

(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6月18日(18.06.2015)

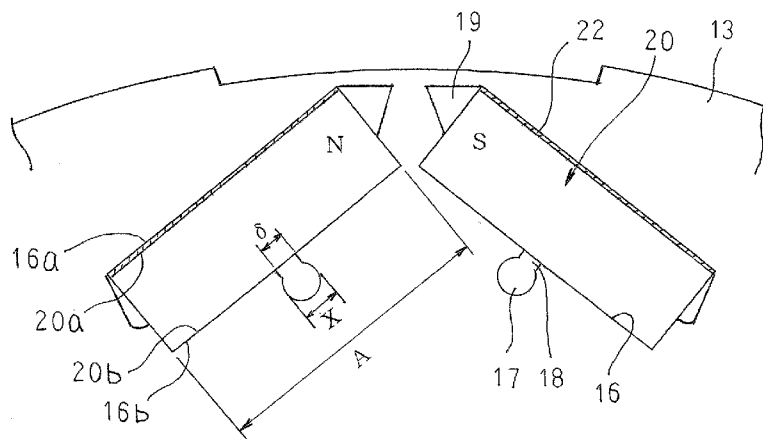


(10) 国際公開番号  
WO 2015/087445 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 9/19 (2006.01) H02K 1/32 (2006.01)  
H02K 1/27 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083488
  - (22) 国際出願日: 2013年12月13日(13.12.2013)
  - (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(KITTA, 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, IR, 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: EMBEDDED PERMANENT MAGNET-TYPE ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) 発明の名称: 永久磁石埋込型回転電機



(57) Abstract: The present invention obtains an embedded permanent magnet-type rotating electrical machine with which a decrease in the amount of magnetic flux of permanent magnets can be suppressed and the permanent magnets can be effectively cooled. In this embedded permanent magnet-type rotating electrical machine, a refrigerant flow path is formed so as to penetrate, on the inner radial side of magnet-receiving holes, through a rotor core in the axial direction, and a connection flow path having a narrower flow path width than a maximum flow path width of the refrigerant flow path is formed so as to connect the refrigerant flow path and the magnet-receiving holes, and so as to penetrate through the rotor core in the axial direction. Permanent magnets are exposed at a region corresponding to the connection flow path of a wall surface located radially inward from the permanent magnets, and are fixed to an inner wall surface of the magnet-receiving holes by an adhesive that is disposed solely between a wall surface located radially outward from the permanent magnets and the inner wall surface of the magnet-receiving holes.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/087445 A1

この発明は、永久磁石の磁束量の低下を抑制するとともに、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。この永久磁石埋込型回転電機では、冷媒流路が磁石収納穴の内径側に回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、冷媒流路の最大流路幅より狭い流路幅を有する連結流路が冷媒流路と磁石収納穴とを連結し、かつ回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、永久磁石が永久磁石の径方向内方に位置する壁面の連結流路と相対する領域を露出させて、永久磁石の径方向外方に位置する壁面と磁石収納穴の内壁面との間にのみ配設された接着剤により磁石収納穴の内壁面に固定されている。

## 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、樹脂部材をキャビティの内壁面全体を覆うように形成し、永久磁石の表面と樹脂部材の内側壁面により構成される管状構造の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）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-17297号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の永久磁石埋込型回転電機では、モールド型内に、ロータコア、永久磁石、冷却流路を形成する中子を配置し、液体の樹脂を流し込み、磁石を硬化させて絶縁部材を形成していた。そこで、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、かつ絶縁部材の厚みが厚くなるので、永久磁石の断面積を確保した場合、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するので、永久磁石の磁束量が低下し、高トルクが得られないという課題があった。

[0005] 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、磁石断面積を確保しつつ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

[0006] 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、少なくとも1本の冷媒流路が、上記磁石収納穴の内径側に上記回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、連結流路が、上記冷媒流路の最大流路幅より狭い流路幅を有し、上記冷媒流路と上記磁石収納穴とを連結し、かつ上記回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、上記永久磁石が、上記永久磁石の径方向内方に位置する壁面の上記連結流路と相対する領域を露出させて、上記永久磁石の径方向内方又は径方向外方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面との間にのみ配設された接着剤により上記磁石収納穴の内壁面に固定されている。

### 発明の効果

[0007] この発明によれば、接着剤が永久磁石の径方向内方又は径方向外方に位置する壁面と磁石収納穴の内壁面との間にのみ配設されているので、接着剤の使用量が少なくなり、磁石断面積を確保しつつ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制でき、高トルク化が図られる。

永久磁石の径方向内方に位置する壁面の連結流路と相対する領域が露出しているため、連結流路を流通する冷媒が永久磁石に直接接し、永久磁石を効果的に冷却できる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [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回転子を示す要部拡大端面図である。

[図4]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における回転子を示す要部拡大端面図である。

[図5]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における回転子を示す要部拡大端面図である。

[図6]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を示す要部拡大端面図である。

[図7]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を示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 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。

[0010] 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回転子を示す要部拡大端面図である。なお、図1中、矢印は冷却油の流れを示している。また、図3中、Aは磁石収納穴16の矩形断面の長辺の長さ、Xは冷媒流路17の最大流路幅、 $\delta$ は連結流路18の流路

