

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2015年2月12日(12.02.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/019402 A1

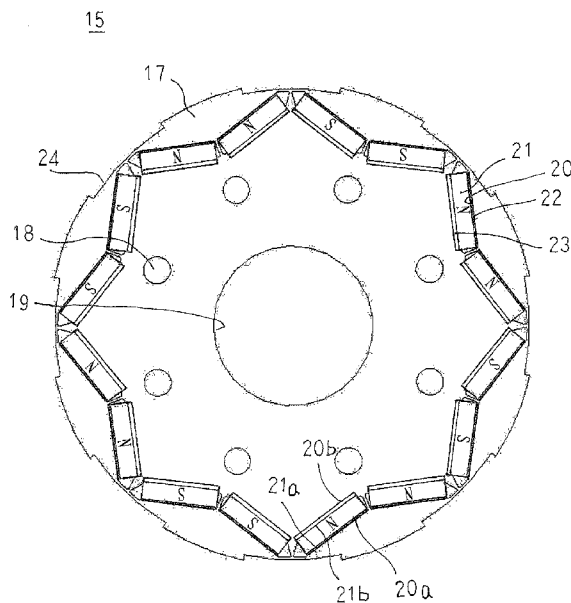
- (51) 国際特許分類:  
H02K 1/32 (2006.01) H02K 9/19 (2006.01)  
H02K 1/27 (2006.01) H02K 3/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/071158
- (22) 国際出願日: 2013年8月5日(05.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堀井 雅樹(HORII, Masaki); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 井上 正哉(INOUE, Masaya); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 橋田佳明(KIITA, Yoshiaki); 〒1008310 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PERMANENT MAGNET EMBEDDED TYPE ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 永久磁石埋込型回転電機



(57) Abstract: The purpose of this invention is to obtain a permanent magnet embedded type rotating electric machine in which the amount of magnetic flux of a permanent magnet can be prevented from reducing and the permanent magnet can be effectively cooled. In the permanent magnet embedded type rotating electric machine, a rotor (15) has: a rotor iron core (17) constructed by laminating and integrating magnetic steel sheets and firmly fixed to a shaft; a plurality of magnet housing openings (20) each formed so as to penetrate in an axial direction on the outer circumferential side of the rotor iron core (17) and disposed in a circumferential direction; and permanent magnets (21) housed in the respective magnet housing openings (20). An adhesive agent (22) is disposed only between the outside wall surface (20a) of the inner wall surfaces of each of the magnet housing openings (20), which is positioned outward in the radial direction, and the outside surface (21a) of the surfaces of each of the permanent magnets (21), which is positioned outward in the radial direction. The permanent magnets (21) are each disposed one-sided to the outside wall surface (20a) of each of the magnet housing openings (20) and fixed. A cooling flow path (23) through which a refrigerant flows is constituted by the inside surface (21b) of the surfaces of each of the permanent magnets (21), which is positioned inward in the radial direction, and the inside wall surface (20b) of the inner wall surfaces of each of the magnet housing openings (20), which is positioned inward

in the radial direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/019402 A1

---

この発明は、永久磁石の磁束量の低下を抑制できるとともに、永久磁石を効率的に冷却できる永久磁石埋込型回転電機を得る。この永久磁石埋込型回転電機では、回転子15は、電磁鋼板を積層一体化して構成され、シャフトに固着された回転子鉄心17と、それぞれ、回転子鉄心17の外周側を軸方向に貫通するように形成されて周方向に複数配設された磁石収納穴20と、磁石収納穴20のそれぞれに収納された永久磁石21を有し、接着剤22が、磁石収納穴20の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面20aと永久磁石21の表面の径方向外方に位置する外側表面21aとの間にのみ配設されて、永久磁石21が磁石収納穴20の外側壁面20aに片寄せ固定され、冷媒が流される冷却流路23が、永久磁石21の表面の径方向内方に位置する内側表面21bと磁石収納穴20の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面20bとにより構成される。

## 明 細 書

**発明の名称**：永久磁石埋込型回転電機

### 技術分野

[0001] この発明は、永久磁石を回転子鉄心の外周側に埋め込んだ永久磁石埋込型回転電機に関し、特に、回転子鉄心に埋め込まれた永久磁石の冷却構造に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来の永久磁石埋込型回転電機では、永久磁石をロータコアに回転軸方向に延びるように形成されたキャビティ内に配設し、絶縁部材をキャビティの内壁面全体を覆うように形成し、永久磁石の表面と絶縁部材の内側表面により構成される冷却流路に冷却液を流して永久磁石を冷却していた（例えば、特許文献1参照）。

[0003] また、他の従来の永久磁石埋込型回転電機では、永久磁石が埋め込まれた円環状の外側ヨーク部と、外側ヨーク部の内側に配設された円環状の内側ヨーク部と、外側ヨーク部の内周面と内側ヨーク部の外周面との間を接続するリブと、によりロータを構成し、外側ヨーク部の内周面に、軸方向一端部から他端部に至るように溝部を形成していた。そして、外側ヨーク部の内周面と内側ヨーク部の外周面とリブにより構成される貫通穴に供給された冷却油が、遠心力により溝部内に導かれ、溝部に案内されてスムーズに流れて、永久磁石を冷却していた（例えば、特許文献2参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-17297号公報

特許文献2：特許第5097743号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の従来の永久磁石埋込型回転電機では、

絶縁部材がキャビティの内壁面全体を覆うように形成されているので、キャビティの断面形状が絶縁部材を形成するスペース分大きくなる。これにより、永久磁石とキャビティの内壁面との間の距離が長くなり、永久磁石と回転子鉄心との間の磁気抵抗が増大し、永久磁石の磁束量の低下をもたらすという課題があった。

[0006] また、特許文献2に記載の従来永久磁石埋込型回転電機では、冷却油の流路が外側ヨーク部と内側ヨーク部との間に形成されているので、永久磁石の熱は外側ヨーク部を介して冷却油に放熱されることになり、永久磁石を効果的に冷却できないという課題があった。

[0007] この発明は、上記課題を解決するためになされたもので、永久磁石を磁石収納穴の内壁面に固着する接着剤の使用量を少なくして磁石収納穴の断面積を小さくし、永久磁石と磁石収納穴の内壁面との間の距離を短くし、永久磁石の磁束量の低下を抑制するとともに、冷媒が直に永久磁石を冷却するように冷却流路を構成し、永久磁石を効果的に冷却できる永久磁石埋込型回転電機を得ることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] この発明に係る永久磁石埋込型回転電機は、円環状の固定子鉄心、および上記固定子鉄心に巻装された固定子コイルを有する固定子と、電磁鋼板を積層一体化して構成され、シャフトに固着されて上記固定子鉄心の内側に回転可能に配置される回転子鉄心、それぞれ、上記回転子鉄心の外周側を軸方向に貫通するように形成されて周方向に複数配設された磁石収納穴、および上記磁石収納穴のそれぞれに収納された永久磁石を有する回転子と、を備えている。そして、接着剤が、上記磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と上記永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間のみ配設されて、上記永久磁石が上記磁石収納穴の上記外側壁面に片寄せ固定され、冷媒が流れる冷却流路が、上記永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と上記磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成される。

