

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5542423号
(P5542423)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日(2014.5.16)

(51) Int.Cl. F I
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501M
 H02K 1/27 501A

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-290505 (P2009-290505)	(73) 特許権者	513296958 東芝産業機器システム株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町580番地
(22) 出願日	平成21年12月22日(2009.12.22)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2011-135638 (P2011-135638A)	(74) 代理人	110000567 特許業務法人 サトー国際特許事務所
(43) 公開日	平成23年7月7日(2011.7.7)	(72) 発明者	松原 正克 三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 東芝産業機器製造株式会社内
審査請求日	平成24年8月2日(2012.8.2)	(72) 発明者	花井 隆 三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 東芝産業機器製造株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の回転子、および回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子鉄心と、前記回転子鉄心の周方向に一定の間隔を存して複数設けられ、外周に向かうに従って対向距離が順次大となる一対の磁性体挿入孔にそれぞれ挿入され、挿入方向に対する断面形状が略長方形をなす永久磁石と、を備え、

前記永久磁石は、相対的に保磁力の異なる複数種類の磁性体により形成され、前記磁性体挿入孔に挿入されたとき、保磁力の高い磁性体が固定子側に配置され、

前記永久磁石により形成される磁極は、その中心が、前記回転子鉄心の積層方向において前記回転子鉄心の周方向に段階的にずれており、

保磁力の高い磁性体は、前記回転子鉄心の積層方向に隣り合う前記永久磁石に設けられている保磁力の高い磁性体と接触可能な厚みに形成されていることを特徴とする回転電機の回転子。

10

【請求項2】

前記永久磁石は、断面視において前記固定子と反対側に保磁力の高い磁性体が配置されていることを特徴とする請求項1記載の回転電機の回転子。

【請求項3】

前記永久磁石は、前記回転子鉄心の積層方向に隣り合う前記永久磁石と重なり合う部位において、その短手方向の端部であって且つその長手方向の全域で、保磁力の高い磁性体同士が接触していることを特徴とする請求項1または2記載の回転電機の回転子。

【請求項4】

20

回転子鉄心と、前記回転子鉄心に周方向に一定の間隔を存して複数設けられ、外周に向かうに従って対向距離が順次大となる一対の磁性体挿入孔にそれぞれ挿入され、挿入方向に対する断面形状が略長方形をなす永久磁石と、を備え、

前記永久磁石は、相対的に保磁力の異なる複数種類の磁性体により形成され、

前記永久磁石により形成される磁極は、その中心が、前記回転子鉄心の積層方向において前記回転子鉄心の周方向に段階的にずれているように構成され、

更に、前記段階的なずれが形成されている面側の端部に保磁力の高い磁性体が配置されることを特徴とする回転電機の回転子。

【請求項 5】

前記永久磁石は、前記磁性体挿入孔に挿入されたとき、保磁力の高い磁性体が固定子側に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の回転電機の回転子。

10

【請求項 6】

前記永久磁石は、前記磁性体挿入孔に挿入されたとき、前記回転子の端面となる部位に保磁力の高い磁性体が配置されていることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の回転電機の回転子。

【請求項 7】

前記永久磁石は、断面視においてその長手方向または短手方向の中心線に対し、その形状が非対称に形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか一項記載の回転電機の回転子。

【請求項 8】

前記永久磁石には、断面視においてその外縁の一部に凸部が設けられ、前記磁性体挿入孔には、当該凸部に対応する凹部が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか一項記載の回転電機の回転子。

20

【請求項 9】

前記永久磁石には、断面視においてその外縁の一部に凹部が設けられ、前記磁性体挿入孔には、当該凹部に対応する凸部が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか一項記載の回転電機の回転子。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 の何れか一項記載の回転電機の回転子を用いることを特徴とする回転電機。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転子鉄心に永久磁石が設けられた永久磁石式の回転電機の回転子、およびその回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、回転電機としての電動機には、複数相、例えば U 相、V 相、W 相の三相のコイルを固定子鉄心に巻装し、回転子鉄心に磁極としての永久磁石を設けた永久磁石型の電動機（以下、永久磁石電動機という）が知られている。このような永久磁石電動機では、小型化、高トルク化、及び高出力化のために、固定子鉄心に巻装されたコイルに供給される電流やコイルのターン数が増加する傾向にある。この場合、固定子側から発生する起磁力も大きくなり、この起磁力が回転子に設けられている永久磁石に作用することにより、反磁界となって永久磁石が減磁されることがある。そのため、例えば特許文献 1 の回転子では、永久磁石の減磁しやすい部位、例えば段階的なスキューが形成されている側の端面（以下、スキュー面と称する）に非磁性体材料からなる回転子抜板を設け、永久磁石の減磁を低減している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献1】特開2009-136040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、上記した特許文献1の構成では、非磁性体材料からなる回転子抜板部分には永久磁石が存在しないので、回転電機の性能が低下するおそれがある。代わりに、永久磁石を保磁力の高い磁性体で形成することにより減磁を低減することが考えられるものの、保磁力の高い磁性体は高価であるため、永久磁石を高保磁力の磁性体で形成すると材料コストが大幅に増加するという問題がある。一方、低保磁力の磁性体で永久磁石を形成し、耐減磁性を高めるためにその厚みを増加させると、材料コストの増加に加えて、永久磁石の重量や寸法の増加にともなう構造の大形化、ひいては永久磁石電動機の大型化を招くという問題もある。