幅である。

- [0011] 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4と、それぞれ、軸受9, 10を備え、フレーム4の軸方向両端に配設されて、フレーム4とともに密閉する空間を形成するフロントフレーム7およびリヤフレーム8と、シャフト12を軸受9, 10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11と、外部油送機構35と、を備えている。
- [0012] 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3を有する。フレーム4は、鉄製の円筒状の外フレーム5の内側にアルミ製の円筒状の内フレーム6を圧入、一体化して作製されている。そして、固定子コイル3が装着された固定子鉄心2をフレーム4内に圧入、固着して、固定子1が組み立てられる。
- [0013] 回転子11は、円環状の回転子鉄心13と、回転子鉄心13の軸心位置を貫通するように形成されたシャフト挿入穴15に圧入、固定されたシャフト12と、それぞれ回転子鉄心13の外周側を貫通するように装着された16個の永久磁石20と、シャフト12に圧入、固定されて、回転子鉄心13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。
- [0014] 回転子鉄心13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14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入穴15を有する。磁石収納穴16は、それぞれ、シャフト12の軸方向と直交する断面を軸方向に一定とする矩形とし、回転子鉄心13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16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。
- [0015] 円形断面の冷媒流路17が、磁石収納穴16の内径側、かつ磁石収納穴16の矩形断面の長辺の長さ方向中央に、磁石収納穴16と離間して、回転子鉄心13を軸方向に貫通して形成されている。そして、連結流路18が、磁

石収納穴 16 と冷媒流路 17 を連結して、回転子鉄心 13 の軸方向の一端から他端に至るように形成されている。連結流路 18 の流路幅  $\delta$  は、冷媒流路 17 の最大流路幅  $X$ 、すなわち直径より狭い。また、空隙 19 が、磁石収納穴 16 の矩形断面の長辺の長さ方向の両側に、回転子鉄心 13 を軸方向に貫通して形成され、回転子鉄心 13 内の磁束の流れの経路を制御するフラックスバリアとして機能する。

[0016] ここで、磁石収納穴 16 の内壁面の径方向外方に位置する部位を外側壁面 16 a とし、径方向内方に位置する部位を内側壁面 16 b とする。すなわち、磁石収納穴 16 の矩形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 16 a であり、矩形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 16 b である。また、磁石収納穴 16 の矩形断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。

[0017] 永久磁石 20 は、シャフト 12 の軸方向と直交する断面を矩形とし、磁石収納穴 16 のそれぞれに収納されている。ここで、永久磁石 20 の表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、永久磁石 20 の矩形断面の径方向外方の長辺で構成される表面が外側壁面 20 a であり、矩形断面の径方向内方の長辺で構成される表面が内側壁面 20 b である。また、永久磁石 20 の断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。

[0018] 磁石収納穴 16 に収納された永久磁石 20 は、その外側壁面 20 a のみを接着剤 22 により磁石収納穴 16 の外側壁面 16 a に接着固定されている。そして、永久磁石 20 の内側壁面 20 b が磁石収納穴 16 の内側壁面 16 b に接するとともに、連結流路 18 を介して冷媒流路 17 に露呈している。

[0019] 磁石収納穴 16 の対に収納された永久磁石 20 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 20 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 20 は、シャフト 12 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 21 を軸方向に 1 列に配列して構成されている。

- [0020] 第1端板25は、回転子鉄心13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入穴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の他面側とを連結するように第1端板25を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで16個形成されている。
- [0021] 第1端板25は、シャフト挿入穴26にシャフト12を通して、一面を回転子鉄心13に向けて軸方向一側からシャフト12に圧入固定される。第1端板25の一面が回転子鉄心13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13に形成された冷媒流路17および連結流路18が導入流路27に接続される。第1排出路28が、冷媒流路17のそれぞれの径方向外方に位置している。
- [0022] 第2端板29は、回転子鉄心13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入穴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の他面側とを連結するように第2端板29を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで16個形成されている。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。
- [0023] 第2端板29は、シャフト挿入穴30にシャフト12を通して、一面を回転子鉄心13に向けて軸方向他側からシャフト12に圧入固定される。第2端板29の一面が回転子鉄心13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13に形成された冷媒流路17および連結流路18が導入流路31に接続される。第2排出路32が、冷媒流路17のそれぞれの径方向外方に位置している。
- [0024] シャフト12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とを連結する分岐流路34と、を備える。



- [0025] 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 12 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 4 の下方に取り付けられたオイルパン 38、およびシャフト 12 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。
- [0026] 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 3 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。
- [0027] 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、冷媒流路 17 および連結流路 18 に流入する。冷却油は、冷媒流路 17 および連結流路 18 を通って軸方向他側に流れて永久磁石 20 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 3 のリヤ側コイルエンドに当たって固定子コイル 3 の熱を吸熱し、オイルパン 38 に集められる。
- [0028] 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 3 のフロント側コイルエンドに当たって固定子コイル 3 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 12 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。
- [0029] この実施の形態 1 によれば、冷媒流路 17 が磁石収納穴 16 の内径側に回転子鉄心 13 を軸方向に貫通するように形成され、軸方向の全域にわたって、連結流路 18 を介して磁石収納穴 16 と連通している。また、永久磁石 20 が、外側壁面 20a を磁石収納穴 16 の外側壁面 16a に接着固定されている。そこで、冷媒流路 17 を流通する冷却油が、永久磁石 20 の内側壁面

- 20bに直接接するので、永久磁石20を効果的に冷却することができる。
- [0030] 永久磁石20を固着する接着剤22が、永久磁石20の外側壁面20aと磁石収納穴16の外側壁面16a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16の断面積が小さくできるので、永久磁石20と磁石収納穴16の内壁面との間の距離が短くなり、永久磁石20と回転子鉄心13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20の磁束量の低下を抑えることができ、トルクの低下が抑えられる。
- [0031] 接着剤22の量が減る分、永久磁石20の断面積を増やすことができる。そこで、永久磁石20の磁束量を増加でき、高トルク化が図られる。
- [0032] シャフト12が、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とを連結する分岐流路34と、を備えている。そこで、回転子11の回転時に、冷却油に作用する遠心力が冷却油を分岐流路34から導入流路27に供給する駆動力となる。これにより、冷却油が冷媒流路17に安定して供給され、永久磁石20を効果的に冷却できる。
- [0033] 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。
- [0034] 第1端板25は、導入流路27の外周部と第1端板25の他面側とを連結する第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3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3の温度上昇を抑えることができる。
- [0035] 第2端板29は、導入流路31の外周部と第2端板29の他面側とを連結する第2排出路32を備えている。そこで、冷媒流路17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3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3の温度上昇を抑えることがで