## 発明の効果

[0009] この発明によれば、永久磁石が磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面に片寄せ固定され、冷媒が流れる冷却流路が、永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成される。そこで、冷却流路に流れる冷媒が永久磁石の内側表面に直に接し、永久磁石を効果的に冷却することができる。

[0010] また、接着剤が、磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間にのみ配設されているので、接着剤の量が少なく、磁石収納穴の断面積を小さくできる。そこで、永久磁石と磁石収納穴の内壁面との間の距離が短くなり、永久磁石と回転子鉄心との間の磁気抵抗の増大が抑えられる。これにより、磁気抵抗の増大に起因する永久磁石の磁束量の低下を抑えることができる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]この発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

[図2]この発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

[図3]この発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における固定子に回転子鉄心を組み込んだ状態を説明する斜視図である。

[図4]この発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における外部油送機器の駆動制御方法を示すフローである。

[図5]この発明の実施の形態2に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

[図6]この発明の実施の形態3に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

[図7]この発明の実施の形態4に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

[図8]この発明の実施の形態5に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子

鉄心を示す端面図である。

[図9]この発明の実施の形態5に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心のモータ停止時の状態を示す端面図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の永久磁石埋込型回転電機の好適な実施の形態について図面を用いて説明する。

[0013] 実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図、図2はこの発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図、図3はこの発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における固定子に回転子鉄心を組み込んだ状態を説明する斜視図、図4はこの発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型回転電機における外部油送機器の駆動制御方法を示すフローである。なお、図1中、矢印は冷却油の流れを示している。

[0014] 図1から図3において、永久磁石埋込型回転電機100は、円環状の固定子1と、固定子1を内側に収納、保持する円筒状のフレーム7と、それぞれ、軸受12, 13を備え、フレーム7の軸方向両端に配設されて、フレーム7とともに密閉する空間を形成するフロントフレーム10およびリヤフレーム11と、シャフト16を軸受12, 13に支持されて、固定子1の内側に回転可能に配設された回転子15と、外部油送機構35と、外部油送機構35の駆動を制御する制御装置40と、を備えている。

[0015] 固定子1は、円環状の固定子鉄心2、および固定子鉄心2に装着された固定子コイル4を有する。鉄心ブロック3は、円弧状のコアバック部3aと、コアバック部3aの内周面の周方向中央位置から径方向内方に突出したティース3bと、を有する。固定子鉄心2は、コアバック部3aの周方向の側面同士を突き合わせて、12個の鉄心ブロック3を周方向に配列して、円環状に構成されている。そして、各鉄心ブロック3のティース3bには、導体線を複数回巻いて作製された集中巻コイル4aが装着されている。12個の集

中巻コイル4 aにより固定子コイル4が構成される。

- [0016] フレーム7は、鉄製の円筒状の外フレーム8の内側にアルミ製の円筒状の内フレーム9を嵌合、一体化して作製されている。そして、集中巻コイル4 aが装着された12個の鉄心ブロック3を、コアバック部3 aの周方向の側面同士を突き合わせて円環状に配列して、フレーム7内に圧入、固着し、固定子1が組み立てられる。
- [0017] 回転子15は、円環状の回転子鉄心17と、回転子鉄心17の軸心位置を貫通するように形成されたシャフト挿通穴19に圧入、固定されたシャフト16と、それぞれ回転子鉄心17の外周側を貫通するように装着された16個の永久磁石21と、シャフト16に圧入、固定されて、回転子鉄心17の軸方向の両端面に接するように配設された第1端板25および第2端板29と、を備える。
- [0018] 回転子鉄心17は、電磁鋼板の薄板から打ち抜かれた円環状の鉄心片を、貫通穴18を位置決めにして積層一体化して作製され、軸心位置を貫通するシャフト挿通穴19を有する。磁石収納穴20は、それぞれ、シャフト16の軸方向と直交する断面を軸方向に一定とする略矩形とし、回転子鉄心17の外周側を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで8対形成されている。磁石収納穴20の対は、径方向外方に向かって開いたV字形状に配置されている。
- [0019] ここで、磁石収納穴20の内壁面の径方向外方に位置する部位を外側壁面20 aとし、径方向内方に位置する部位を内側壁面20 bとする。すなわち、磁石収納穴20の断面の径方向外方の長辺で構成される内壁面が外側壁面20 aであり、断面の径方向内方の長辺で構成される内壁面が内側壁面20 bである。また、磁石収納穴20の断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。
- [0020] 永久磁石21は、シャフト16の軸方向と直交する断面を矩形とし、磁石収納穴20のそれぞれに収納されている。ここで、永久磁石21の表面の径方向外方に位置する部位を外側表面21 aとし、径方向内方に位置する部位を内側表面21 bとする。すなわち、永久磁石21の断面の径方向外方の長

辺で構成される表面が外側表面 21a であり、断面の径方向内方の長辺で構成される表面が内側表面 21b である。また、永久磁石 21 の断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。

[0021] 磁石収納穴 20 に収納された永久磁石 21 は、その外側表面 21a のみを接着剤 22 により磁石収納穴 20 の外側壁面 20a に接着固定されている。これにより、永久磁石 21 は、磁石収納穴 20 内で外側壁面 20a 側に片寄せられ、永久磁石 21 の内側表面 21b と磁石収納穴 20 の内側壁面 20b との間に隙間が形成される。この隙間は、回転子鉄心 17 を軸方向に貫通し、冷却流路 23 を構成する。

[0022] 磁石収納穴 20 の対に収納された永久磁石 21 の対は、同じ磁極となるように着磁されている。そして、永久磁石 21 の 8 対は、周方向に交互に磁極が異なるように配置されている。ここでは、永久磁石 21 は、シャフト 16 の軸方向と直交断面を矩形とする短冊状に作製された 6 つの磁石ブロック 210 を軸方向に 1 列に配列して構成されている。

[0023] さらに、溝方向を軸方向とする回転子溝 24 が、それぞれ、同じ長方形断面の溝形状で、回転子鉄心 17 の外周面に、回転子鉄心 17 の軸方向一端から他端に至るように形成されて、周方向に等角ピッチで 8 つ配列されている。これらの回転子溝 24 の周方向中心が、隣り合う磁極間に位置している。

[0024] 第 1 端板 25 は、回転子鉄心 17 の外径と略等しい外径を有し、かつ軸心位置にシャフト挿通穴 26 を有するリング状平板に作製されている。導入流路 27 が、第 1 端板 25 の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されている。第 1 排出路 28 が、それぞれ、導入流路 27 の外周部と第 1 端板 25 の他面側とを連通するように第 1 端板 25 を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで 8 つ形成されている。