10

【0005】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、材料コストの大幅な増加を招くことなく、また、構造の大形化を招くことなく永久磁石の耐減磁性を高めることができる回転電機の回転子、および回転電機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の回転電機の回転子は、回転子鉄心と、前記回転子鉄心の周方向に一定の間隔を存して複数設けられ、外周に向かうに従って対向距離が順次大となる一对の磁性体挿入孔にそれぞれ挿入され、挿入方向に対する断面形状が略長方形をなす永久磁石と、を備え、前記永久磁石は、相対的に保磁力の異なる複数種類の磁性体により形成され、前記磁性体挿入孔に挿入されたとき、保磁力の高い磁性体が固定子側に配置され、前記永久磁石により形成される磁極は、その中心が、前記回転子鉄心の積層方向において前記回転子鉄心の周方向に段階的にずれており、保磁力の高い磁性体は、前記回転子鉄心の積層方向に隣接する前記永久磁石に設けられている保磁力の高い磁性体と接触可能な厚みに形成されていることを特徴とする（請求項1）。

20

【0007】

また、本発明の回転電機の回転子は、回転子鉄心と、前記回転子鉄心に周方向に一定の間隔を存して複数設けられ、外周に向かうに従って対向距離が順次大となる一对の磁性体挿入孔にそれぞれ挿入され、挿入方向に対する断面形状が略長方形をなす永久磁石と、を備え、前記永久磁石は、相対的に保磁力の異なる複数種類の磁性体により形成され、前記永久磁石により形成される磁極は、その中心が、前記回転子鉄心の積層方向において前記回転子鉄心の周方向に段階的にずれているように構成され、更に、前記段階的なずれが形成されている面側の端部に保磁力の高い磁性体が配置されることを特徴とする（請求項4）。

30

【0008】

また、本発明の回転電機は、上記した回転子を用いることを特徴とする。

【発明の効果】

40

【0009】

本発明の回転電機の回転子（請求項1）によれば、固定子コイル側に高保磁力部を配置しているので、固定子コイルから発生する起磁力による反磁界の影響を低減することが可能になり、永久磁石の減磁を抑制することができる。また、高価な高保磁力の磁性体を永久磁石の一部に使用しているので、材料コストの大幅な増加を招くことがない。さらに、永久磁石の外形を大きくすることなく耐減磁性を高めることができるので、回転子の大形化を招くことがない。

【0010】

また、本発明の回転電機の回転子（請求項3）によれば、高保磁力部は、磁極の段階的なずれが形成されている回転子鉄心において、そのずれが形成されている面側の端部に配

50

置されているので、永久磁石の、減磁し易い前記ずれが形成されている面における減磁を抑制することができる。

【0011】

また、本発明の回転電機によれば、上記した回転子を用いるので、材料コストの大幅な増加を抑制することができるとともに、大形化を招くこともない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1実施形態による回転子の構成を示す図で、図2の領域Iの拡大図

【図2】永久磁石電動機を概略的に示す図

【図3】回転子の側面図

10

【図4】永久磁石の構成を模式的に示す斜視図

【図5】永久磁石の配置を模式的に示す図

【図6】図5のVI-VI線に沿った断面図

【図7】本発明の第2実施形態による図1相当図

【図8】図4相当図

【図9】図7のIX-IX線に沿った断面図で、図6相当図

【図10】本発明の第3実施形態による図1相当図

【図11】図4相当図

【図12】本発明の第4実施形態による図5相当図

【図13】図4相当図

20

【図14】図13のXIV-XIV線に沿った断面図で、図6相当図

【図15】本発明の第5実施形態による図4相当図

【図16】図6相当図

【図17】本発明の第6実施形態による図1相当図その1

【図18】図1相当図その2

【図19】図1相当図その3

【図20】図4相当図その1

【図21】図1相当図その4

【図22】図4相当図その2

【図23】本発明の第7実施形態による図1相当図その1

30

【図24】図1相当図その2

【図25】図1相当図その3

【図26】図1相当図その4

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、複数の実施形態において実質的に同一の構成部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

