

(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
2014年12月18日(18.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/199466 A1

- (51) 国際特許分類: *H02K 1/22* (2006.01) *H02K 1/27* (2006.01) 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).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066232 (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).
- (22) 国際出願日: 2013年6月12日(12.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, 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.
- (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: 馬場 和彦(BABA, Kazuhiko); 〒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). 矢部 浩二(YABE, Koji); 〒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). 仁吾 昌弘(NIGO, Masahiro); 〒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). 及川 智明(OIKAWA, Tomoaki); 〒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). (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

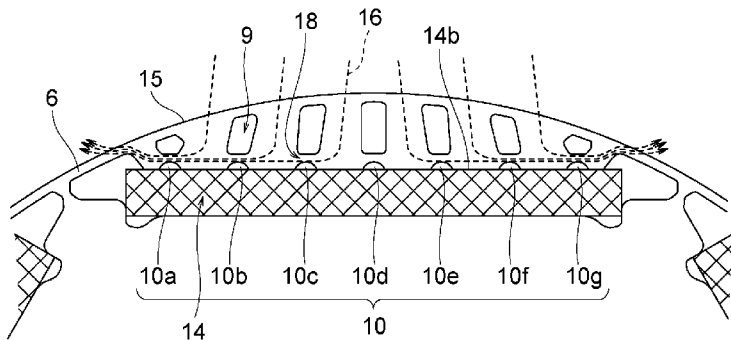
[続葉有]

(54) Title: MOTOR WITH PERMANENT MAGNET EMBEDDED THEREIN, AND COMPRESSOR

(54) 発明の名称: 永久磁石埋込型電動機及び圧縮機

(57) Abstract: A motor (50) with a permanent magnet embedded therein comprises: a rotor (100); a stator (1); permanent magnets (14) inserted into magnet housing holes (13); and slits (9) at positions to the outside of each of the magnet housing holes (13) in the radial direction. In each region where a magnet housing hole faces a slit, there is a gap (10) between the radially-outward surface (14b) of a permanent magnet and the rotor core. In each region facing a slit, the respective permanent magnet is separated from the rotor core by the respective gap.

(57) 要約: 永久磁石埋込型電動機50は、回転子100と、固定子1と、磁石收容孔13に挿入された永久磁石14と、磁石收容孔の径方向外側に形成されたスリット9とを備え、永久磁石の径方向外側の表面14bと、回転子鉄心との間には、スリットの対向する領域毎に、空間部10が確保されており、永久磁石は、スリットの対向する領域毎に、空間部を介して回転子鉄心から離れている。



WO 2014/199466 A1

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))

明 細 書

発明の名称：永久磁石埋込型電動機及び圧縮機

技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石を回転子鉄心の内部に埋め込んだ永久磁石埋込型電動機、及び、それを備えた圧縮機に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、省エネ意識の高まりから、残留磁束密度の高いNd・Fe・B系の希土類永久磁石を回転子に用いることによって高効率化を実現した永久磁石型電動機が多く提案されている。

[0003] 特に、冷凍・空調機器に用いられる圧縮機用の電動機には、回転子鉄心内部に永久磁石を埋め込んだ永久磁石埋込型電動機が多く用いられている。回転子鉄心の内部には、複数の永久磁石を埋め込むための複数の磁石収容孔が設けられている。これら永久磁石の外形側の鉄心部には、電動機に発生する電磁加振力を抑制するため、半径方向に延びるスリットが設けられている。

[0004] 例えば、特許文献1の図2に開示された永久磁石埋込型電動機の回転子は、永久磁石の鉄心部の外周部近傍に、複数のスリットが設けられている。

[0005] 一方、従来の電動機のなかには、圧縮機の高湿雰囲気中で電動機を動作させるため、高温時に希土類磁石が減磁するのを防止すべく、ジスプロシウム(Dy)を多く添加し、J保磁力を大きくしていた。特にGWP(地球温暖化係数)の小さいR32冷媒を用いた場合、従来の410A冷媒に比べ圧縮機の温度が10℃以上上昇するため、Dyの添加量を増やして、J保磁力を大きくしていた。

[0006] 例えば、特許文献2に開示された圧縮機は、密閉ケーシングの内部に、ブラシレスDCモータと圧縮機本体とを互いに同心に設けるとともに、圧縮機本体によって吸入・圧縮・吐出が行われる冷媒としては、R32単体またはR32リッチ混合冷媒を採用し、希土類磁石のJ保磁力を23kOe以上に設定していた。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2008-022601号公報（主に図2参照）
特許文献2：特開2001-115963号公報（主に図12参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、上記特許文献1に示される永久磁石埋込型電動機は、固定子の巻線が作る反磁界（永久磁石の作る磁束に対して逆向きの磁束）が回転子へ印加された場合、磁石の透磁率は空気とほぼ等しく磁束が通りにくいいため、磁束は磁気抵抗の小さい方向へ流れようとする。この際、反磁界は、磁気抵抗の最も小さい磁石収容孔と複数のスリットとの間の鉄心部を通過しようとするが、鉄心部の肉厚が薄いため鉄心部が磁気飽和し、複数のスリットと対向する磁石の表面に沿うように通過する。これにより、磁石の表面に反磁界が加わり、磁石の表面が減磁するという課題があった。
- [0009] また、上記特許文献2に示される圧縮機では、冷媒としてR32を用い、磁石の減磁耐力を確保するためにJ保磁力を23kOe以上に設定していたため、希土類磁石に添加するジスプロシウム（Dy）が増え、コスト高となっていた。さらに、Dyを多く添加することで、磁石の残留磁束密度（Br）が低下し、効率の低下を招いていた。
- [0010] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、電動機に発生する電磁加振力を抑制しつつも、含有材料による減磁防止作用に頼ることなく磁石の表面の減磁耐力を改善することができる、永久磁石埋込型電動機を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 上述した目的を達成するため、本発明は、回転子と、空隙を隔てて前記回転子と対向するように設置された固定子と、前記回転子の回転子鉄心に形成された複数の磁石収容孔それぞれに挿入された複数の永久磁石と、前記回転

子の回転子鉄心において前記磁石収容孔のそれぞれの径方向外側に形成された複数のスリットとを備えた永久磁石埋込型電動機であって、前記複数の永久磁石のそれぞれの径方向外側の表面と、前記回転子鉄心との間には、前記複数のスリットの対向する領域毎に、空間部が確保されており、前記永久磁石の前記表面は、前記複数のスリットの対向する領域毎に、前記空間部を介して前記回転子鉄心から離れている。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、電動機に発生する電磁加振力を抑制しつつも、含有材料による減磁防止作用に頼ることなく磁石の表面の減磁耐力を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施の形態1に係る永久磁石埋込型電動機の断面図である。
[図2]図1に示される回転子鉄心の断面図である。
[図3]図2に示される回転子鉄心の1極分の部分拡大図である。
[図4]図2の回転子鉄心に希土類磁石を収容した状態の回転子を示す図である。
[図5]反磁界による磁束の流れを示す概念図である。
[図6]図4の回転子の変形例を示す断面図である。
[図7]本発明の実施の形態2に関する、図2と同態様の図である。
[図8]本実施の形態2に関する、図3と同態様の図である。
[図9]本実施の形態2に関する、図4と同態様の図である。
[図10]本実施の形態2に関する、図5と同態様の図である。
[図11]本実施の形態3に関する、図5と同態様の図である。
[図12]本発明の実施の形態4に関し、永久磁石埋込型電動機を搭載したロータリ圧縮機の縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明に係る永久磁石埋込型電動機及び圧縮機の実施の形態について添付図面に基づいて説明する。なお、図中、同一符号は同一又は対応部分

を示すものとする。

[0015] 実施の形態 1.