[0025] 第 1 端板 25 は、シャフト挿通穴 26 にシャフト 16 を通して、一面を回転子鉄心 17 に向けて軸方向一側からシャフト 16 に圧入固定される。第 1 端板 25 の一面が回転子鉄心 17 の軸方向の一端面に接し、導入流路 27 の開口が塞口される。回転子鉄心 17 に形成された冷却流路 23 が導入流路 2

7に接続される。第1排出路28が、冷却流路23のそれぞれの径方向外方に位置している。

[0026] 第2端板29は、回転子鉄心17の外径と略等しい外径を有し、かつ軸心位置にシャフト挿通穴30を有するリング状平板に作製されている。導入流路31が、第2端板29の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されている。第2排出路32が、それぞれ、導入流路31の外周部と第2端板29の他面側とを連通するように第2端板29を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで8つ形成されている。ここでは、第2端板29は、第1端板25と同一形状に形成されている。

[0027] 第2端板29は、シャフト挿通穴30にシャフト16を通して、一面を回転子鉄心17に向けて軸方向他側からシャフト16に圧入固定される。第2端板29の一面が回転子鉄心17の軸方向の他端面に接し、導入流路31の開口が塞口される。回転子鉄心17に形成された冷却流路23が導入流路31に接続される。第2排出路32が、冷却流路23のそれぞれの径方向外方に位置している。

[0028] シャフト16は、軸心位置を軸方向に貫通する軸内流路33と、それぞれ、軸内流路33から径方向に分岐して、軸内流路33と第1端板25に形成された導入流路27とを連通する分岐流路34と、を備える。

[0029] 供給配管36が冷媒供給手段である外部油送機構35の吐出口とシャフト16の軸内流路33の入口とを連結している。また、戻り配管37がフレーム7の下方に取り付けられたオイルパン38、およびシャフト16の軸内流路33の出口と外部油送機構35の吸入口とを連結している。

制御装置40は、固定子鉄心2に配設されたサーミスタなどの温度検出器41からの検出温度に基づいて外部油送機構35の駆動を制御する。

[0030] このように構成された永久磁石埋込型回転電機100は、例えば、外部電源から固定子コイル4に給電され、8極12スロットのインナーロータ型の同期モータとして動作する。

[0031] そして、外部油送機構35が駆動されると、冷却油は、図1に矢印で示さ

れるように、供給配管 36 から軸内流路 33 に圧送され、分岐流路 34 を介して導入流路 27 に流入する。導入流路 27 に流入した冷却油は、導入流路 27 を通って径方向外方に流れ、冷却流路 23 に流入する。冷却流路 23 に流入した冷却油は、冷却流路 23 を通って軸方向他側に流れて永久磁石 21 の熱を吸熱し、第 2 排出路 32 から排出される。第 2 排出路 32 から排出された冷却油は、遠心力により飛散され、固定子コイル 4 のリヤ側コイルエンドに当たって固定子コイル 4 の熱を吸熱し、オイルパン 38 に集められる。

[0032] 導入流路 27 を通って径方向外方に流れた冷却油の一部が、第 1 排出路 28 から排出される。第 1 排出路 28 から排出された冷却油は、遠心力により飛散され、固定子コイル 4 のフロント側コイルエンドに当たって固定子コイル 4 の熱を吸熱し、オイルパン 38 に集められる。

オイルパン 38 に集められた冷却油は、シャフト 16 の軸内流路 33 の出口から排出された冷却油とともに、戻り配管 37 を通って外部油送機構 35 に戻される。

[0033] この実施の形態 1 によれば、永久磁石 21 が、外側表面 21a を磁石収納穴 20 の外側壁面 20a に接着固定され、磁石収納穴 20 内の外側壁面 20a 側に片寄せられている。そして、冷却流路 23 が、永久磁石 21 の内側表面 21b と磁石収納穴 20 の内側壁面 20b との間に形成されている。そこで、冷却流路 23 を流通する冷却油が永久磁石 21 の内側表面 21b に直接接するので、永久磁石 21 を効果的に冷却することができる。

[0034] 永久磁石 21 を固着する接着剤 22 が、永久磁石 21 の外側表面 21a と磁石収納穴 20 の外側壁面 20a との間にのみ塗布されている。そこで、接着剤 22 の使用量が減り、コストを削減できる。また、接着剤 22 の量が減る分、磁石収納穴 20 の断面積が小さくできるので、永久磁石 21 と磁石収納穴 20 の内壁面との間の距離が短くなり、永久磁石 21 と回転子鉄心 17 との間の磁気抵抗の増大が抑えられる。これにより、磁気抵抗の増大に起因する永久磁石 21 の磁束量の低下を抑えることができる。

[0035] 回転子溝 24 が回転子鉄心 17 の外周面に軸方向の一端から他端に至るよ

うに形成されている。そこで、回転子鉄心 17 を構成する鉄心片間から外周側に漏れ出る冷却油は、回転子溝 24 を通って軸方向に流される。これにより、冷却油が固定子鉄心 2 と回転子鉄心 17 との間のエアギャップに滞留することによるトルク低下が抑えられる。

[0036] 第 1 端板 25 と第 2 端板 29 が同一形状に作製されている。そこで、第 1 端板 25 を第 2 端板 29 に兼用でき、部品点数を削減できる。

[0037] 第 1 端板 25 は、導入流路 27 の外周部と第 1 端板 25 の他面側とを連通する第 1 排出路 28 を備えている。そこで、導入流路 27 を流通する冷却油の一部が第 1 排出路 28 から排出され、遠心力により固定子コイル 4 のフロント側コイルエンドに浴びせられるので、固定子コイル 4 の温度上昇を抑えることができる。

[0038] 第 2 端板 29 は、導入流路 31 の外周部と第 2 端板 29 の他面側とを連通する第 2 排出路 32 を備えている。そこで、冷却流路 23 を流通した冷却油が第 2 排出路 32 から排出され、遠心力により固定子コイル 4 のリヤ側コイルエンドに浴びせられるので、固定子コイル 4 の温度上昇を抑えることができる。

[0039] ここで、制御装置 40 による外部油送機構 35 の制御について図 4 を参照しつつ説明する。なお、制御装置 40 には、例えば、温度検出器 41 の検出温度と永久磁石 21 の温度との対応表のデータ、永久磁石 21 が熱減磁する温度に対して安全率を加味して設定された判定値などが格納されている。

[0040] まず、モータ（永久磁石埋込型回転電機 101）が作動すると、制御装置 40 は外部油送機構 35 を駆動する（ステップ 100）。これにより、冷却油が軸内流路 33、分岐流路 34 および導入流路 27 を介して冷却流路 23 に供給され、永久磁石 21 の冷却が行われる。

[0041] ついで、制御装置 40 は、モータが停止した否かを判定する（ステップ 101）。制御装置 40 は、モータが停止したと判定すると、温度検出器 41 の検出温度と格納しているデータに基づいて、永久磁石 21 の温度を推定する。そして、磁石推定温度が判定値以下であるか否かを判定する（ステップ