(第1実施形態)

以下、本発明を電気自動車やハイブリット自動車などに用いられるインバータ駆動方式の永久磁石電動機に適用した第1実施形態について、図1から図6に基づいて説明する。

40

【0014】

図2は、永久磁石電動機1の概略を示す図である。永久磁石電動機1は、固定子2及び固定子2の内周側に配置された回転子3から構成されている。固定子2は、固定子鉄心4に、複数相、例えば三相のコイルであるU相コイル5、V相コイル6、W相コイル7が巻装されている。固定子鉄心4は、例えば珪素鋼板をプレスで打ち抜いた円環状の鉄心片を複数枚積層して一体的に形成された円筒状をなしており、この固定子鉄心4の内周面には、U相コイル5、V相コイル6およびW相コイル7を配設するための固定子スロット8が複数個所、例えば4箇所形成されている。以下、U相コイル5、V相コイル6およびW相コイル7を総称して固定子コイルという。

【0015】

50

回転子 3 は、例えば珪素鋼板をプレスで打ち抜くことなどにより円環状に形成された鉄心片を複数積層してなる回転子鉄心 9 と、回転子鉄心 9 の内周部に設けられた回転軸 10 とを有している。回転子 3 は、その外周面と固定子 2 の内周面との間に僅かな隙間（エアギャップ）を隔てて回転可能に配置されている。回転軸 10 は、回転子鉄心 9 を鉄心材の積層方向に貫いており、回転子鉄心 9 に固定されている。

【 0 0 1 6 】

回転子鉄心 9 の外周部には、外周に向かうに従って対向距離が順次大となる一对の磁性体スロット 11（本発明でいう磁性体挿入孔）が複数対、例えば 8 対、周方向に所定の間隔を存して設けられており、回転子鉄心 9 を鉄心材の積層方向（軸方向）に貫いている。これら 8 対の磁性体スロット 11 は、それぞれ等間隔に設けられており、回転子 3 の内周側から見た場合に V 字状に配置されている。

10

【 0 0 1 7 】

磁性体スロット 11 には、ネオジウムなどの希土類系元素を含む磁性体で形成された永久磁石 12 がそれぞれ挿入されている。永久磁石 12 は、一对の磁性体スロット 11 では同じ極が回転子 3 の外周側に位置するように配置されているとともに、周方向に隣接する磁性体スロット 11 では、外周側に位置する極性が互いに逆になるように配置されている。これにより、回転子 3 の周方向には、互いに極性の異なる磁極（N 極または S 極）が交互に形成されている。

【 0 0 1 8 】

このような構成を備えた回転子 3 には、永久磁石電動機 1 として考えた場合に、磁束が通り難い磁氣的凹部（d 軸）と磁束が通り易い磁氣的凸部（q 軸）とが形成され、d 軸では磁気抵抗が高く、q 軸では磁気抵抗が低くなる。この磁気抵抗の変化によってリラクタンストルクが発生するとともに、永久磁石 12 と固定子 2 の磁極との間の磁気吸引力および磁気反発力によってもトルクが発生し、回転子 3 は回転する。

20

【 0 0 1 9 】

図 3 は、回転子 3 を側方から見た側面図である。回転子 3 に設けられている磁性体スロット 11 は、回転子 3 の軸方向に対する中心位置が回転子 3 の周方向に段階的にずれている。そのため、この磁性体スロット 11 に挿入される永久磁石 12 により生成される磁極（図 3 では N 極）も、その中心位置が回転子 3 の周方向に段階的にずれている。換言すると、回転子 3 には、その軸方向において、段階的な周方向への磁極のずれ、すなわち段階的なスキューが設けられている。尚、図 3 には、説明の簡略化のために、永久磁石 12 により生成される磁極の一つを模式的に示している。