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型電動機の断面図であり、図 2 は、図 1 に示される回転子鉄心を示す断面図であり、図 3 は、図 2 の回転子鉄心の 1 極分の部分拡大図、図 4 は、図 2 の回転子鉄心に Nd・Fe・B 系の希土類磁石を収容した状態の回転子を示す図である。なお、図 1 ~ 図 4 は、後述する回転子の回転軸を垂線とする面を紙面としている。

[0016] 図 1 において、本発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型電動機 50 は、円環状の固定子 1 と、回転子 100 とを備えている。固定子 1 は、環状を成す固定子鉄心 2 と、この固定子鉄心 2 の内周部において周方向（回転子の回転軸を垂線とする面における当該回転軸を中心とする円周の方向、回転子 100 の回転軌跡方向）に等角ピッチで形成された複数のスロット 3 と、各スロット 3 に収容されたコイル 4 とを有している。

[0017] 固定子 1 の内周側には、回転子 100 が回転可能に配設され、回転子 100（回転子鉄心 12）の外周面 15 と固定子 1 の内周面 1a との間には、円筒状の空隙 5 が形成されている。なお、図 1 に示される固定子 1 は、一例として分布巻の固定子であるが、集中巻の固定子であってもよい。

[0018] 一方、回転子 100 は、主たる構成として、回転軸 11 と、回転子鉄心 12 と、複数の永久磁石 14 とを有している。回転軸 11 には、駆動源からの回転エネルギーが伝達され、かかる回転エネルギーによって、回転軸 11 の周囲に設けられている回転子鉄心 12 が、回転される。回転子鉄心 12 と回転軸 11 とは、例えば焼嵌および圧入等により連結されている。

[0019] さらに、図 2 及び図 3 を参照して、回転子の詳細を説明する。図 2 及び図 3 には、永久磁石 14 を収容する前の回転子鉄心 12 が示されている。回転子鉄心 12 は、金型で所定形状に打ち抜いたケイ素鋼板（構成板）を、回転軸 11 の延びる方向（図 2 の紙面表裏方向）に複数枚積層して製作される。回転子鉄心 12 の外周面 15 は、円筒状に形成されている。

[0020] 回転子鉄心 12 には、周方向に沿って並べられた 6 つの磁石収容孔 13 が

形成されている。6つの磁石収容孔13は、同一形状をなしている。また、6つの磁石収容孔13はそれぞれ、均等な角度範囲にわたって広がっており、また、磁石収容孔13の各部の径方向の位置も、6つの磁石収容孔13において同一な態様となっている。

[0021] 磁石収容孔13はそれぞれ、図2の紙面において、径方向（回転子の回転軸を垂線とする面における当該回転軸を中心とする半径の方向）でいう外側画定ライン13aと、内側画定ライン13bと、一对のエンドライン13cとを有している。一对のエンドライン13cは、回転子鉄心12の外周面15の近傍において外側画定ライン13aの端部13d（図3参照）と、内側画定ライン13bの端部13e（図3参照）とを結んでいる。外側画定ライン13a及び内側画定ライン13bそれぞれの大部分（端部を除く）は、径方向と直交する方向に延びている。

[0022] 回転子鉄心12は、回転子鉄心12の外周面15と、各磁石収容孔13のエンドライン13cそれぞれとの間に、外周薄肉鉄心部6を含んでいる。

[0023] このように回転子鉄心12を構成することによって、磁石収容孔13の両端部（エンドライン13c）付近の磁気抵抗を大きくすることができる。これにより、磁石の短絡磁束を低減でき、高トルク化が実現できる。

[0024] 磁石収容孔13の外側画定ライン13aには、外周面15側に凸となる複数の窪み部8（8a～8g）が設けられている。これらの窪み部8は後述するスリット9（9a～9g）と対向する位置に配置されている。本実施の形態1では、一つのスリット9に対して一つの窪み部8が対応して設けられており、すなわち、窪み部8は、スリット9と同数、設けられている。

[0025] また、外側画定ライン13aと、複数のスリット9のそれぞれとの間の間隔は、一つの極を通してほぼ同じになっており、複数の窪み部8の径方向の深さも、一つの極を通してほぼ同じに設定されている。窪み部8の深さ寸法は、永久磁石14の径方向の厚み寸法よりも十分小さく、本実施の形態では、磁石の厚み寸法2mmに対し、0.6mmとなっている。なお、窪み部の深さは、これに限定されるものではなく、磁石の径方向の厚み寸法に対し、

1 / 3 以下であれば好適である。

[0026] また、窪み部 8 の幅寸法に関しては、外側画定ライン 1 3 a に連なる開口部分（上記凸でいう凸の根元部分）が最も大きくなっており、その幅寸法は、後述するスリット 9 の幅寸法と略等しくなっている。

[0027] また、磁石収容孔 1 3 それぞれの内側画定ライン 1 3 b の両端には、一对の突起部 7 が形成されている。一对の突起部 7 は、径方向外側に向かって突出する。これら突起部 7 は、永久磁石 1 4 が周方向にずれるのを防止する位置決め機能を備える。

[0028] 突起部 7 の高さとしては、永久磁石 1 4 を挿入した際に、永久磁石 1 4 の長手方向の端面 1 4 a（図 4 参照）と突起部 7 の側面 7 a とが面接触できる寸法が確保されている。面接触部分は、永久磁石 1 4 の寸法公差の下限において、永久磁石 1 4 の位置ずれを防止できる寸法が確保されていればよい。本例では、およそ 0.5 mm 程度である。

[0029] また、回転子鉄心 1 2 における、磁石収容孔 1 3 と外周面 1 5 との間の鉄心部分には、複数の（7 本）のスリット 9（9 a ~ 9 g）が配置されている。スリット 9（9 a ~ 9 g）には、磁石収容孔 1 3 や外周面 1 5 につながる開口部はなく、回転子鉄心 1 2 の内部で閉じた形状となっている。また、各磁極のまとめり毎で、複数のスリット 9 は、概ね径方向に延びており、その概ね径方向に延びる長さに関しては、磁極中央部のスリット 9 d が最も長く、極間部に近づくにつれて長さが減少し、極間部のスリット 9 a、9 g が最も短い。

[0030] 回転子鉄心 1 2 において、複数のスリット 9 のそれぞれと、外周面 1 5 との間には、薄肉の外側鉄心部 1 7（1 7 a ~ 1 7 g）が形成されている。

[0031] また、回転子鉄心 1 2 において、複数のスリット 9（9 a ~ 9 g）と、スリット 9（9 a ~ 9 g）に対向して配置した窪み部 8（8 a ~ 8 g）との間には、薄肉の内側鉄心部 1 8（1 8 a ~ 1 8 g）が形成されている。

[0032] 複数の外側鉄心部 1 7、及び、複数の内側鉄心部 1 8 のそれぞれの肉厚は、電磁鋼板の板厚程度で構成されている。例えば、0.2 mm ~ 0.5 mm

程度である。

[0033] このようにスリット9と、窪み部8と、内側鉄心部18とを設けることにより、固定子1の巻線の作る磁束は、永久磁石14の表面を通らずに内側鉄心部18(18a~18g)を通るようになる。また、内側鉄心部が磁気飽和した場合でも、固定子1の巻線の作る磁束は、窪み部8(8a~8g)内の空間を通過するため、永久磁石14の外周側の表面の減磁耐力を改善できる。

[0034] 図4及び図5は、図2の回転子鉄心に希土類磁石を収容した状態を示している。図4及び図5に示されるように、磁石収容孔13それぞれには、対応する永久磁石14が収容される。すなわち、回転子鉄心12の磁極を構成する永久磁石14は、回転子鉄心12の周方向へ極数と同数だけ配置され、N極とS極とが交互になるように着磁されている。

[0035] また、各磁石収容孔13に対応する永久磁石14が挿入された状態では、複数の内側鉄心部18と、永久磁石14の径方向外側の表面14bとの間には、複数の窪み部8の存在により確保された複数の空間部10(10a~10g)が形成される。換言すると、複数の永久磁石14のそれぞれの径方向外側の表面14bと、回転子鉄心12の間には、複数のスリット9の対向する領域毎に、空間部10が確保されており、永久磁石14の表面14bは、複数のスリット9の対向する領域毎に、空間部10を介して回転子鉄心12から離れている。つまり、スリット9と対向する位置にある、永久磁石14の径方向外側の表面14bの部分は、回転子鉄心12の部分(外側画定ライン13a)とは当接せず、対応する空間部10をはさんで回転子鉄心12と向き合っている。

[0036] 永久磁石14は、常温における残留磁束密度が1.2T以上、常温におけるJ保磁力が23kOe未満のNd・Fe・B系の希土類磁石である。磁石の形状は平板形状であり、永久磁石14は一对の突起部7に挟まれるように配置される。