102)。ステップ102において、磁石推定温度が判定値以下であると判定すると、永久磁石21が十分に冷却されていると判断し、外部油送機構35の駆動を停止する(ステップ103)。これにより、永久磁石21は、冷却流路23に滞留する冷却油により冷却される。

[0042] ステップ102において、磁石推定温度が判定値を超えていると判定すると、永久磁石21が十分に冷却されていないと判断し、外部油送機構35の駆動を継続し(ステップ104)、ステップ102に戻る。これにより、冷却された冷却油が冷却流路23に供給され、永久磁石21の冷却に供せられる。

[0043] この実施の形態1による外部油送機構35の駆動制御方法によれば、固定子鉄心2に配設された温度検出器41による検出温度に基づいて永久磁石21の温度を推定し、磁石推定温度が判定値以下であるか否かを判断し、磁石推定温度が判定値以下である場合には、外部油送機構35の駆動を停止している。これにより、外部油送機構35の消費電力を低減できる。また、磁石推定温度が判定値を超える場合には、外部油送機構35の駆動を継続し、冷却された冷却油を冷却流路23に供給しているので、永久磁石21の過度の温度上昇が抑えられ、永久磁石21の熱減磁を防止することができる。

[0044] なお、上記実施の形態1では、導入流路27, 31が、第1端板25および第2端板29の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されているが、導入流路は、それぞれ、溝方向を径方向として、シャフト挿通穴から外周端近傍に至るように第1端板および第2端板の一面に形成された流路溝を、周方向に等ピッチで8つ配列して構成してもよい。この場合、第1排出路および第2排出路は、流路溝のそれぞれの外周部と第1端板および第2端板の他面側とを連通するように、第1端板および第2端板を貫通して形成すればよい。

[0045] また、上記実施の形態1では、温度検出器41が固定子鉄心2のコアバック部3aに配設されているが、温度検出器41の配設場所は、コアバック部3aに限定されず、永久磁石21の温度を間接的に測定できる場所であれば

よく、例えば、固定子コイル4のコイルエンドでもよい。

[0046] 実施の形態2.

図5はこの発明の実施の形態2に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

[0047] 図5において、軸内流路33Aが、シャフト16Aの軸心位置に軸方向一端から、第1端板25に形成された導入流路27の径方向下方の位置まで延びるように形成されている。そして、分岐流路34が、軸内流路33Aの軸方向他端と導入流路27とを連通するようにシャフト16Aに形成されている。

なお、他の構成は上記実施の形態1と同様に構成されている。

[0048] このように構成された永久磁石埋込型回転電機101では、軸内流路33Aが、シャフト16Aのフロント側のみに形成されるので、シャフト16Aのコストを削減できる。

[0049] 実施の形態3.

図6はこの発明の実施の形態3に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

[0050] 図6において、第1排出路28、冷却流路23、および第2排出路32の流路断面積が、第1排出路28、冷却流路23、第2排出路32の順に大きくなっている。

なお、他の構成は上記実施の形態1と同様に構成されている。

[0051] このように構成された永久磁石埋込型回転電機102では、第1排出路28の流路断面積が冷却流路23の流路断面積より小さくなっているため、導入流路27を流通してきた冷却油の第1排出路28からの流出量が制限される。これにより、冷却流路23に供給される冷却油の量が十分に確保され、永久磁石21の冷却性を低下させることがない。

第2排出路32の流路断面積が冷却流路23の流路断面積より大きくなっているため、冷却流路23を流通してきた冷却油が第2排出路32から流出しやすくなる。これにより、冷却流路23内を流通する冷却油の流速が速く

なり、永久磁石 21 を冷却する性能が高められる。

[0052] 実施の形態 4.

図 7 はこの発明の実施の形態 4 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

[0053] 図 7 において、磁石収納穴 20 A は、その内側壁面 20 b の幅方向両側が径方向外方に突出するように回転子鉄心 17 A に形成されている。磁石収納穴 20 A の内側壁面 20 b の幅方向両側の突出部が支持部 43 を構成する。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

[0054] このように構成された回転子鉄心 17 A を用いた回転子 15 A では、磁石収納穴 20 A 内に収納された永久磁石 21 の内側表面 21 b の幅方向両側が、支持部 43 により支持される。そこで、永久磁石 21 の外側表面 21 a と磁石収納穴 20 A の外側壁面 20 a とを接着する接着剤 22 の層を薄くすることができるので、接着剤 22 の層が薄くなる分、磁石収納穴 20 A の断面積を小さくでき、永久磁石 21 の磁束量の低下が抑えられる。

[0055] 実施の形態 5.

図 8 はこの発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図、図 9 はこの発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心のモータ停止時の状態を示す端面図である。

[0056] 図 8 において、磁石収納穴 20 B は、その内側壁面 20 b の幅が径方向内方に向かって漸次狭くなる V 字状に回転子鉄心 17 B に形成されている。これにより、冷却流路 23 B は三角形の流路断面に形成される。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

[0057] このように構成された回転子鉄心 17 B を用いた回転子 15 B では、冷却流路 23 B が三角形の流路断面に形成されている。そこで、冷却油の圧力を長方形の流路断面に形成された冷却流路 23 に供給される冷却油の圧力より低くしても、冷却流路 23 と同等の冷却性能が得られるので、外部油送機構 35 の消費電力を低下させることができる。

[0058] また、モータの駆動を停止した場合、図 9 に示されるように、冷却流路 2

3 Bに滞留する冷却油4 4と永久磁石2 1との接触面積が大きくなる。したがって、モータ停止時、冷却流路2 3 Bに滞留する冷却油4 4により、永久磁石2 1を効果的に冷却できる。

[0059] なお、上記各実施の形態では、回転電機を電動機に適用した場合について説明しているが、回転電機を発電機に適用しても、同様の効果を奏する。

また、上記各実施の形態では、8極1 2スロットの回転電機について説明しているが、極数およびスロット数は、8極1 2スロットに限定されないことは言うまでもないことである。

[0060] また、上記各実施の形態では、磁極を構成する2つの永久磁石がシャフトから径方向外方に向かって開いたV字形状に配置されているものとしているが、永久磁石の配置はこれに限定されない。例えば、永久磁石を同一円筒面に接するように周方向に等角ピッチに配置し、永久磁石のそれぞれが磁極を構成するようにしてもよい。

[0061] また、上記各実施の形態では、永久磁石が、軸方向に6つの磁石ブロックに分割されているが、永久磁石は、6つの磁石ブロックを連結した一体物に構成してもよい。

また、上記各実施の形態では、永久磁石がシャフトの軸方向と直交する断面を矩形に作製されているが、永久磁石の断面は矩形に限定されず、例えば円弧状に湾曲した円弧形でもよい。この場合、磁石収納穴は、永久磁石の断面形状に適合する断面形状に形成される。