30

【 0 0 2 0 】

図 1 は、図 2 に示す領域 I の拡大図であり、永久磁石 12 が磁性体スロット 11 に収納された状態を示している。永久磁石 12 が収納される一对の磁性体スロット 11 間には、ブリッジ部 13 が形成されている。ブリッジ部 13 は、回転時に永久磁石 12 にかかる遠心力により破壊されない強度と、回転子鉄心 9 を伝わる漏洩磁束の低減とを両立させるため、幅狭に形成されている。また、幅狭にすることにより、隣接する永久磁石 12 の離間距離を短くして、ブリッジ部 13 を流れる磁束を飽和させ、固定子コイルから発生する磁束がこの磁性体スロット 11 間に流れ込むことを抑制している。

40

【 0 0 2 1 】

また、ブリッジ部 13 は、磁性体スロット 11 側へ突出した押さえ部 14 を有している。永久磁石 12 は、磁性体スロット 11 に挿入されたとき、この押さえ部 14 に当接することにより、位置決めされる。また、磁性体スロット 11 の外周側の端部と回転子鉄心 9 の外周との間には、幅狭なチップ部 15 が形成されており、そのチップ部 15 側には、磁性体スロット 11 側に突出して永久磁石 12 を押さえる押さえ部 15 a が形成されている。このチップ部 15 は、永久磁石 12 の漏洩磁束を制限する。

【 0 0 2 2 】

次に、永久磁石 12 について詳細に説明する。

永久磁石 12 は、相対的に保磁力が低い磁性体で形成された低保磁力部 12 a と、この

50

低保磁力部 1 2 a に対して相対的に保磁力が高い磁性体により形成された高保磁力部 1 2 b とにより構成されている。具体的には、低保磁力部 1 2 a を形成する磁性体は、保磁力が $1000 \sim 1600 \text{ k [A / m]}$ 程度のネオジム系磁石などで形成されており、高保磁力部 1 2 b を形成する磁性体は、例えばジスプロシウムなどを添加することにより保磁力を $2400 \sim 2700 \text{ k [A / m]}$ 程度まで高めたネオジム系磁石で形成されている。尚、低保磁力部 1 2 a は、高保磁力部 1 2 b に対して相対的に保磁力が低い部位を指しているのであり、低保磁力部 1 2 a の保磁力の大きさ自体は、従来と同等である。

【 0 0 2 3 】

永久磁石 1 2 は、これら低保磁力部 1 2 a および高保磁力部 1 2 b を積層し、互いに一体に形成した状態で、磁性体スロット 1 1 に収納されている。この場合、永久磁石 1 2 の外形は、従来から使用されているものと同じの大きさに形成されている。このような永久磁石 1 2 は、断面形状が略長方形をなしており、その短手方向の端部において一对の磁性体スロット 1 1 が対向する側に、高保磁力部 1 2 b が配置されている。つまり、高保磁力部 1 2 b は、一对の磁性体スロット 1 1 が形成する V 字の内側の面に設けられている。そのため、永久磁石 1 2 は、図 4 に示すような外観を有している。

10

【 0 0 2 4 】

ところで、本実施形態では、図 5 に示すように、回転子鉄心 9 の積層方向において互いに隣接する永久磁石 1 2 (実線で示す永久磁石 1 2 と破線で示す永久磁石 1 2) の中心位置が、回転子鉄心 9 の周方向にずれている。図 5 では、説明の簡略化のために磁性体スロット 1 1 を省略しているが、実線にて示す一对の永久磁石 1 2 により形成される磁極と、破線にて示す一对の永久磁石 1 2 により形成される磁極とが互いにその中心位置がずれた状態になり、これにより、回転子 3 には、軸方向において段階的なスキューが設けられる (図 3 参照) 。

20

【 0 0 2 5 】

このとき、永久磁石 1 2 の高保磁力部 1 2 b の厚さ T は、図 6 に示すように、永久磁石 1 2 の幅 W が見かけ上狭くなるスキュー面 9 a において、軸方向に隣接する永久磁石 1 2 の互いの高保磁力部 1 2 b が接触可能な厚さに設定されている。つまり、永久磁石 1 2 の幅 W が見かけ上狭くなり固定子コイルからの起磁力の影響を受けやすい段階的なずれが形成されたスキュー面 9 a 側において、且つ、永久磁石 1 2 の断面視における短手方向において、保持力の高い磁性体で形成された高保磁力部 1 2 b が、少なくとも互いの一部が接触するように、また、回転子 3 の外周側 (固定子 2 側) に位置するように配置されている。