[0037] 上述したようにスリット9と、窪み部8と、内側鉄心部18とを形成した

ことで、磁束16は、図5に示されるように、回転子鉄心12において、複数のスリット9の相互の間を通り、永久磁石14の径方向外側の表面を避け、内側鉄心部18、および、窪み部8（空間部10）を經由して、外周薄肉鉄心部6を通り抜けていく。

[0038] 以上に説明したように、本実施の形態1に係る永久磁石埋込型電動機によれば、複数のスリットにより、電動機に発生する電磁加振力を抑制しつつ、固定子巻線の作る反磁界が永久磁石の径方向外側の表面を通過することを抑制することができ、永久磁石の表面部の減磁を抑制し、トルクの低下が少ない電動機を提供することができる。また、このような永久磁石の表面部の減磁抑制は、永久磁石の含有材料による減磁防止作用に頼ることなく実現されるので、希土類磁石に含まれるDyの使用量を削減できコスト低減効果も得ることができる。さらに、Dyの使用量を削減することで、磁石の残留磁束密度が増加し、高トルク化を図ることもできる。すなわち、本実施の形態1によれば、コスト低減と高トルク化との双方を進めつつ、電磁加振力の抑制と永久磁石の表面部の減磁抑制との両立をも図ることができるという、極めて優れた利点が得られる。

[0039] また、圧縮機用電動機として用いた場合、窪み部に設けた空間部の中を冷媒が流れるようになり、永久磁石の温度を低減することができ、減磁耐力を改善することができるという更なる利点も得られる。

[0040] なお、上述した図1～図5を用いた説明では、複数の窪み部の深さ寸法を全て同じとしていたが、本実施の形態1は、これに限定されるものではない。例えば、図6に示すように、一つの極において、複数のスリット109と複数の窪み部108とを、少なくともスリット109と対向する位置には、窪み部108が設けられているような態様で、設けておき、それら窪み部は、磁極中央部に近い窪み部ほど深さ寸法が小さく（浅く）、極間部に近い窪み部ほど深さ寸法が大きく（深く）なるように、形成されていてもよい。なお、この場合、図6に示すように、両端部（極間部付近）の窪み部108a、及び、窪み部108gの対向する位置にはスリットは配置しなくてもよい

し、あるいは、極間部付近の窪み部と対向する位置に極小のスリットがあってもよい。このような深さ寸法の異なる複数の窪み部を用いた改変形態によっても、永久磁石の表面の減磁耐力を改善できる他に、磁束が永久磁石の両端部に集中して流れるのを緩和することができ、永久磁石の両端部の減磁耐力を改善できるという効果が得られる。

[0041] 実施の形態 2.

次に、図 7～図 10 を用いて、本発明に係る永久磁石埋込型電動機の実施の形態 2 について説明する。図 7、図 8、図 9 及び図 10 はそれぞれ、本実施の形態 2 に関する、図 2、図 3、図 4 及び図 5 と同様の図である。なお、本実施の形態 2 は、以下に説明する部分を除いては、上述した実施の形態 1 と同様であるものとする。

[0042] 前述したように、本発明では、複数の永久磁石のそれぞれの径方向外側の表面と、回転子鉄心との間には、複数のスリットの対向する領域毎に、空間部が確保されており、実施の形態 1 では、それら空間部が磁石収容孔の外側画定ラインに設けられた複数の窪み部によって確保されていたが、本実施の形態 2 では、永久磁石の径方向外側の表面に設けられた複数の窪み部によって確保されている。

[0043] 実施の形態 2 における回転子 200 は、複数の磁石収容孔 213 を有する回転子鉄心 212 を備えている。磁石収容孔 213 それぞれにおける外側画定ライン 213a は、端部を除いて径方向と直交する方向に平面状に延びており、すなわち、外側画定ライン 213a には、実施の形態 1 の窪み部 8 に相当する凹部は形成されていない。

[0044] 一方、外側画定ライン 213a それぞれと対向する永久磁石 214 の径方向外側の表面 214b には、挿入された状態で内側画定ライン 13b 側に凸となる複数の窪み部 208 が設けられている。そして、図 10 に示されるように、複数の内側鉄心部 18 と、永久磁石 214 の径方向外側の表面 214b との間には、複数の窪み部 208 の存在により確保された複数の空間部 210 が形成される。つまり、本実施の形態 2 においても、複数の永久磁石 2

14のそれぞれの径方向外側の表面214bと、回転子鉄心212との間には、複数のスリット9の対向する領域毎に、空間部210が確保されており、永久磁石214の表面214bは、複数のスリット9の対向する領域毎に、空間部10を介して回転子鉄心212から離れている。なお、これら窪み部208の深さ及び幅寸法は、実施の形態1で述べた窪み部の寸法と同態様であるものとする。

[0045] 以上のように構成された本実施の形態2によっても、上記実施の形態1と同様な利点が得られ、電動機に発生する電磁加振力を抑制しつつも、含有材料による減磁防止作用に頼ることなく磁石の表面の減磁耐力を改善することができる。

[0046] 実施の形態3.

次に、図11を用いて、本発明に係る永久磁石埋込型電動機の実施の形態3について説明する。図11は本実施の形態3に関する、図5と同態様の図である。なお、本実施の形態3も、以下に説明する部分を除いては、上述した実施の形態1と同様であるものとする。

[0047] 本実施の形態3における回転子300は、実施の形態1の窪み部8と、実施の形態2の窪み部208との双方が設けられている。すなわち、回転子300の磁石収容孔13の外側画定ライン13aには、複数の窪み部8が設けられており、回転子300の永久磁石214の径方向外側の表面214bには、複数の窪み部208が設けられている。そして、複数のスリット9の対向する領域毎に確保された複数の空間部310は、それぞれ、回転子鉄心12の窪み部8と永久磁石214の窪み部208とを合わせた空間として、これら一对の窪み部8、208によって確保されている。

[0048] かかる本実施の形態3によっても、上記実施の形態1と同様な利点が得られ、電動機に発生する電磁加振力を抑制しつつも、含有材料による減磁防止作用に頼ることなく磁石の表面の減磁耐力を改善することができる。また、複数のスリット9の対向する領域毎に、より大きな空間部を容易且つ効率的に確保することができ、永久磁石表面部の減磁耐力をより一層改善した永久

磁石埋込型同期電動機を得ることができる。

[0049] なお、以上に説明した、実施の形態 2 及び 3 それぞれに関し、回転子鉄心に設けるスリットと、それに対応する外側画定ライン及び／又は径方向外側の表面の窪み部とを、図 6 に示した態様で設けることも可能である。

[0050] 実施の形態 4.

次に、本発明の実施の形態 4 として、上述した実施の形態 1～3 の何れかの永久磁石埋込型電動機を搭載したロータリ圧縮機について説明する。なお、本発明は、上述した実施の形態 1～3 の何れかの永久磁石埋込型電動機を搭載した圧縮機を含むものであるが、圧縮機の種別は、ロータリ圧縮機に限定されるものではない。

[0051] 図 1 2 は、永久磁石埋込型電動機を搭載したロータリ圧縮機の縦断面図である。ロータリ圧縮機 1 5 0 は、密閉容器 2 5 内に、永久磁石埋込型電動機 5 0（電動要素）と、圧縮要素 3 0 とを備えている。図示はしないが、密閉容器 2 5 の底部に、圧縮要素 3 0 の各摺動部を潤滑する冷凍機油が貯留されている。

[0052] 圧縮要素 3 0 は、主な要素として、上下積層状態に設けられたシリンダ 2 0 と、電動機により回転する回転軸 1 1 と、回転軸 1 1 に嵌挿されるピストン 2 1 と、シリンダ 2 0 内を吸入側と圧縮側に分けるベーン（図示せず）と、回転軸 1 1 が回転自在に嵌挿され、シリンダ 2 0 の軸方向端面を閉塞する上下一対の上部フレーム 2 2 a 及び下部フレーム 2 2 b と、上部フレーム 2 2 a 及び下部フレーム 2 2 b にそれぞれ装着されたマフラ 2 4 a 及び 2 4 b とを含んでいる。