きる。

[0036] ここで、連結流路 18 の流路幅  $\delta$  は、磁気飽和を考慮して、式 1 を満足するように形成することが好ましい。つまり、流路幅  $\delta$  が式 1 を満足するように連結流路 18 を設計することで、磁気飽和を発生させることなく、連結流路 18 を形成することができる。

$$\delta \leq A \times (1 - B_r / B_s) \quad \dots \text{(式 1)}$$

但し、 $B_r$  は永久磁石の残留磁束密度、 $B_s$  は回転子鉄心の飽和磁束密度である。

[0037] 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、シャフト挿入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 16 個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結するように、第 1 端板および第 2 端板を貫通して形成すればよい。

[0038] また、上記実施の形態 1 では、冷媒流路 17 が磁石収納穴 16 の内径側に磁石収納穴 16 から離れて形成され、連結流路 18 が磁石収納穴 16 と冷媒流路 17 を連結するように形成されているが、冷媒流路の円形断面の一部が磁石収納穴と重なるように、冷媒流路を形成してもよい。この場合、磁石収納穴と交差する冷媒流路の円形断面の弦の部分が連結流路となる。

[0039] また、上記実施の形態 1 では、冷媒流路 17 が円形断面に形成されているが、冷媒流の断面は円形に限定されず、楕円形、三角形、ひし形でもよい。例えば、冷媒流路の断面が楕円形の場合、冷媒流路は、楕円形の長軸を磁石収納穴の幅方向と平行として、磁石収納穴の内径側に形成され、楕円形の長軸長さが磁石収納穴の最大流路幅  $X$  となる。また、冷媒流路の断面が三角形の場合、冷媒流路は、三角形の底辺を磁石収納穴の幅方向と平行として、かつ頂点を磁石収納穴に向けて、磁石収納穴の内径側に形成され、底辺の長さ

が磁石収納穴の最大流路幅 $X$ となる。また、冷媒流路の断面がひし形の場合、冷媒流路は、ひし形の対角線を磁石収納穴の幅方向と平行として、磁石収納穴の内径側に形成され、ひし形の対角線の長さが磁石収納穴の最大流路幅 $X$ となる。

[0040] また、上記実施の形態1では、冷媒流路17が磁石収納穴16の内径側に1本のみ形成されているが、冷媒流路の本数は複数本でもよい。例えば、3本の冷媒流路を、磁石収納穴16の内径側に、幅方向に互いに離れて形成し、3本の冷媒流路と磁石収納穴をそれぞれ連結流路で連結させてもよい。この場合、3本の冷媒流路と磁石収納穴を連結する3本の連結流路の流路幅 $\delta$ の総和( $\sum \delta$ )が上記式1を満足するように3本の連結流路を設計すれば、磁気飽和の発生を防止することができる。

[0041] また、上記実施の形態1では、永久磁石20が、軸方向に6つの磁石ブロック21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。

[0042] 実施の形態2.

図4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における回転子を示す要部拡大端面図である。

[0043] 図4において、内側壁面20bに塗布された接着剤22が、連結流路18の磁石収納穴16側に、回転子鉄心13の軸方向の一端から他端に至る空隙を形成するように硬化され、補助冷媒流路41を形成している。

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。

[0044] この実施の形態2では、接着剤22が内側壁面20bに塗布された永久磁石20を磁石収納穴16に挿入する。そして、接着剤22の硬化前に、冷媒流路17内に挿入された補助冷媒流路形成用型(図示せず)を連結流路18から磁石収納穴16内に突出させて、永久磁石20を外側壁面16aに押し付ける。そして、接着剤22の硬化後に、補助冷媒流路形成用型を引き抜く。これにより、永久磁石20の内側壁面20bと接着剤22により囲まれた補助冷媒流路41が形成される。この補助用冷媒流路41は、連結流路18を

介して冷媒流路 17 に連結されている。

[0045] そこで、永久磁石 20 の内側壁面 20 b が補助冷媒流路 41 内に露出しており、冷媒流路 17 および連結流路 18 を流通する冷却油が補助冷媒流路 41 にも流れ、永久磁石 20 を接する。また、永久磁石 20 を固着する接着剤 22 が、永久磁石 20 の内側壁面 20 b と磁石収納穴 16 の内側壁面 16 b との間にのみ塗布されている。したがって、この実施の形態 2 においても、上記実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

[0046] 実施の形態 3.

図 5 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における回転子を示す要部拡大端面図である。

[0047] 図 5 において、永久磁石 20 は、外側壁面 20 a を接着剤 22 により外側壁面 16 a に固着されて、磁石収納穴 16 に装着されている。そして、永久磁石 20 の内側壁面 20 b と磁石収納穴 16 の内側壁面 16 b との間に隙間 42 が形成されている。

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] この実施の形態 3 では、接着剤 22 が外側壁面 20 a に塗布された永久磁石 20 を磁石収納穴 16 に挿入し、接着剤 22 の硬化前に、回転子 11 を回転させる。これにより、永久磁石 20 は遠心力により外側壁面 16 a に押し付けられ、内側壁面 20 b, 16 b 間に隙間 42 が形成される。この隙間 42 は、接着剤 22 の硬化により保持される。

[0049] この実施の形態 3 によれば、冷媒流路 17 を流通する冷却油が連結流路 18 を介して内側壁面 20 b, 16 b 間の隙間 42 に流れ込む。これにより、冷却油と永久磁石 20 との接触面積が増大し、永久磁石 20 を効果的に冷却することができる。

[0050] 実施の形態 4.

