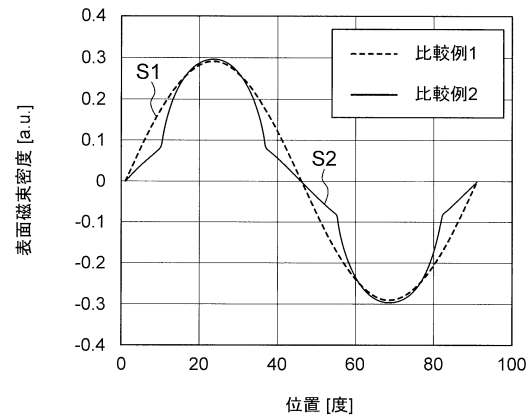
10

20

【図7】



【図8】

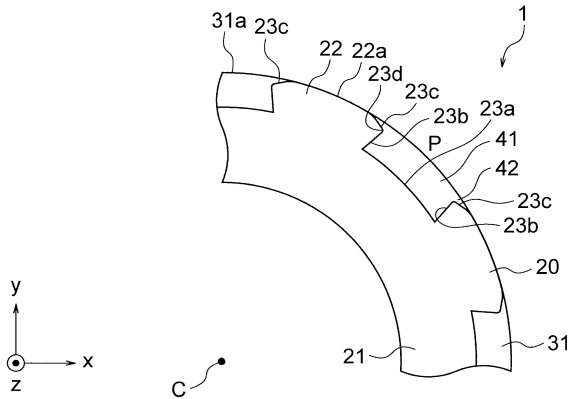


30

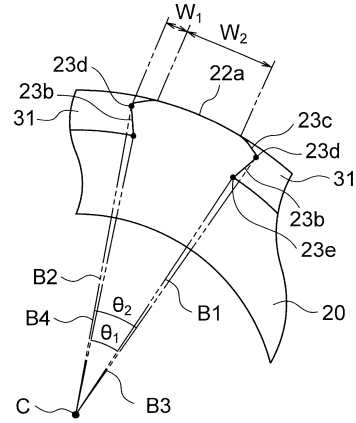
40

50

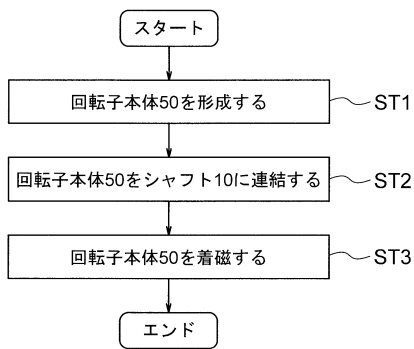
【図 9】



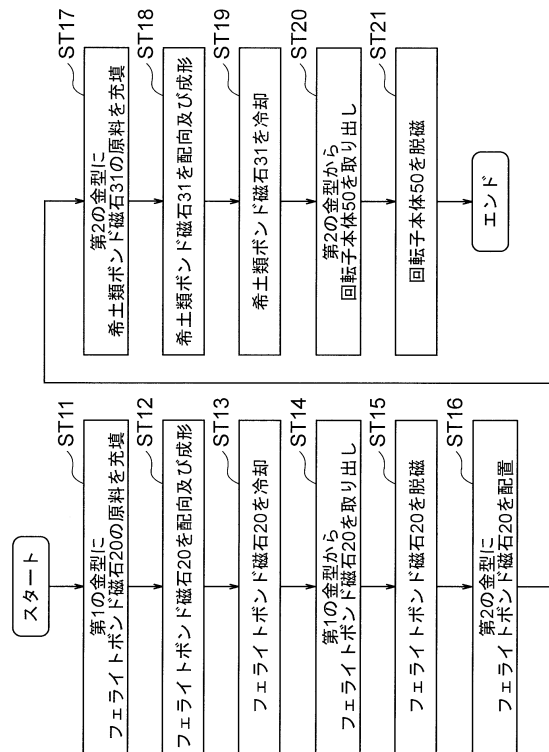
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