[0053] 永久磁石埋込型電動機 5 0 の固定子 1 は、密閉容器 2 5 に焼嵌または溶接等の方法により直接取り付けられ保持されている。固定子 1 のコイル 4 には、密閉容器 2 5 に固定されるガラス端子 2 6 から電力が供給される。

[0054] 回転子 1 0 0 は、固定子 1 の内径側に設けた空隙を介して配置されており、回転子 1 0 0 の中心部の回転軸 1 1 を介してロータリ圧縮機 1 5 0 の下部に設けた圧縮要素 3 0 の軸受け部（上部フレーム 2 2 a 及び下部フレーム 2

2 b) により回転自在な状態で保持されている。

[0055] 次に、かかるロータリ圧縮機 150 の動作について説明する。アキュムレータ 41 から供給された冷媒ガスは、密閉容器 25 に固定された吸入パイプ 28 よりシリンダ 20 内へ吸入される。インバータの通電によって永久磁石埋込型電動機 50 が回転されていることで、回転軸 11 に嵌合されたピストン 21 がシリンダ 20 内で回転される。それにより、シリンダ 20 内では冷媒の圧縮が行われる。圧縮された高温の冷媒は、マフラ 24 a 及び 24 b を経た後、永久磁石埋込型電動機 50 の風穴等を通して密閉容器 25 内を上昇する。このようにして、圧縮された冷媒が、密閉容器 25 に設けられた吐出パイプ 29 を通って冷凍サイクルの高圧側へと供給される。

[0056] 尚、ロータリ圧縮機 150 の冷媒には、従来からある R410A、R407C、R22 等が用いられているが、低 GWP（地球温暖化係数）の冷媒等などいかなる冷媒も適用できる。地球温暖化防止の観点からは、低 GWP 冷媒が望まれている。低 GWP 冷媒の代表例として、以下の冷媒がある。

[0057] (1) 組成中に炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素：例えば、HFO-1234yf (CF₃CF=CH₂) である。HFO は、Hydro-Fluoro-Olefin の略で、Olefin は、二重結合を一つ持つ不飽和炭化水素のことである。尚、HFO-1234yf の GWP は 4 である。

(2) 組成中に炭素の二重結合を有する炭化水素：例えば、R1270（プロピレン）である。尚、GWP は 3 で、HFO-1234yf より小さいが、可燃性は HFO-1234yf より大きい。

(3) 組成中に炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素または組成中に炭素の二重結合を有する炭化水素の少なくともいずれかを含む混合物：例えば、HFO-1234yf と R32 との混合物等である。HFO-1234yf は、低圧冷媒のため圧損が大きくなり、冷凍サイクル（特に、蒸発器において）の性能が低下しやすい。そのため、HFO-1234yf より高圧冷媒である R32 又は R41 等との混合物が実用上は有力になる。

[0058] 上記低GWP冷媒の内、R32冷媒については、毒性がなく、強燃性でないことから、特に注目されている。また、ロータリ圧縮機150にR32冷媒を用いた場合、従来から用いられているR410A、R407C、R22等と比べ、ロータリ圧縮機150の内部温度が約20℃以上高くなるという特性を有する。

[0059] ロータリ圧縮機150の内部の温度は、圧縮負荷状態（回転速度、圧縮負荷トルク、冷媒）によって異なり、温度が安定した定常状態においては、特に回転速度に対して依存性が高くなっている。例えば、R410冷媒を使用したときの回転速度に対するロータリ圧縮機内部の温度上昇は、低速運転の50～60℃に対し、中速運転では70～80℃、高速運転では90～110℃となり、ロータリ圧縮機150の回転速度が大きくなるにしたがい、ロータリ圧縮機150の内部の温度が上昇するという特性を示す。R32冷媒を用いた場合は、R410A冷媒に対し、ロータリ圧縮機150内の温度が更に20℃程度上昇することとなる。

[0060] 以上に構成されたロータリ圧縮機においては、減磁耐力の大きい永久磁石埋込型電動機を用いているため、圧縮機の温度上昇によってJ保磁力が低下した場合であっても、磁石の減磁が発生しない信頼性の高い圧縮機を提供できるという効果を奏する。また、ロータリ圧縮機の高湿雰囲気中で永久磁石埋込型電動機を動作させた場合であっても、希土類磁石に添加するDyの使用量を低減して低コスト化を図りつつ、磁石の残留磁束密度を増加させて、電動機のトルクを増加することができるので、高効率な圧縮機を提供することが可能となる。

[0061] 以上、好ましい実施の形態を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の改変態様を採り得ることは自明である。

符号の説明

[0062] 1 固定子、8、108、208 窪み部、9、109 スリット、10、110、210、310 空間部、12、212 回転子鉄心、13、2

13 磁石収容孔、13 a、213 a 外側画定ライン、14、214 永久磁石、14 b、214 b 表面、50 永久磁石埋込型電動機、100、200、300 回転子。

請求の範囲

- [請求項1] 回転子と、
空隙を隔てて前記回転子と対向するように設置された固定子と、
前記回転子の回転子鉄心に形成された複数の磁石収容孔それぞれに挿入された複数の永久磁石と、
前記回転子の回転子鉄心において前記磁石収容孔のそれぞれの径方向外側に形成された複数のスリットとを備えた永久磁石埋込型電動機であって、
前記複数の永久磁石のそれぞれの径方向外側の表面と、前記回転子鉄心との間には、前記複数のスリットの対向する領域毎に、空間部が確保されており、前記永久磁石の前記表面は、前記複数のスリットの対向する領域毎に、前記空間部を介して前記回転子鉄心から離れている、
永久磁石埋込型電動機。
- [請求項2] 前記磁石収容孔のそれぞれの外側画定ラインには、前記複数のスリットと対向する位置に配置された複数の窪み部が形成されており、
複数の前記空間部は、前記複数の窪み部によって確保されている、
請求項1の永久磁石埋込型電動機。
- [請求項3] 前記複数の永久磁石のそれぞれの径方向外側の表面には、前記複数のスリットと対向する位置に配置された複数の窪み部が形成されており、
複数の前記空間部は、前記複数の窪み部によって確保されている、
請求項1の永久磁石埋込型電動機。
- [請求項4] 前記磁石収容孔のそれぞれの外側画定ラインには、前記複数のスリットと対向する位置に配置された複数の窪み部が形成されており、
前記複数の永久磁石のそれぞれの径方向外側の表面には、前記複数のスリットと対向する位置に配置された複数の窪み部が形成されており、

複数の前記空間部は、前記外側画定ラインにある前記複数の窪み部と、前記径方向外側の表面にある前記複数の窪み部と、によって確保されている、

請求項 1 の永久磁石埋込型電動機。

[請求項5] 前記複数の窪み部は、一つの極において同じ深さを有しており、前記複数の窪み部の深さは、前記永久磁石の径方向の厚み寸法の $1/3$ 以下である、

請求項 2 ～ 4 の何れか一項の永久磁石埋込型電動機。

[請求項6] 前記複数の窪み部は、一つの極において磁極中央部に近い該窪み部ほど深さ寸法が小さく、極間部に近い該窪み部ほど深さ寸法が大きくなるように、形成されている、

請求項 2 ～ 4 の何れか一項の永久磁石埋込型電動機。

[請求項7] 前記永久磁石は、希土類磁石で構成される、

請求項 1 ～ 6 の何れか一項の永久磁石埋込型電動機。

[請求項8] 前記永久磁石は、常温における残留磁束密度が 1.2 T 以上、常温における J 保磁力が 23 kOe 未満の $\text{Nd} \cdot \text{Fe} \cdot \text{B}$ 系の希土類磁石である、