## 請求の範囲

[請求項1] 円環状の固定子鉄心、および上記固定子鉄心に巻装された固定子コイルを有する固定子と、

電磁鋼板を積層一体化して構成され、シャフトに固着されて上記固定子鉄心の内側に回転可能に配置される回転子鉄心、それぞれ、上記回転子鉄心の外周側を軸方向に貫通するように形成されて周方向に複数配設された磁石収納穴、および上記磁石収納穴のそれぞれに収納された永久磁石を有する回転子と、を備えた永久磁石埋込型回転電機において、

接着剤が、上記磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と上記永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間のみ配設されて、上記永久磁石が上記磁石収納穴の上記外側壁面に片寄せ固定され、

冷媒が流れる冷却流路が、上記永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と上記磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成されることを特徴とする永久磁石埋込型回転電機。

[請求項2] 上記シャフトに固着されて一面が上記回転子鉄心の軸方向一端面に接するように配設された第1端板を備え、

軸内流路が、上記シャフトの軸心位置に軸方向に延びるように形成され、

分岐流路が、上記軸内流路から径方向に分岐して上記シャフトの外周面に至るように上記シャフトに形成され、

導入流路が、上記第1端板の上記一面に、上記分岐流路と上記冷却流路とを連通するように形成され、

第1排出路が、上記導入流路の外周部と上記第1端板の他面側とを連通するように上記第1端板に形成されていることを特徴とする請求項1記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項3] 上記軸内流路が、上記シャフトの軸方向一端から上記第1端板の固

着位置までの軸方向領域にのみ形成されていることを特徴とする請求項2記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項4] 上記シャフトに固着されて一面が上記回転子鉄心の軸方向他端面に接するように配設された第2端板を備え、

第2排出路が、上記冷却流路と上記第2端板の他面側とを連通するように上記第2端板に形成され、

上記第1排出路の流路断面積が、上記冷却流路の流路断面積より小さく、かつ上記第2排出路の流路断面積が、上記冷却流路の流路断面積より大きいことを特徴とする請求項2又は請求項3記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項5] 上記磁石収納穴は、上記磁石収納穴の上記内側壁面の幅方向両側部を突出させて、上記永久磁石の上記内側表面の幅方向両側部を支持する支持部を備えていることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

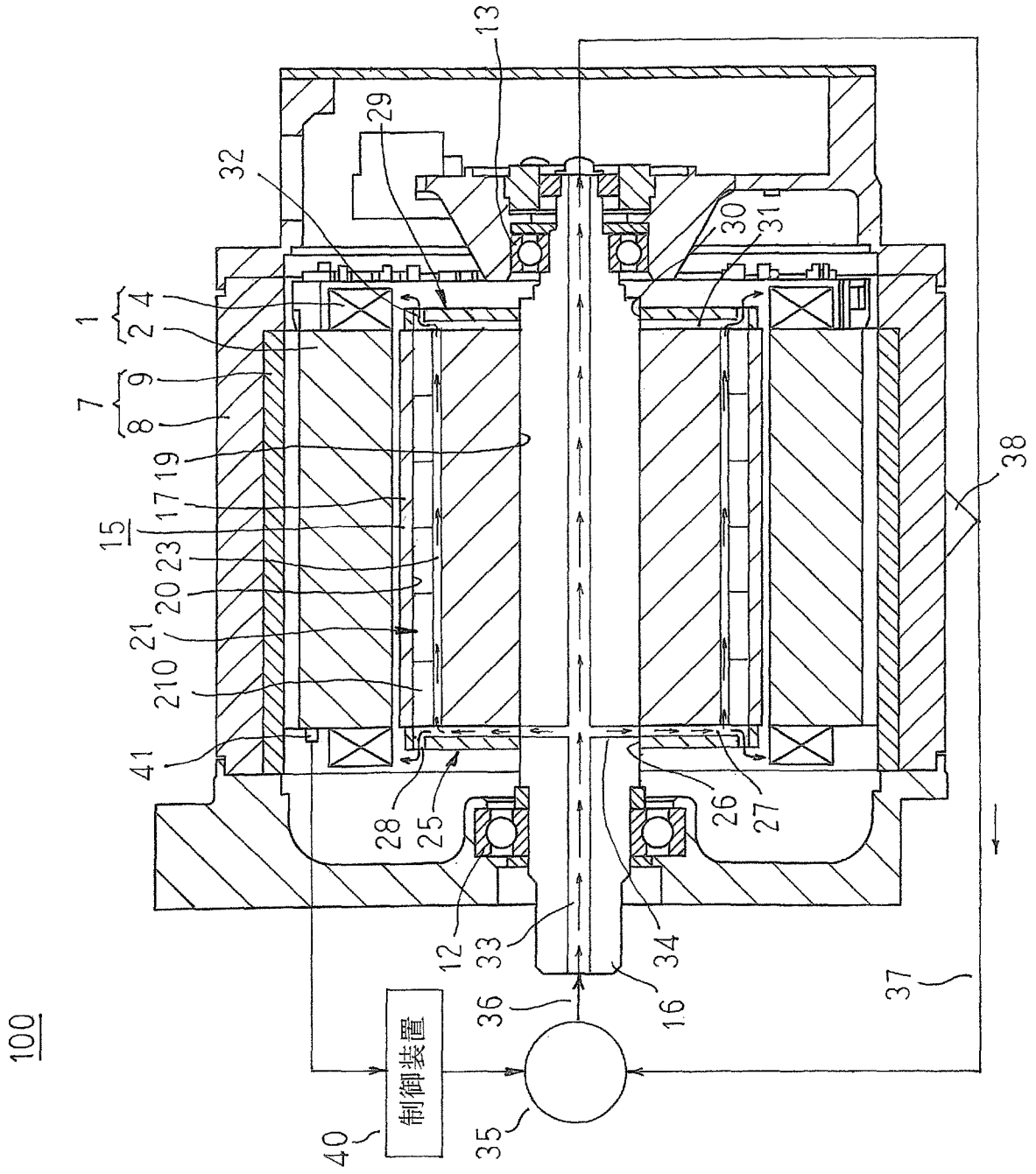
[請求項6] 上記磁石収納穴の上記内側壁面が、その幅を径方向内方に向かって狭くする形状に形成され、上記冷却流路の上記シャフトの軸方向と直交する断面形状が三角形に構成されていることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項7] 回転子溝が、それぞれ、溝方向を軸方向として、上記回転子鉄心の外周面に軸方向の一端から他端に至るように形成されて、周方向に複数配設されていることを特徴とする請求項1から請求項6にいずれか1項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項8] 上記冷却流路に上記冷媒を供給する冷媒供給手段と、  
上記永久磁石の温度を間接的に検出する温度検出器と、  
上記冷媒供給手段の駆動を制御する制御装置と、を備え、  
上記制御装置は、上記温度検出器の検出温度に基づいて上記永久磁石の温度を推定し、上記永久磁石の推定温度が判定値以下である場合には、冷媒供給手段の駆動を停止し、上記推定温度が上記判定値を超