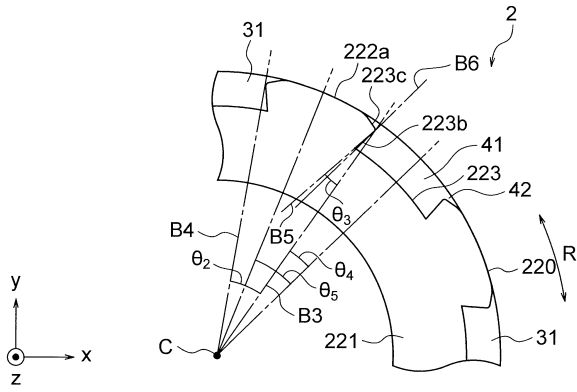
20

30

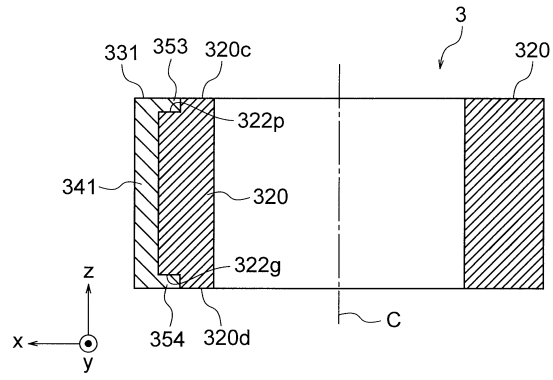
40

50

【 図 1 3 】

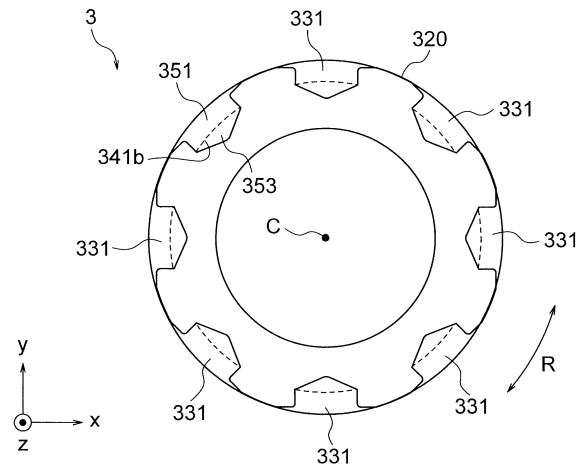


【 図 1 4 】

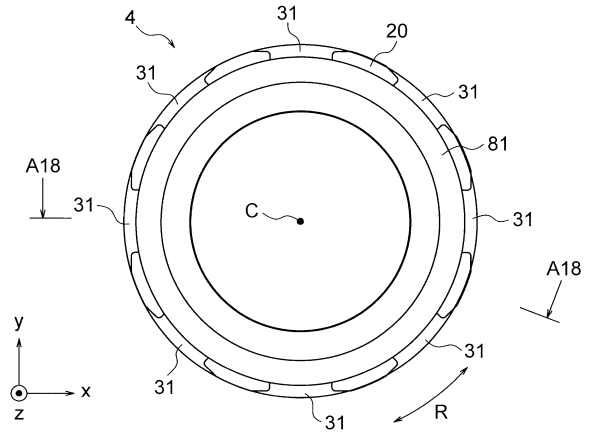


10

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



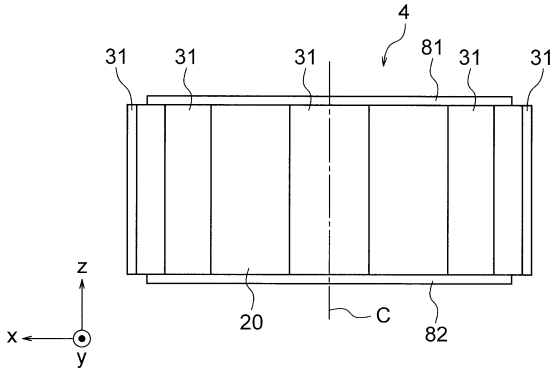
20

30

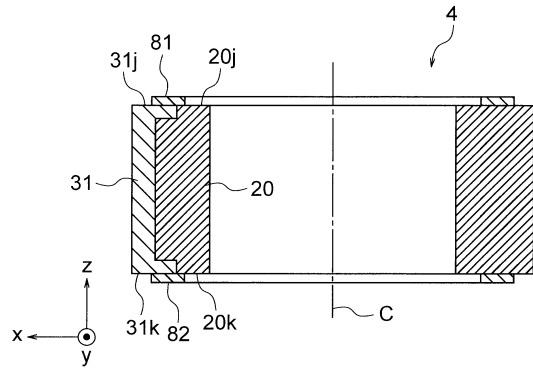
40

50

【 図 1 7 】

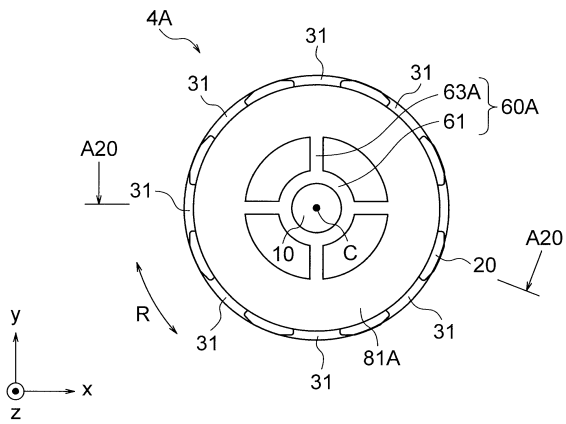


【 図 1 8 】

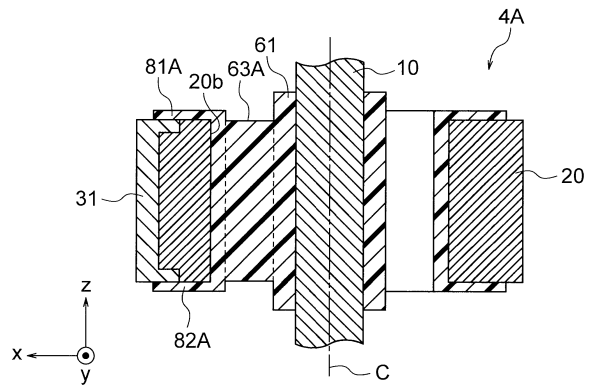


10

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