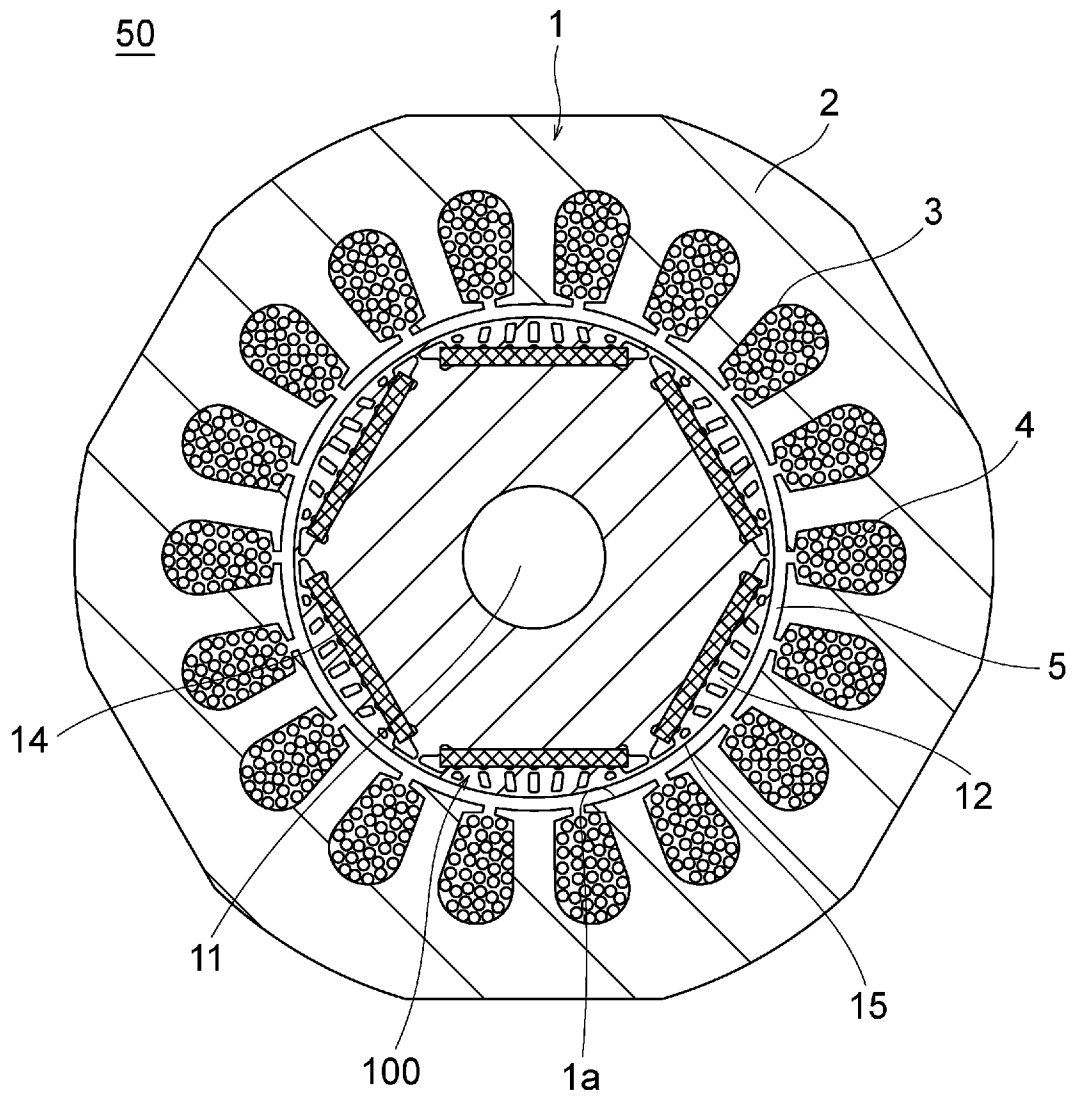
請求項 7 の永久磁石埋込型電動機。

[請求項9] 密閉容器内に、電動機と、圧縮要素とを備えた圧縮機であって、

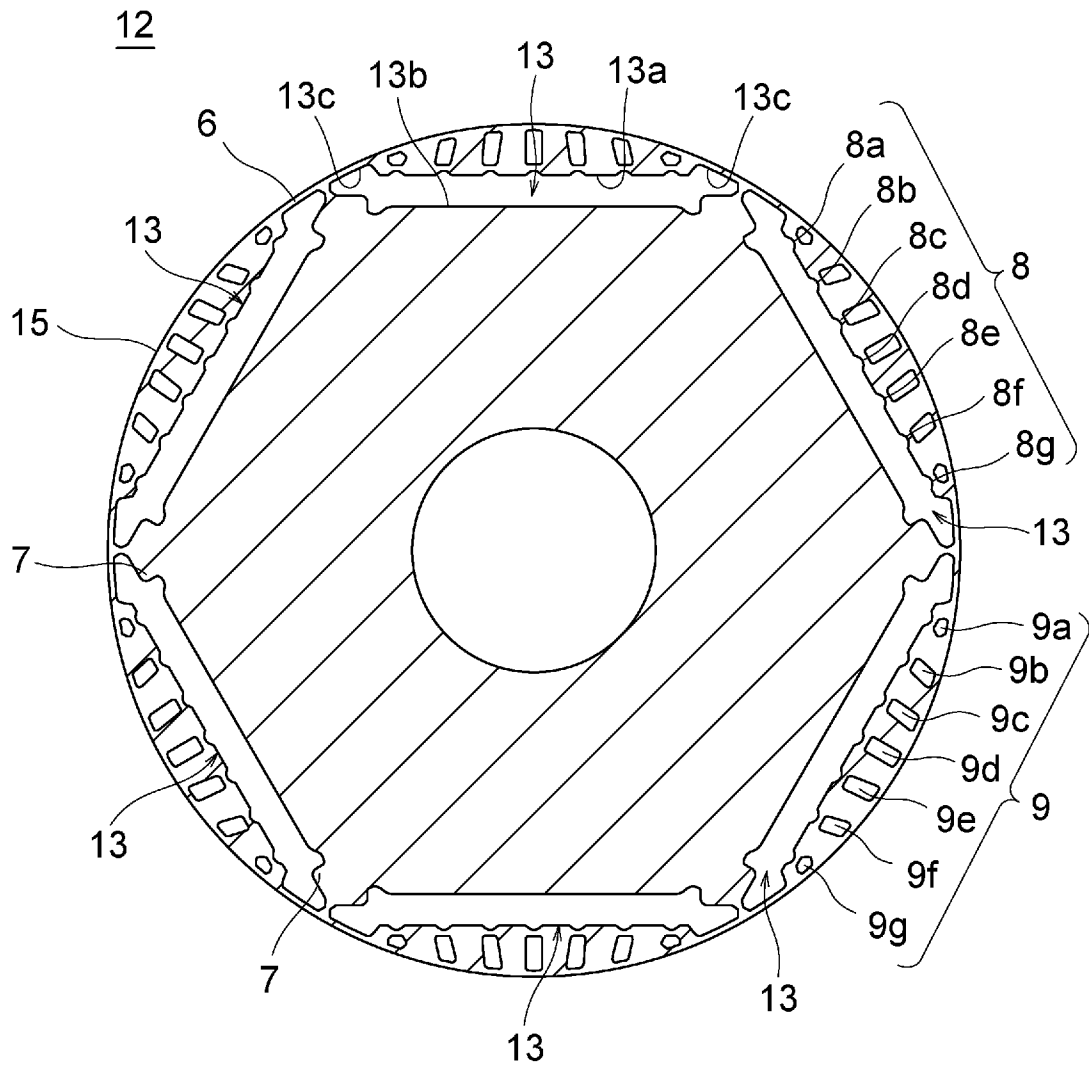
前記電動機は、請求項 1 ～ 8 の何れか一項の永久磁石埋込型電動機である、

圧縮機。