図 6 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を示す要部拡大端面図である。

[0051] 図 6 において、回転子鉄心 44 は、同一形状に作製された 2 つの鉄心プロ

ック45を備えている。鉄心ブロック45は、軸方向厚みが半分である点を除いて、回転子鉄心13と同様に構成されている。そして、回転子鉄心44は、一方の鉄心ブロック45を他方の鉄心ブロック45に対して中心軸O周りに段スキュー角 $\theta$ （機械角）だけ周方向一側に回転させて、軸方向に重ねて一体化して構成されている。すなわち、鉄心ブロック45の磁石収納穴46に収納された永久磁石49は軸方向に2段に構成され、永久磁石49の2段の段間に回転子鉄心44の周方向に段スキュー角 $\theta$ が設けられている。

[0052] ここで、冷媒流路47の中心と鉄心ブロック45の中心軸Oとの間の距離を $r$ 、冷媒流路47の最大流路幅の半分としたときに、段スキュー角 $\theta$ は式2を満足するように設定されている。なお、冷媒流路47は円形断面であるので、 $d$ は冷媒流路47の半径となる。

$$\theta < \{ \sin^{-1} (d/r) \} \times 2 \quad \dots \text{式 (2)}$$

[0053] この実施の形態4では、段スキュー角 $\theta$ が式2を満足するように設定されているので、2つの鉄心ブロック45の冷媒流路47の一部が軸方向から見て重なり合う。そこで、2つの鉄心ブロック45の冷媒流路47が軸方向に繋がり、回転子鉄心44の軸方向の一端から他端に至る冷媒流路が構成される。

そして、永久磁石49が磁石収納穴46の外側壁面46aに接着剤22により固着されて、鉄心ブロック45に装着されている。

[0054] このように構成された回転子43では、永久磁石49が軸方向に2段に設けられ、永久磁石49の段間に回転子鉄心44の周方向に段スキュー角 $\theta$ を設けている。そこで、コギングトルクを低減することができる。

[0055] 段スキュー角 $\theta$ （機械角）が、式（2）を満足するように設定されている。そこで、2つの鉄心ブロック45の冷媒流路47の一部が軸方向から見て重なり合い、回転子鉄心44の軸方向の一端から他端に至る冷媒流路が構成される。これにより、冷媒流路を流通する冷却油が連結流路48内に流れ込み、永久磁石49に接して、永久磁石49を冷却する。さらに、永久磁石49を固着する接着剤22が、永久磁石49の外側壁面49aと磁石収納穴4

6の外側壁面46aとの間にのみ塗布されている。したがって、この実施の形態4においても、上記実施の形態1と同様の効果が得られる。

[0056] なお、上記実施の形態4では、永久磁石49が2段に設けられ、永久磁石の段間に回転子鉄心44の周方向に段スキュー角 $\theta$ を設けているが、永久磁石49を3段以上に設け、永久磁石のそれぞれの段間に回転子鉄心44の周方向に段スキュー角 $\theta$ を設けもよい。

[0057] 実施の形態5.

図7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を示す断面図である。

[0058] 図7において、軸内流路33Aが、シャフト12A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12A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。

[0059] 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12Aのフロント側のみに形成されるので、シャフト12Aのコストを削減できる。

[0060] 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12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12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。

[0061] 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。

[0062] 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、

少なくとも1本の冷媒流路が、上記磁石収納穴の内径側に上記回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、

連結流路が、上記冷媒流路の最大流路幅より狭い流路幅を有し、上記冷媒流路と上記磁石収納穴とを連結し、かつ上記回転子鉄心を軸方向に貫通するように形成され、

上記永久磁石が、上記永久磁石の径方向内方に位置する壁面の上記連結流路と相対する領域を露出させて、上記永久磁石の径方向内方又は径方向外方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面との間のみ配設された接着剤により上記磁石収納穴の内壁面に固定されていることを特徴とする永久磁石埋込型回転電機。

[請求項2] 上記連結流路は、流路幅の総和 $\Sigma \delta$ が、 $\Sigma \delta \leq A \times (1 - B_r / B_s)$ 、（但し、 $\delta$ ：上記連結流路の流路幅、 $A$ ：上記磁石収納穴の幅、 $B_r$ ：上記永久磁石の残留磁束密度、 $B_s$ ：上記回転子鉄心の飽和磁束密度）を満足するよう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] 上記永久磁石は、上記永久磁石の径方向外方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面とが接するように、上記接着剤により上記永久磁石の径方向内方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面とを固定され、

補助冷媒流路が、上記永久磁石の径方向内方に位置する壁面の上記連結流路と相対する領域と上記接着剤とに囲まれて、上記連結流路に連結するように形成されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項4] 上記永久磁石は、上記接着剤により上記永久磁石の径方向外方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面とを固定され、

上記永久磁石の径方向内方に位置する壁面と上記磁石収納穴の内壁面との間に隙間が形成され、

上記隙間が上記連結流路を介して上記冷媒流路に連結されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の永久磁石埋込型回転電機。

[請求項5] 上記永久磁石は軸方向に複数段に構成され、上記永久磁石の段間のそれぞれに、上記回転子鉄心の周方向に段スキュー角 $\theta$ が設けられ、

上記段スキュー角 $\theta$ は、 $\theta < \{ \sin^{-1} (d/r) \} \times 2$  (但し、 $d$  : 上記冷媒流路の最大流路幅/2、 $r$  : 上記回転子鉄心の軸心と上記冷媒流路の中心との間の距離) を満足するように設定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6] シャフト挿入穴に挿入された上記シャフトに固定されて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端板をさらに備え、