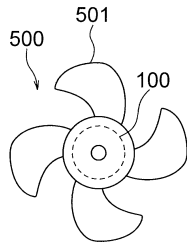
20

30

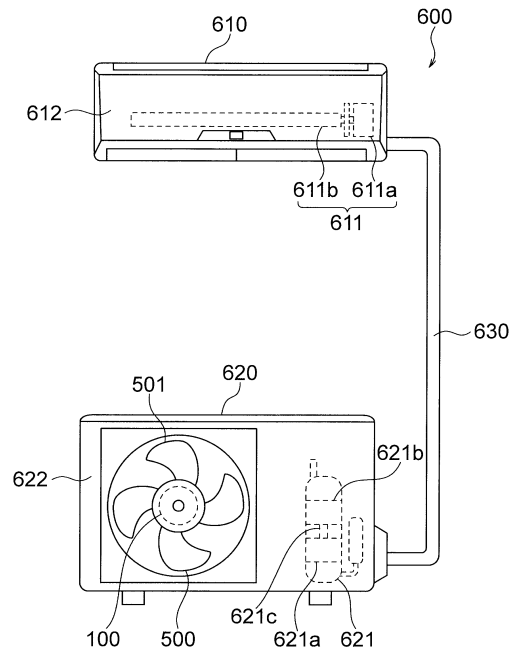
40

50

【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 土田 和慶
- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 下川 貴也
- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 高 橋 諒伍
- 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査官 佐藤 彰洋
- (56)参考文献 特許第6297222(JP, B2)
特許第5752273(JP, B2)
国際公開第2020/129123(WO, A1)
国際公開第2018/158930(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02K 1/278
H02K 21/00 - 21/48