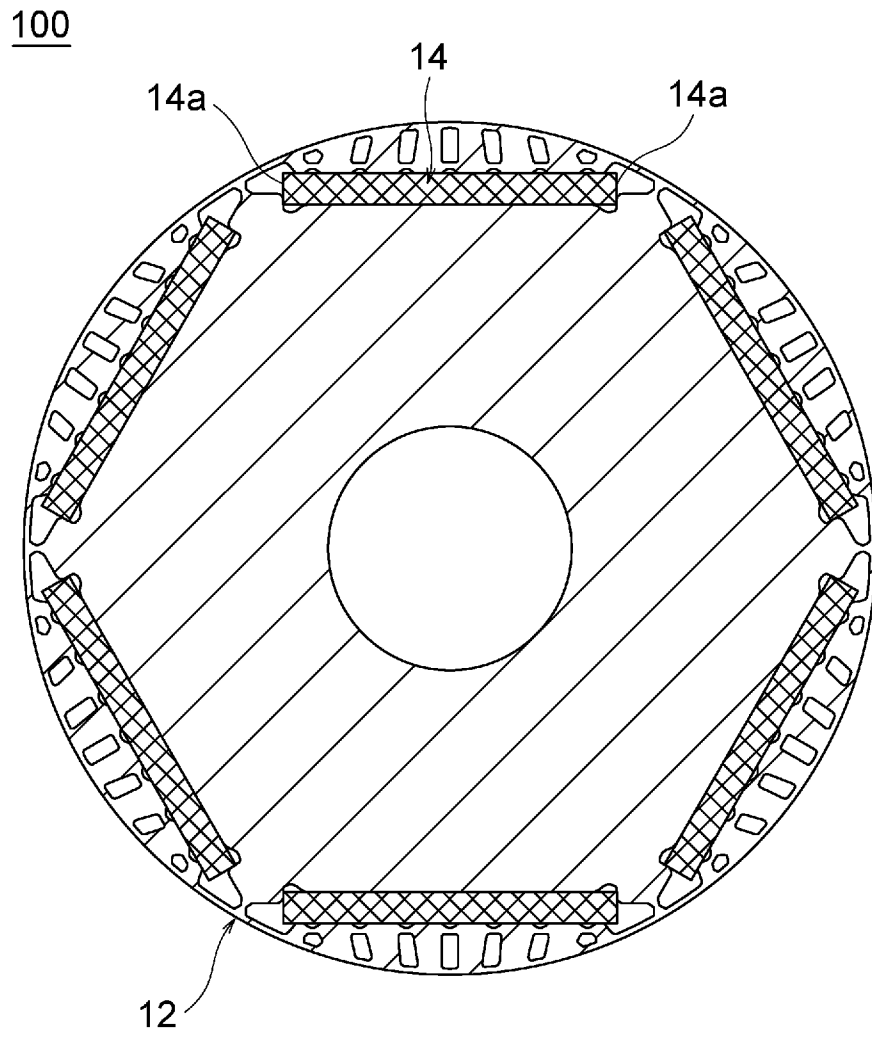
[図1]



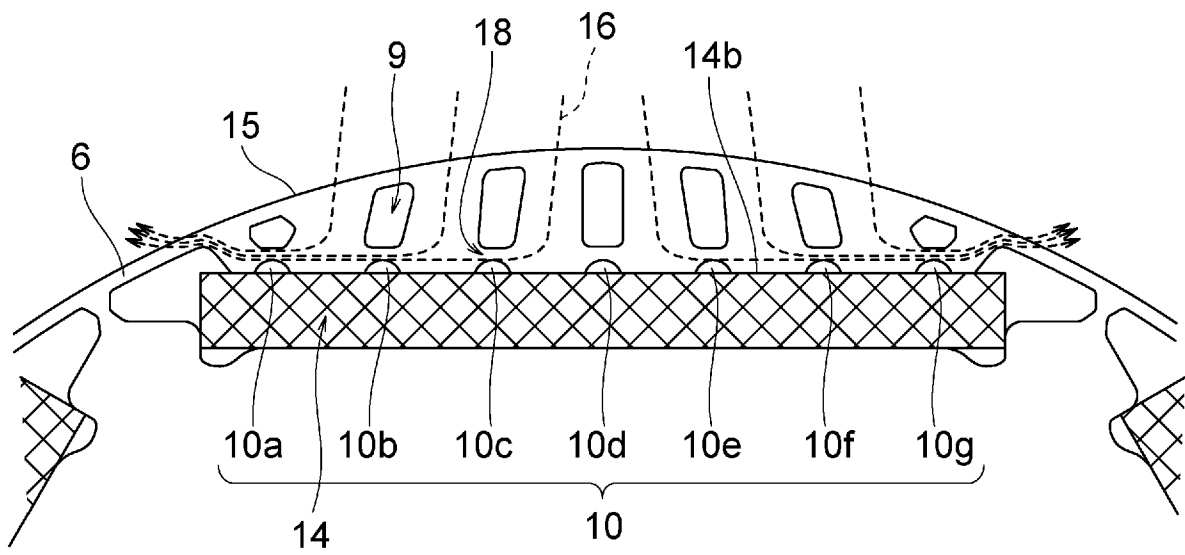
[図2]



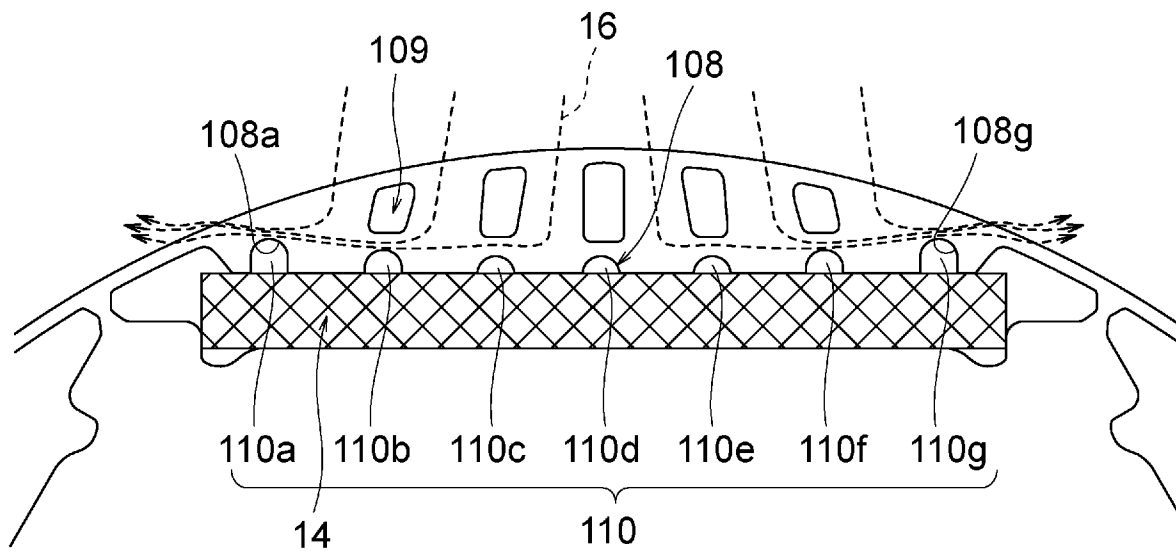
[図4]



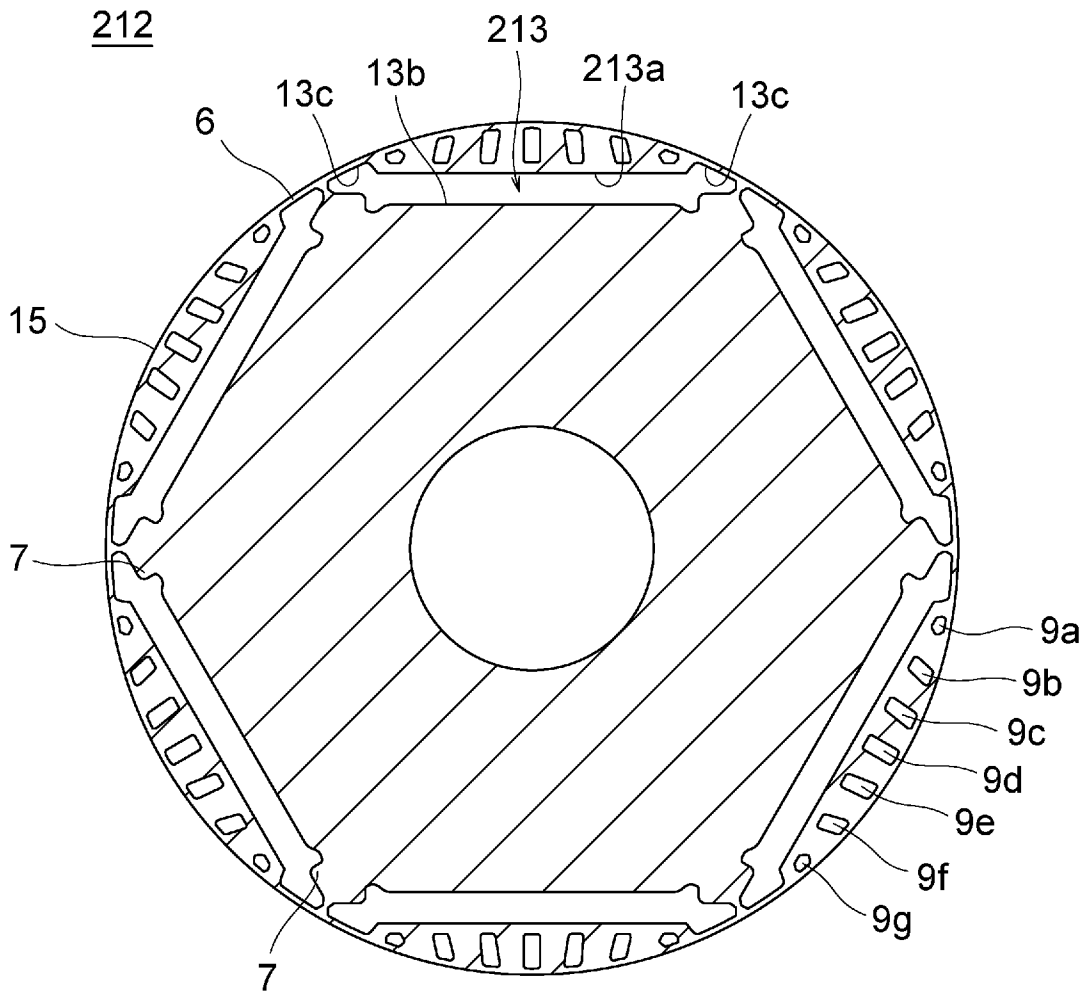
[図5]