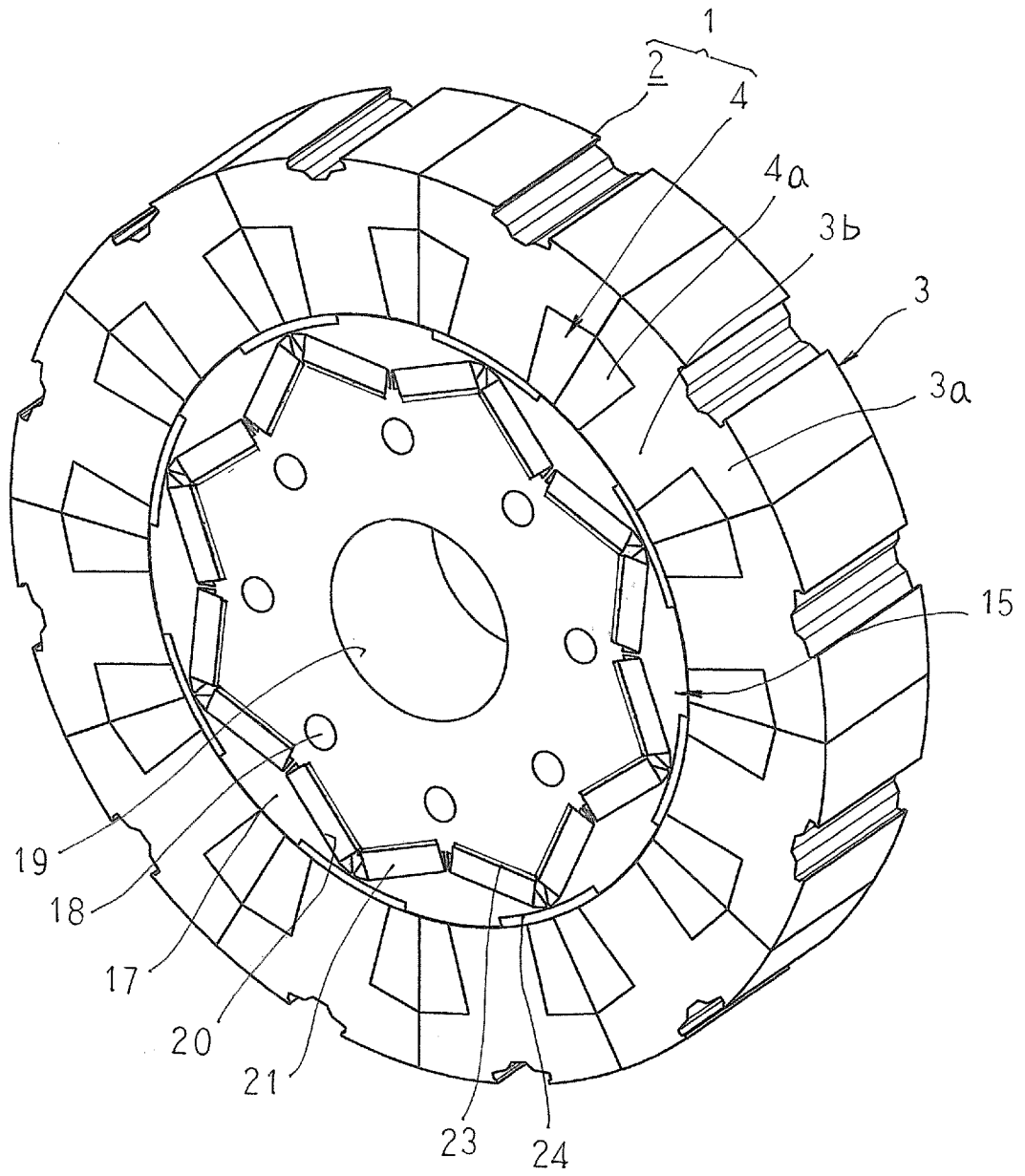
えている場合には、冷媒供給手段の駆動を継続するように構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 にいずれか 1 項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

[图1]