30

【 0 0 2 6 】

また、永久磁石 1 2 は、図 1 に示すように、高保磁力部 1 2 b と押さえ部 1 4 とが当接する状態で、すなわち、押さえ部 1 4 と低保磁力部 1 2 a とが接触しない状態になるように厚さ T が設定されている。尚、高保磁力部 1 2 b の厚さ T は、回転子 3 の周方向への磁極のずれの大きさ (所謂、スキュー角) や、磁性体スロット 1 1 の形状などによって適宜調節すればよい。

【 0 0 2 7 】

このような永久磁石 1 2 が設けられた回転子 3 は、固定子 2 と組み合わされて、永久磁石電動機 1 を構成している。このとき、2 段階のスキューが設けられている回転子 3 においては、例えば、その全長の半分の長さを有する同一形状の回転子ブロックが 2 個製造され、それらを周方向に互いにずらして積層することにより回転子 3 が形成される。

40

【 0 0 2 8 】

次に上記した構成の永久磁石電動機 1 の作用および効果について説明する。

回転子 3 に設けられている永久磁石 1 2 には、実運転時に、外部の固定子 2 に巻装された U 相コイル 5、V 相コイル 6、W 相コイル 7 から発生する起磁力が作用する。このとき、固定子コイルに電流が流れたときに発生する起磁力は、永久磁石 1 2 の磁化方向と逆の向きに加えられ、起磁力の大きさがある大きさを超えると、永久磁石 1 2 は不可逆的に減磁される。その結果、トルク性能が低下するなど永久磁石電動機 1 の特性の悪化を招くこ

50

とがある。

【0029】

そこで、回転子3では、永久磁石12を、低保磁力部12aと、低保磁力部12aよりも保磁力の高い高保磁力部12bとで形成し、起磁力の発生源である固定子2側に高保磁力部12bを配置している。高保磁力部12bを形成する磁性体は減磁に対する耐性が高いため、固定子コイルから発生する起磁力による影響を受けやすい部位に高保磁力部12bを配置することにより、永久磁石12に対する、より大きな反磁界でも減磁しにくくなり、永久磁石12の減磁を低減することが可能になる。したがって、耐減磁性の高い回転子3を提供することができる。

【0030】

永久磁石12を、その一部すなわち固定子コイルに対向する側の面に高保磁力部12bを配置した構造とすることにより、例えば永久磁石12の表面および端面などの減磁し易かった部位の耐減磁性を高めることができる。また、高保磁力の磁性体の消費量を削減することが可能になり、材料コストの大幅な増加を抑制することができる。

【0031】

永久磁石12を、低保磁力部12aおよび高保磁力部12bを積層して形成しているので、製造工程が複雑になることが無く、材料コストの大幅な増加を抑制することができる。また、永久磁石12の大きさを従来の構成から変更することなく、同一の形状になるように形成しているので、磁極としての特性が低下することがなく、また、回転子3が大形化することもない。そのため、製造コストの大幅な増加を招くことがない。

【0032】

永久磁石12の断面視で短手方向の端部、且つ、スキュー面9a側において、固定子コイル側の端部に高保磁力部12bを配置し、この高保磁力部12bの厚みTを、スキュー角に応じて、スキュー面9aにおいて隣接する永久磁石12間では互いの高保磁力部12bの少なくとも一部が接触するように設定しているので、永久磁石12の幅Wが見かけ上狭くなる部位の保磁力が高くなり、減磁を低減することができる。また、永久磁石12全体を高保磁力の磁性体で製造する場合に比べて、高保磁力の磁性体の使用量が削減され、材料コストが大幅に増加することを抑制できる。

【0033】

回転子3を、その全長の半分の長さを有する同一形状の部材を重ね合わせて形成しているので、段階的なスキューを設ける場合であっても、形状が異なる部材を必要とせず、作業工程を簡略化することができる。

【0034】

このような回転子3を用いることにより、永久磁石電動機1の耐減磁性を高めることが可能になり、信頼性の高い永久磁石電動機1を提供することができる。また、永久磁石電動機1の大形化を招くこともない。さらに、永久磁石12の耐減磁性が高まったことから、固定子コイルに流す電流値を大きくすることができるなど、永久磁石電動機1の性能の向上を図ることもできる。

【0035】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態による回転子について、図7から図9に基づいて説明する。第2実施形態では、回転子に設けられている永久磁石に2箇所の高保磁力部を設けている点が第1実施形態と異なっている。尚、第2実施形態の永久磁石電動機の構成は第1実施形態とほぼ同一である。