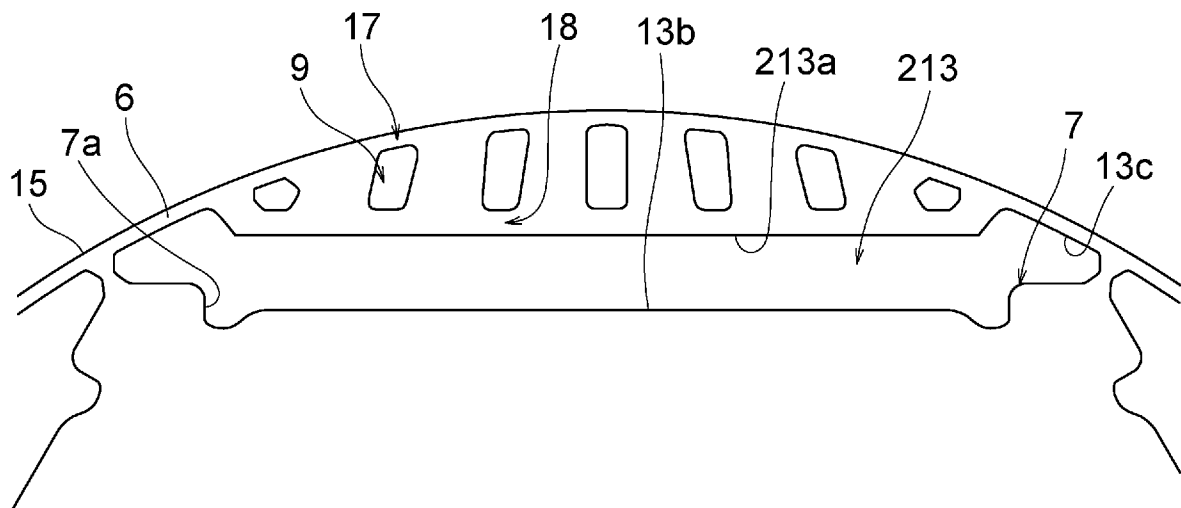
[図6]



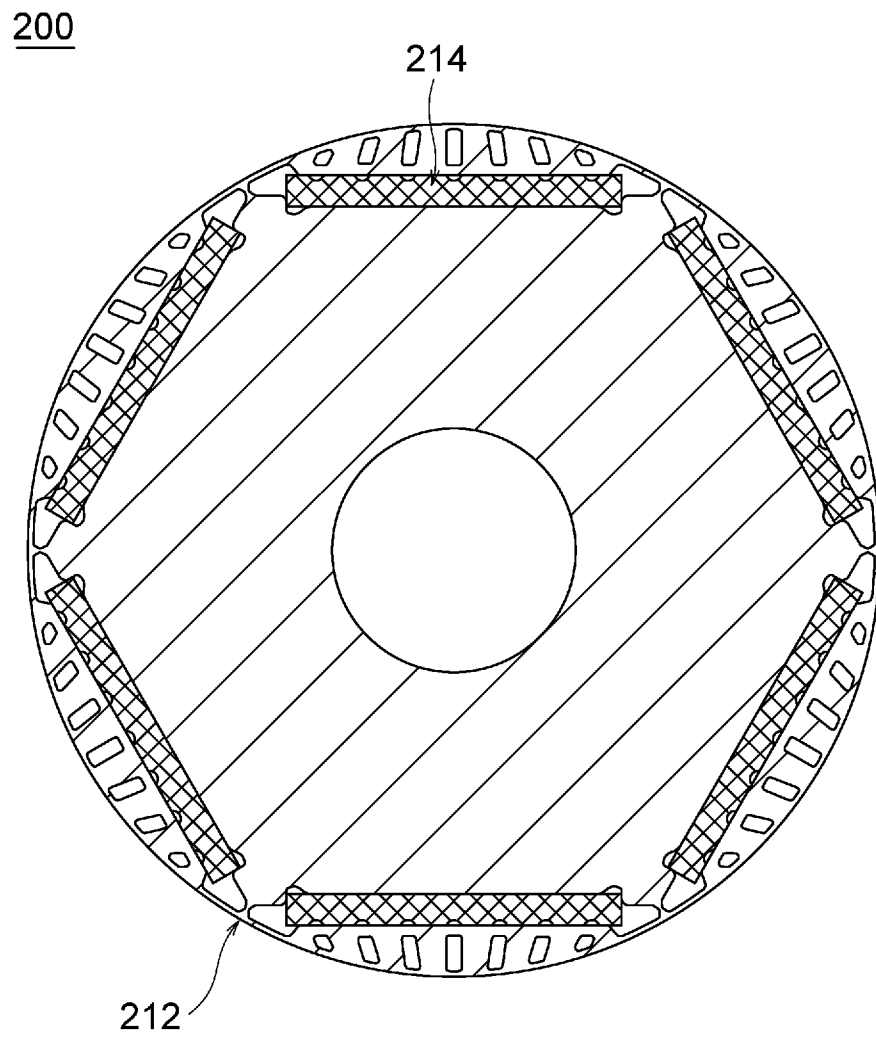
[図7]



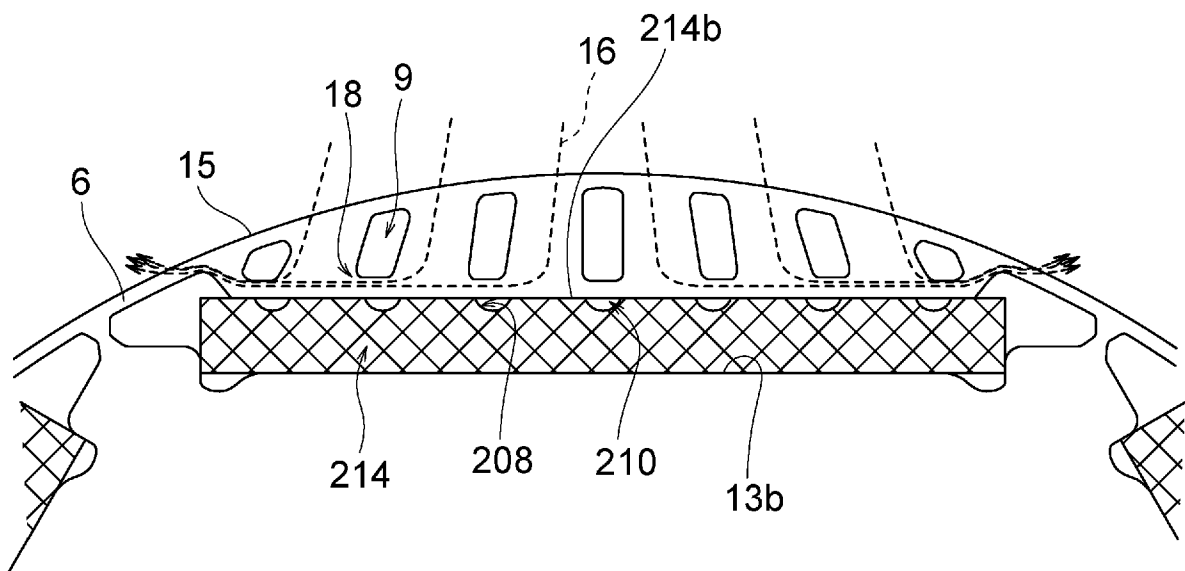
[図8]