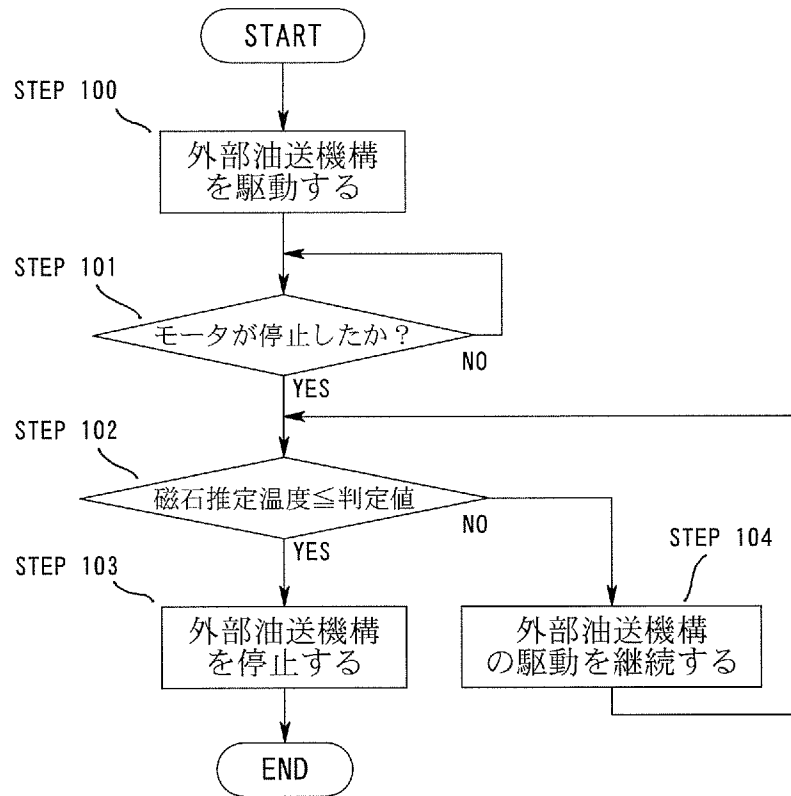




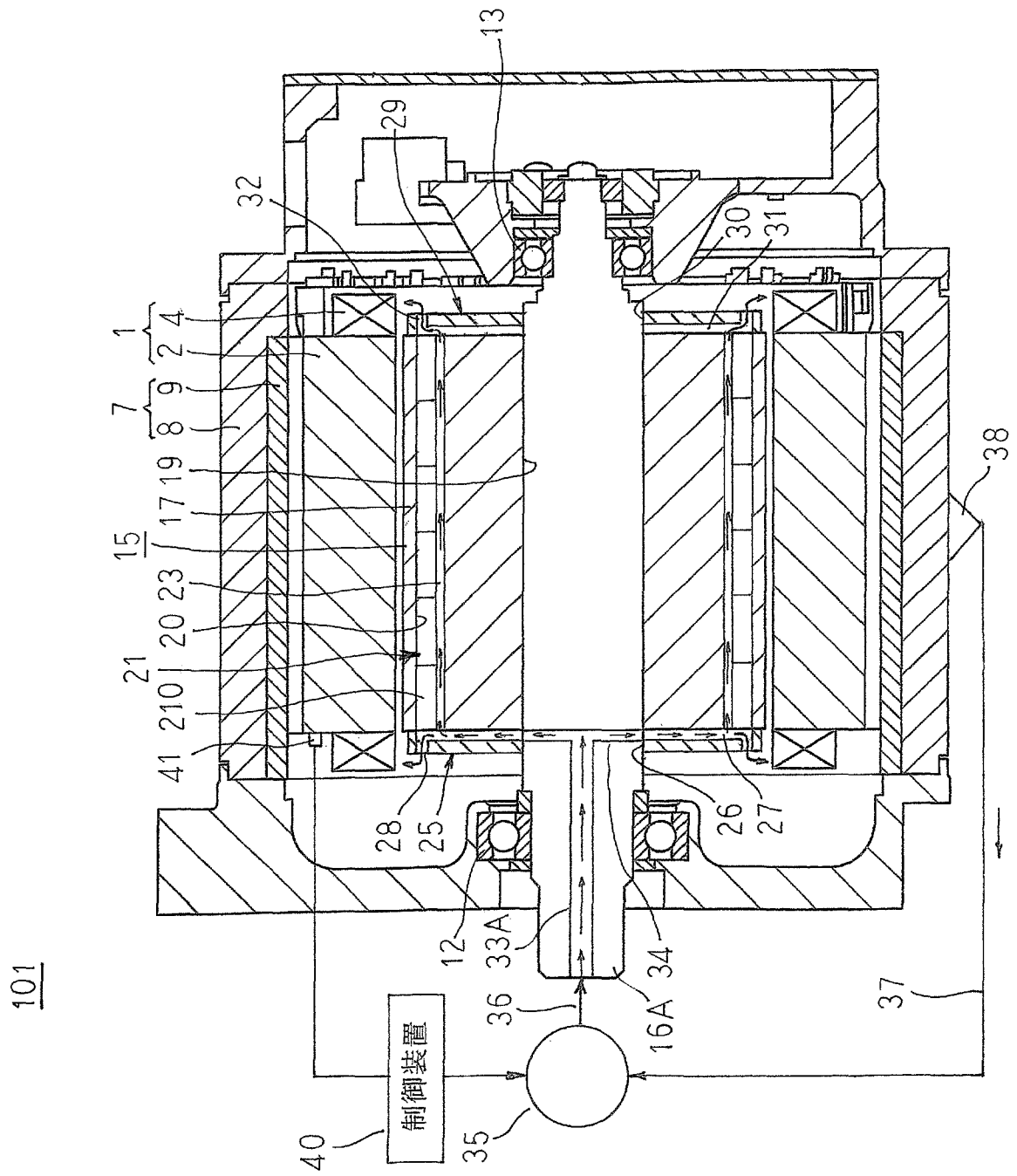
[図3]

100

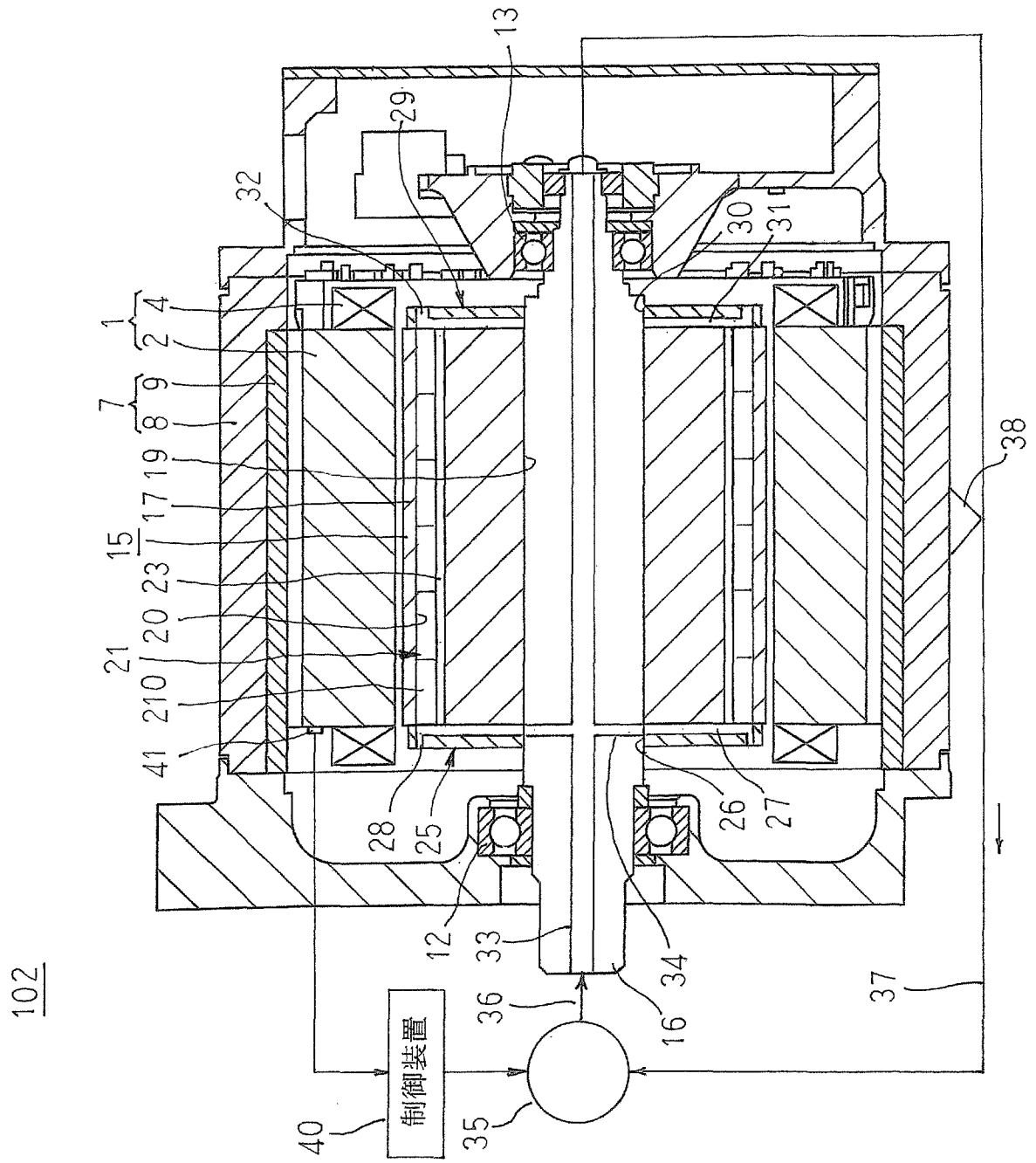
[図4]



[図5]