【0036】

図7は、第2実施形態による回転子3の構成を示す図である。永久磁石12は、第1実施形態と同様に低保磁力部12aおよび高保磁力部12bで構成されている。尚、高保磁力部12bを形成する磁性体は、第1実施形態と同様に、低保磁力部12aよりも保磁力の高いものが用いられている。

【0037】

10

20

30

40

50

永久磁石 1 2 の高保磁力部 1 2 b は、断面視における略長方形の短手方向の両端部、すなわち、磁性体スロット 1 1 が対向する側（V字の内側）、およびその反対側（V字の外側）に配置されている。つまり、永久磁石 1 2 は、図 8 に示すように、挿入方向に対して低保磁力部 1 2 a の上下に高保磁力部 1 2 b が配置された構成になっている。これにより、図 9 に示すように、永久磁石 1 2 の幅が見かけ上狭くなるスキュー面 9 a において、その両側が高保磁力部 1 2 b により保護されている。

【 0 0 3 8 】

このように、永久磁石 1 2 を低保磁力部 1 2 a と低保磁力部 1 2 a よりも高保磁力な高保磁力部 1 2 b とで形成することにより、固定子 2（図 2 参照）に巻装された固定子コイルから発生する起磁力による減磁を低減することができるなど、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

10

特に、第 2 実施形態では、高保磁力部 1 2 b を磁性体スロット 1 1 が対向する側の面、およびその反対側の面に配置することにより、回転子 3 の内周側を流れる磁束による減磁を低減することができ、耐減磁性をさらに高めることができる。

【 0 0 3 9 】

（第 3 実施形態）

次に、本発明の第 3 実施形態による回転子について、図 1 0 および図 1 1 に基づいて説明する。第 3 実施形態では、回転子鉄心に外周孔部を設けている点、および高保磁力部を永久磁石の長手方向の両端部に設けている点が第 1 実施形態と異なっている。尚、第 3 実施形態の永久磁石電動機の構成は第 1 実施形態とほぼ同一である。

20

【 0 0 4 0 】

図 1 0 は、第 3 実施形態による回転子 3 の構成を示す図である。回転子鉄心 9 には、一对の磁性体スロット 1 1 の内側に位置して、外周孔部 1 6 が設けられている。外周孔部 1 6 は、固定子 2（図 2 参照）に設けられている固定子コイルからの磁束の流れ、および永久磁石 1 2 からの磁束の流れを制限する。これにより、トルクリプルや鉄損、あるいは高調波の発生などともなう永久磁石電動機 1 の特性の低下が防止されている。

【 0 0 4 1 】

このような回転子鉄心 9 に収納された永久磁石 1 2 は、第 1 実施形態と同様に低保磁力部 1 2 a および高保磁力部 1 2 b で構成されている。高保磁力部 1 2 b は、断面視で略長方形の永久磁石 1 2 の長手方向の両端部、すなわち磁性体スロット 1 1 に挿入されたときに回転子鉄心 9 の最も外周側および最も内周側に位置する部位に配置されている。つまり、永久磁石 1 2 は、図 1 1 に示すように、挿入方向に対して低保磁力部 1 2 a の左右両側に高保磁力部 1 2 b が配置された構成になっている。

30

【 0 0 4 2 】

永久磁石 1 2 の最も外周側および最も内周側に位置する角部は、永久磁石 1 2 の厚さが見かけ上薄くなり、固定子 2 に設けられている固定子コイルからの磁束が通過しやすい部位である。換言すると、永久磁石 1 2 の角部は、反磁界の影響を受けやすく、減磁し易い部位である。本実施形態では、この角部に高保磁力部 1 2 b を配置することにより、永久磁石 1 2 の端部の耐減磁性を向上させることができるなど、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

40

【 0 0 4 3 】

特に、永久磁石 1 2 の断面視で長手方向の両端部、すなわち短辺側の端部に高保磁力部 1 2 b を配置しているので、高保磁力の磁性体の使用量の低減が可能になり、材料コストが大幅に増加することを抑制できる。

【 0 0 4 4 】

（第 4 実施形態）

次に、本発明の第 4 実施形態による回転子について、図 1 2 から図 1 4 に基づいて説明する。第 4 実施形態では、永久磁石に設けられている高保磁力部の配置が第 1 実施形態と異なっている。尚、第 4 実施形態の永久磁石電動機の構成は第 1 実施形態とほぼ同一であり、段階的なスキューが設けられている。