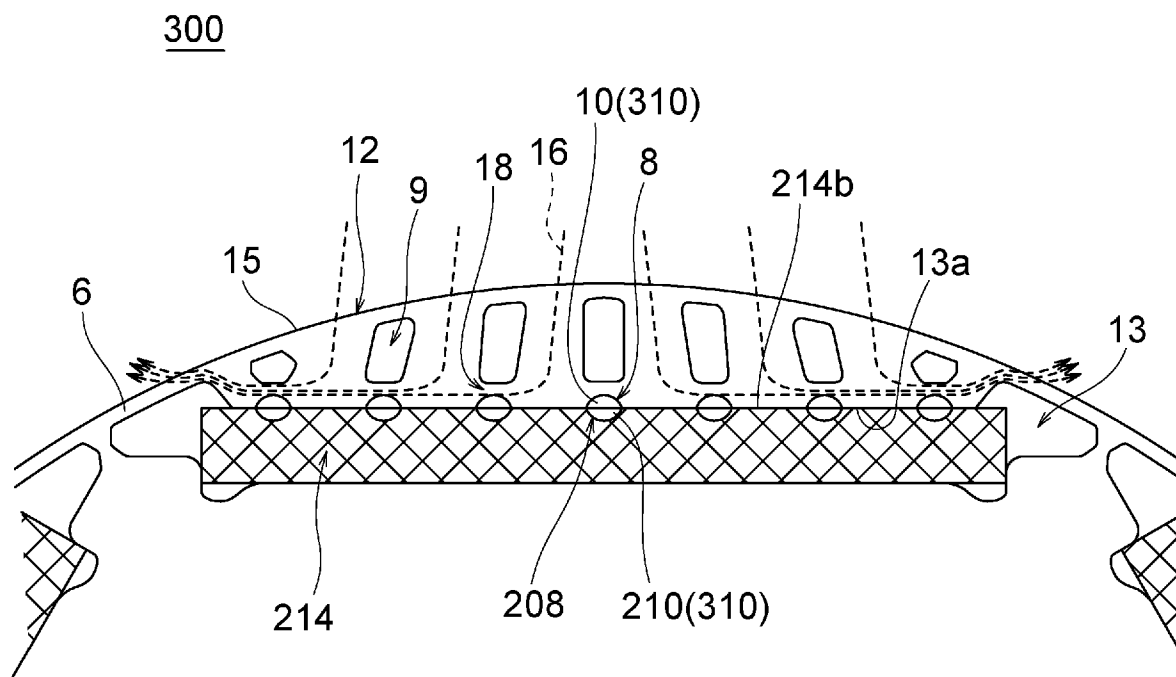
[図9]



[図10]

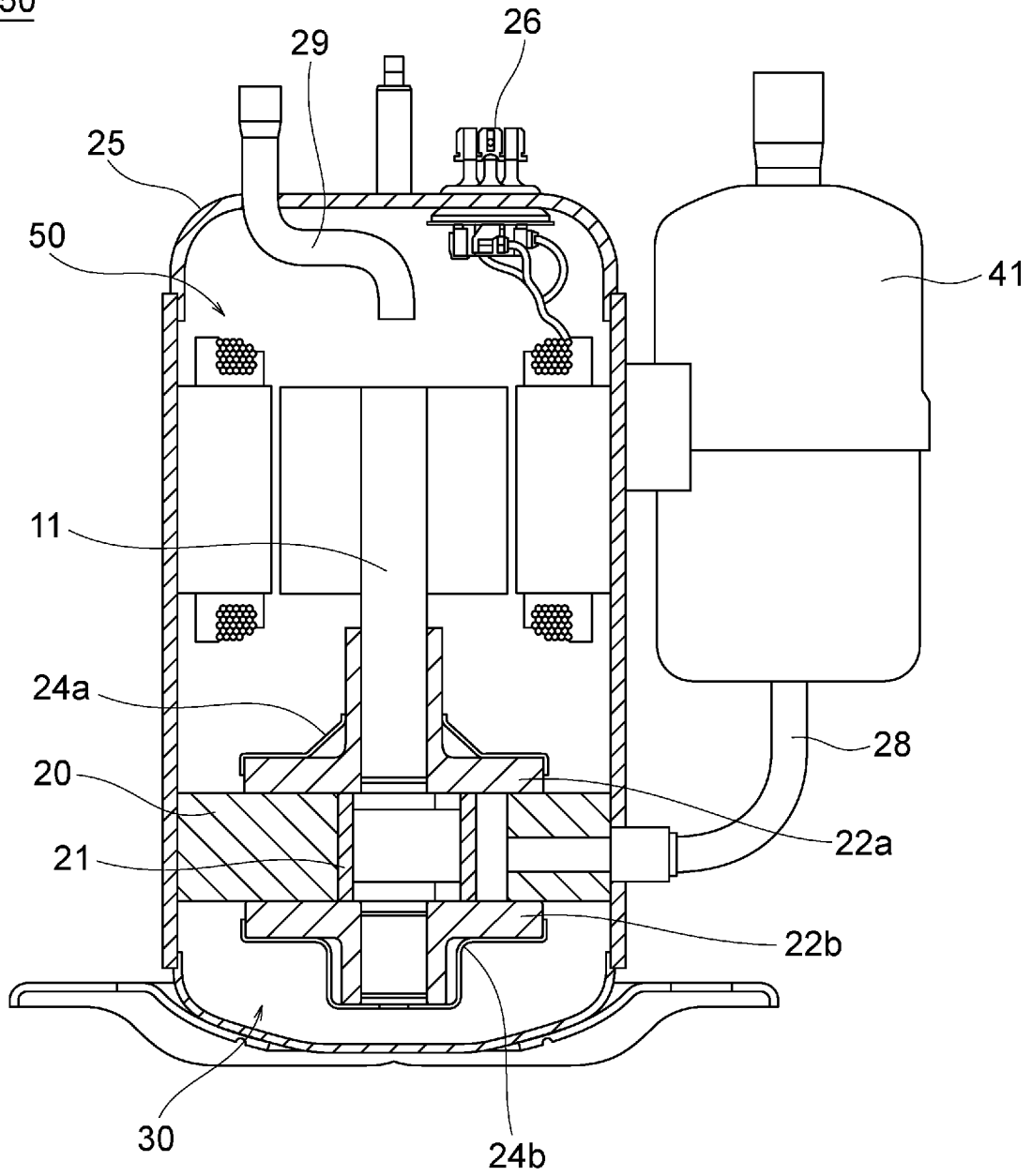


[図11]



[図12]

150



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/22(2006.01) i, H02K1/27(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)

H02K1/22, H02K1/27

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.
A	JP 2012-95474 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 May 2012 (17.05.2012), entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2012-178902 A (Hitachi Industrial Equipment System Co., Ltd.), 13 September 2012 (13.09.2012), entire text & CN 202586685 U	1-9
A	JP 2012-172622 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), entire text (Family: none)	1-9

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 August, 2013 (22.08.13)

Date of mailing of the international search report
03 September, 2013 (03.09.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02K1/22(2006.01)i, H02K1/27(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. H02K1/22, H02K1/27		
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
A	JP 2012-95474 A (三菱電機株式会社) 2012.05.17、全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2012-178902 A (株式会社日立産機システム) 2012.09.13、全文 & CN 202586685 U	1-9
A	JP 2012-172622 A (三菱電機株式会社) 2012.09.10、全文 (ファミリーなし)	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「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 「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 「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) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 22.08.2013	国際調査報告の発送日 03.09.2013	
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) 服部 俊樹	3 V 3736
電話番号 03-3581-1101 内線 3358		