導入流路が、上記シャフト挿入穴と上記冷媒流路とを連結するように上記端板に形成され、

上記シャフトが、軸心位置を軸方向に貫通するように形成された軸内流路、および上記軸内流路から径方向に分岐して、上記軸内流路と上記導入流路とを連結するように形成された分岐流路を有していることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

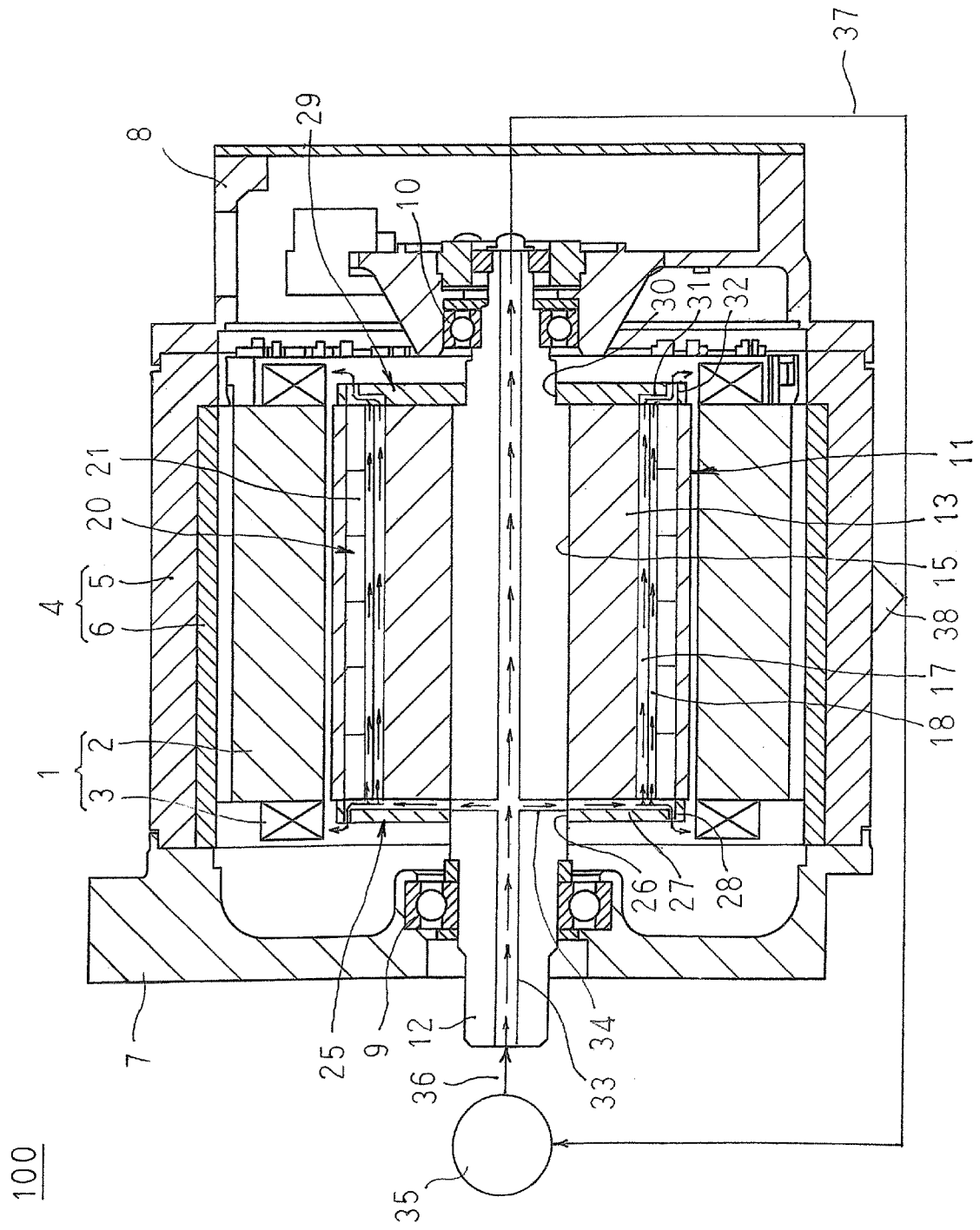
[請求項7] シャフト挿入穴に挿入された上記シャフトに固定されて上記回転子

鉄心の軸方向一端面に接するように配設された端板をさらに備え、