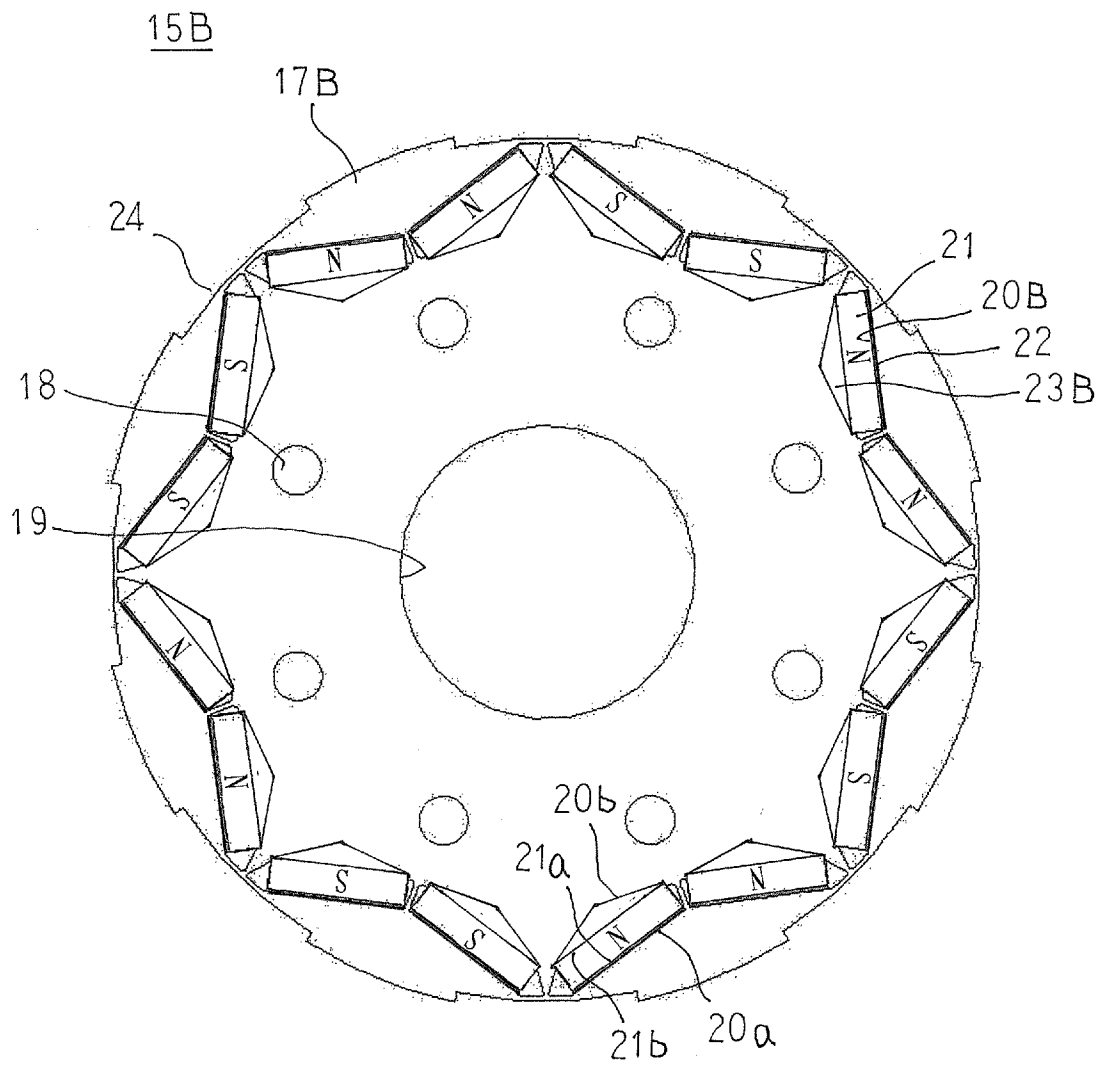


[図6]





[図8]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No. PCT/JP2013/071158
--

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*H02K1/32(2006.01)i, H02K1/27(2006.01)i, H02K9/19(2006.01)i, H02K3/24(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
*H02K1/20, 1/27, 1/32, 3/24, 9/19-9/20*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-345188 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 November 2002 (29.11.2002), paragraphs [0025] to [0037], [0050] to [0053]; fig. 1 to 2, 6 (Family: none)	1-8
Y	JP 2009-303293 A (Toyota Motor Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), paragraphs [0013], [0021] to [0022], [0032]; fig. 2, 7 (Family: none)	1-8
Y	JP 2013-13182 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 17 January 2013 (17.01.2013), paragraphs [0010], [0015], [0036] to [0039], [0046], [0048]; fig. 4, 7 to 8 (Family: none)	4

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28 August, 2013 (28.08.13)	Date of mailing of the international search report 10 September, 2013 (10.09.13)
---	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071158

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-37129 A (Aisin AW Co., Ltd.), 09 February 2001 (09.02.2001), paragraphs [0047] to [0049]; fig. 3, 8 to 10 (Family: none)	7
Y	JP 2008-178243 A (Toyota Motor Corp.), 31 July 2008 (31.07.2008), abstract (Family: none)	8
Y	JP 2005-245085 A (Toyota Motor Corp.), 08 September 2005 (08.09.2005), paragraphs [0034] to [0035]; fig. 2 (Family: none)	8
A	JP 2013-17297 A (Toyota Motor Corp.), 24 January 2013 (24.01.2013), abstract; drawings (Family: none)	1-8
A	JP 5097743 B2 (Honda Motor Co., Ltd.), 12 December 2012 (12.12.2012), fig. 2 & JP 2010-246330 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H02K1/32(2006.01)i, H02K1/27(2006.01)i, H02K9/19(2006.01)i, H02K3/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H02K 1/20, 1/27, 1/32, 3/24, 9/19-9/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-345188 A（日産自動車株式会社）2002. 11. 29, 段落0025 - 0037, 0050 - 0053, 図1 - 2, 6（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2009-303293 A（トヨタ自動車株式会社）2009. 12. 24, 段落0013, 0021 - 0022, 0032, 図2, 7（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2013-13182 A（アイシン精機株式会社）2013. 01. 17, 段落0010, 0015, 0036 - 0039, 0046, 0048, 図4, 7 - 8 （ファミリーなし）	4

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 28. 08. 2013	国際調査報告の発送日 10. 09. 2013
----------------------------	----------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 永田 和彦	3V	3116
	電話番号 03-3581-1101 内線 3358		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2001-37129 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 2001.02.09, 段落0047 - 0049, 図3, 8 - 10 (ファミリーなし)	7
Y	JP 2008-178243 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.07.31, 要約 (ファミリーなし)	8
Y	JP 2005-245085 A (トヨタ自動車株式会社) 2005.09.08, 段落0034 - 0035, 図2 (ファミリーなし)	8
A	JP 2013-17297 A (トヨタ自動車株式会社) 2013.01.24, 要約, 図面 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 5097743 B2 (本田技研工業株式会社) 2012.12.12, 図2 & JP 2010-246330 A	1-8