50

【0045】

図12は、第4実施形態による回転子3の構成を示す図である。尚、図12には、説明の簡略化のために、永久磁石12の配置のみを模式的に示している。このように段階的なスキューが設けられている回転子3においては、上記したように、スキュー面9a(図14参照)は、永久磁石12の幅が見かけ上狭くなり、減磁しやすい部位である。

【0046】

そこで、第4実施形態では、図13および図14に示すように、永久磁石12の高保磁力部12bを、磁性体スロット11(図2参照)への挿入方向、すなわち回転子鉄心9の積層方向において、スキュー面9a側の端部に設けている。このような回転子3は、その全長の半分の長さを有する同一形状の部材がまず形成され、その一方を軸方向に対して反転させた状態で、且つ、周方向に互いにずらして積層することにより形成される。

10

【0047】

このように、見かけ上幅が狭くなったスキュー面9a側に高保磁力部12bを配置することにより、固定子コイルから発生する起磁力による減磁を低減することができるなど、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

特に、第4実施形態では、高保磁力部12bをスキュー面9aに設けているので、永久磁石12の幅が見かけ上狭くなって減磁し易い部位の耐減磁性を高めることができる。

また、同一形状の部材を反転させることにより回転子3を形成しているため、作業工程を簡略化することができる。

【0048】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態による回転子について、図15および図16に基づいて説明する。第5実施形態は、第4実施形態の変形例であり、永久磁石に設けられている高保磁力部の配置が第4実施形態と異なっている。

20

【0049】

図15は、第5実施形態による永久磁石12の外観を示す斜視図で第4実施形態の図13に相当し、図16は、永久磁石12の配置を模式的に示す図で第4実施形態の図14に相当する。第5実施形態では、図15および図16に示すように、高保磁力部12bを、磁性体スロット11(図2参照)への挿入方向、すなわち回転子鉄心9の積層方向における両端部に設けている。このように、高保磁力部12bを永久磁石12の挿入方向における両端部、すなわちスキュー面9aと回転子3の端面側とに設けているので、永久磁石12の幅が見かけ上狭くなるスキュー面9aにおける耐減磁性を高めることができるとともに、外部からの起磁力の影響を受けやすい回転子3の端面(スキュー面9aとは反対側の面)側の端部における耐減磁性を高めることができる。

30

【0050】

(第6実施形態)

次に、本発明の第6実施形態による回転子について、図17から図22に基づいて説明する。第6実施形態は、上記した第1～第5実施形態の変形例であり、永久磁石に設けられている高保磁力部の配置が上記した各実施形態と異なっている。

【0051】

永久磁石12は、例えば図17に示すように、断面視で略長方形に形成された外周に高保磁力部12bを配置する構成としてもよい。この場合、低保磁力部12aと高保磁力部12bとを別体に形成し、互いに積層することにより永久磁石12を形成してもよい。あるいは、図18に示すように、永久磁石12の中心側から外周側に向かって連続的に保磁力が異なる磁性体、すなわち傾斜機能材料の磁性体にて形成するようにしてもよい。これらにより、永久磁石12の減磁が低減できるなど、第1～第3実施形態と同様の効果を得ることができる。尚、図18では、連続的に保磁力が変化する構成を、模式的に低保磁力部12aと高保磁力部12bの2段階で示している。

40

【0052】

あるいは、外周孔部16が設けられた回転子3であれば、図19および図20に示すよ

50

うに、永久磁石12を、低保磁力部12aの磁性体スロット11の内側およびその反対側の面に対応する部位以外に高保磁力部12bを配置するような構成としてもよい。これにより、永久磁石12の角部、スキュー面9a側および回転子3の端面側などの減磁し易い部位の減磁を低減することができる。また、外周孔部16により磁束が制限される側つまり磁性体スロット11の内側および外側には高保磁力部12bを配置しないので、材料コストの増加を抑制することができる。

【0053】

あるいは、図21および図22に示すように、低保磁力部12aの外周全域を高保磁力部12bで覆うような構成としてもよい。これにより、外周孔部16が設けられていない回転子3の場合であっても、永久磁石12に対する起磁力の影響が全方向に対して低減され、耐減磁性を向上させることができる。また、この場合、永久磁石12の中心部から外周側に向かって順次保磁力が異なる傾斜機能材料にて永久磁石12を形成するとよい。これにより、形状の異なる複数の高保磁力部12bを低保磁力部12aに組み付け合わせる作業が不要となり、作業効率を向上させることができるとともに、永久磁石12の部品点数を削減でき、製造コストの増加を抑制することができる。

10

【0054】

(第7実施形態)