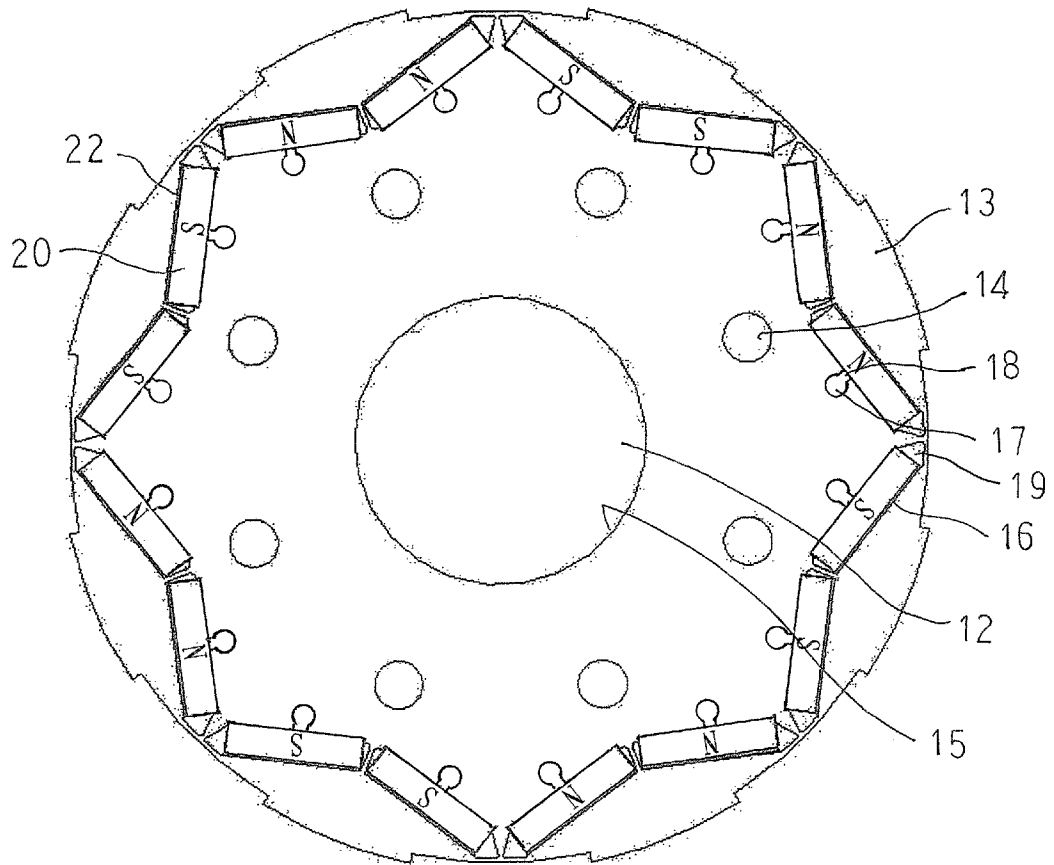
導入流路が、上記シャフト挿入穴と上記冷媒流路とを連結するように上記端板に形成され、

上記シャフトが、軸心位置を軸方向一端から上記端板の下端位置に至るように形成された軸内流路、および上記軸内流路から径方向に分岐して、上記軸内流路と上記導入流路とを連結するように形成された分岐流路を有していることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

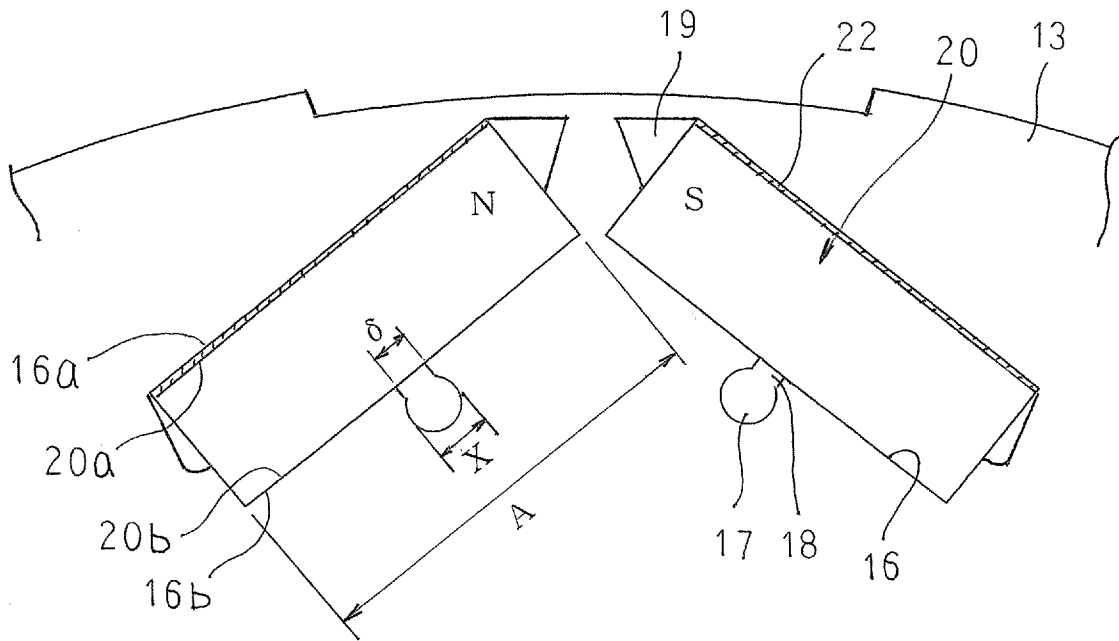
[図1]



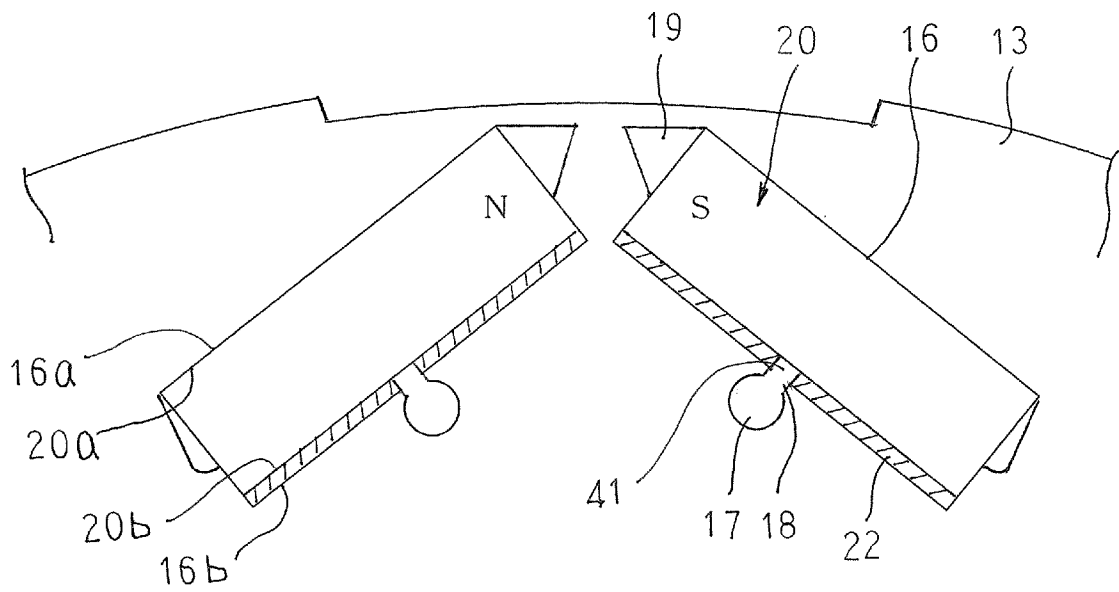
[図2]

11

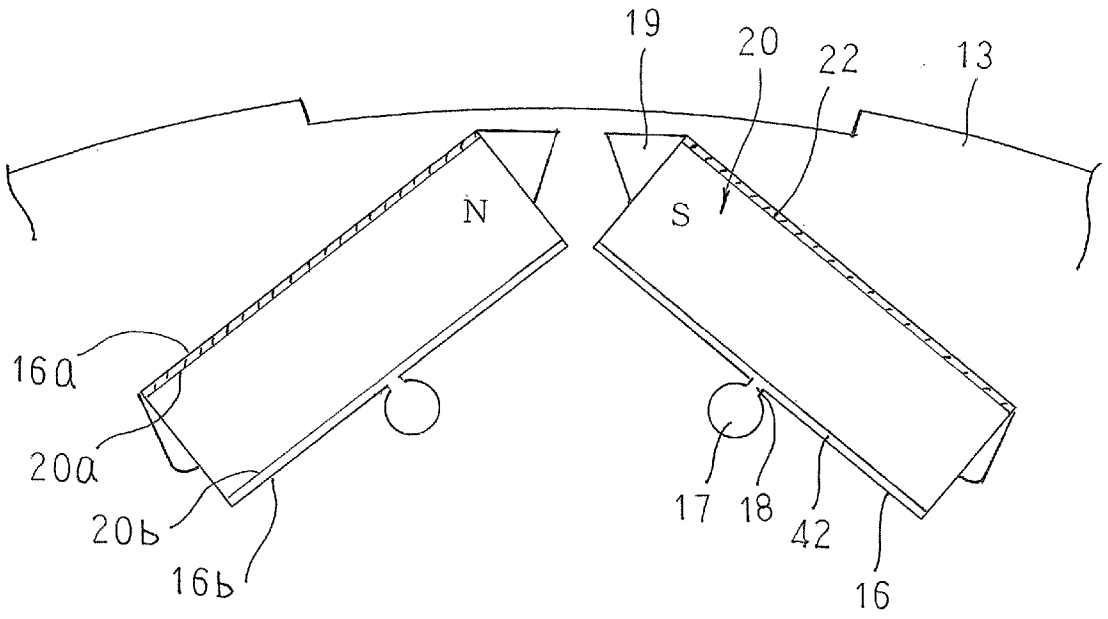
[図3]



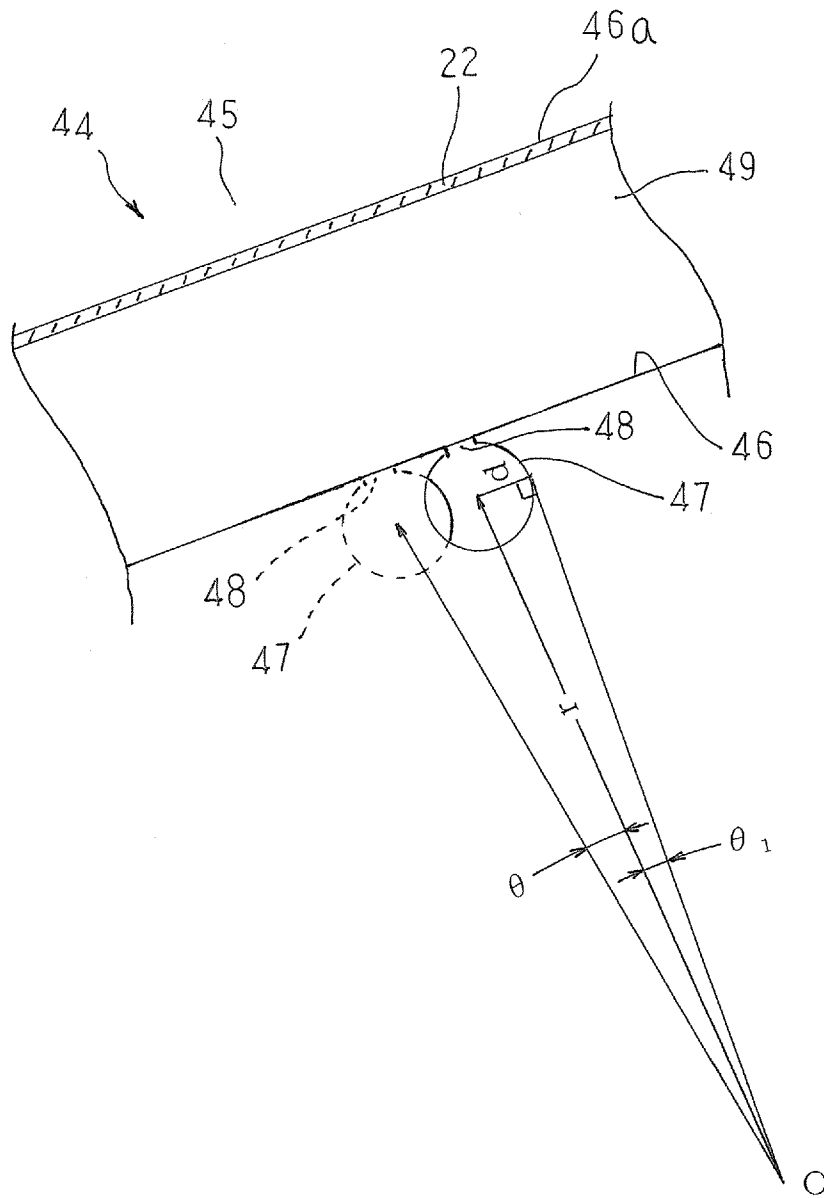
[図4]



[図5]

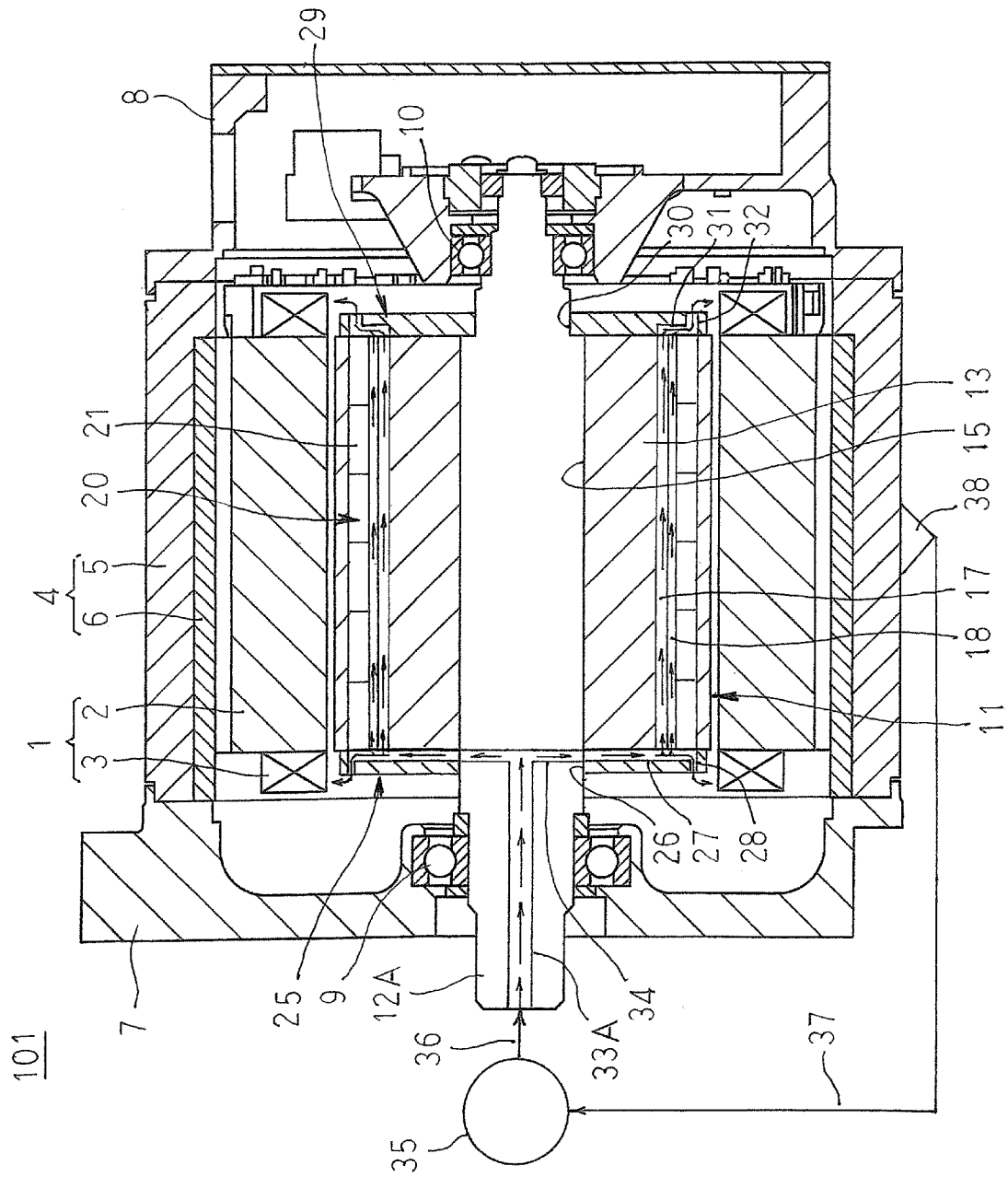


[図6]





[図7]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2013/083488

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

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2013-192339 A (Toyota Industries Corp.), 26 September 2013 (26.09.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	WO 2013/136405 A1 (Toyota Motor Corp.), 19 September 2013 (19.09.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2013-183480 A (Toyota Motor Corp.), 12 September 2013 (12.09.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

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 24 February, 2014 (24.02.14)	Date of mailing of the international search report 04 March, 2014 (04.03.14)
---	---

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

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/083488

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-183483 A (Toyota Motor Corp.), 12 September 2013 (12.09.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

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

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 1971-2014年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2014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
A	JP 2013-192339 A（株式会社豊田自動織機）2013.09.26, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7
A	WO 2013/136405 A1（トヨタ自動車株式会社）2013.09.19, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2013-183480 A（トヨタ自動車株式会社）2013.09.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7

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 24.02.2014	国際調査報告の発送日 04.03.2014
--------------------------	--------------------------

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） 池田 貴俊 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3V	9256
--	---	----	------

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
A	JP 2013-183483 A (トヨタ自動車株式会社) 2013. 09. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7