次に、本発明の第7実施形態による回転子について、図23から図26に基づいて説明する。第7実施形態では、永久磁石に設けられている高保磁力部の形状が上記した各実施形態と異なっている。

20

【0055】

上記した第1～第6実施形態では、永久磁石12は、断面形状が略長方形に形成されている。このような断面形状の場合、永久磁石12を磁性体スロット11に収納するとき、例えば第1実施形態の永久磁石12では高保磁力部12bがV時の外側に配置されたり、あるいは、第4実施形態の永久磁石12では高保磁力部12bがスキュー面9aとは反対側の端部に配置されたりするなど、製造工程において永久磁石12を誤った方向で収納するおそれがある。

【0056】

そこで、本実施形態では、永久磁石12の誤挿入を防止するために、断面形状を変化させている。例えば、図23に示すように、永久磁石12の4隅のうち1箇所面に面取り部12cが設けられている。このため、面取り部12cが挿入方向の目安となり、永久磁石12の誤挿入を防止することができる。この場合、面取り部12cを永久磁石12の長手方向の中心線L1および短手方向の中心線L2に対して非対称にするとよい。面取り部12cを左右あるいは上下に非対称に設けることにより、例えば図23では挿入時に面取り部12cが回転子鉄心9の外周側に配置されていれば正しい方向に挿入されていることが確認でき、作業効率を向上させることができる。また、面取り部12cを、極力チップ部15に近づけているので、例えば左側の永久磁石12を右側のスロットに挿入しようとしてもできず、誤挿入を防止することができる。

30

【0057】

また、図24に示すように、磁性体スロット11を、永久磁石12の面取り部12cに合わせた形状にしてもよい。尚、第1実施形態のような永久磁石12の場合、高保磁力部12bは挿入方向に対して対称に形成されている。そのため、図23及び図24において、例えば左側の永久磁石12を挿入方向に対して反転させることにより、右側の永久磁石12とすることができる。すなわち、同一形状の永久磁石12を、左右の取り違いなどが発生するおそれを防止しつつ、左右どちらの磁性体スロット11にも挿入することが可能になり、作業効率を向上させることができる。

40

【0058】

あるいは、図25に示すように、永久磁石12の一部に凸部12dを設け、凸部12dに対応する位置において磁性体スロット11に凹部を設けることにより、誤挿入を防止するようにしてもよい。また、図26に示すように、永久磁石12の一部に凹部12eを設

50

け、凹部 1 2 e に対応する位置において磁性体スロット 1 1 に凸部を設けることにより、誤挿入を防止するようにしてもよい。勿論、凸部 1 2 d および凹部 1 2 e の両方を設ける構成としてもよい。これにより、例えば第 4 実施形態のようにスキュー面 9 a に高保磁力部 1 2 b を配置する構成であっても、逆方向には挿入することができないことから、誤挿入を防止することができる。

【 0 0 5 9 】

この場合、凸部 1 2 d あるいは凹部 1 2 e を、低保磁力部 1 2 a 側に設けるとよい。すなわち、比較的安価な低保磁力部 1 2 a に凸部 1 2 d あるいは凹部 1 2 e を形成することにより、高価な高保磁力部 1 2 b の磁性体が研削により無駄になることを防止できる。

これらのように、中心線 L 1 または L 2 に対して非対称に形成することにより、あるいは、永久磁石 1 2 と磁性体スロット 1 1 とに凹凸を設けることにより、挿入作業を煩雑化することなく、永久磁石 1 2 の誤挿入を防止することができ、作業効率を改善することができる。

【 0 0 6 0 】

(その他の実施形態)

本発明は、以上説明した各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の実施形態に適用可能であり、例えば以下のように変形または拡張することができる。

【 0 0 6 1 】

インバータ駆動方式の三相の永久磁石型電動機に適用した例を示したが、相数や駆動方式などはこれに限定されない。例えば、インナーロータ型やアウターロータ型の電動機や発電機など、永久磁石を用いる回転電機全般に適用することができる。もちろん、車両用以外の目的に用いられる回転電機に適用してもよい。

【 0 0 6 2 】

本発明を段階的なスキューが 2 段階設けられている回転子 3 に適用した例を示したが、段階的なスキューを 3 段階以上設けた回転子に適用してもよい。

第 4 実施形態を除く各実施形態において、段階的なスキューが設けられていない回転子に適用してもよい。この場合でも、固定子 2 側に高保磁力部 1 2 b を配置することにより、永久磁石 1 2 の減磁を低減することができる。

【 0 0 6 3 】

第 1 ~ 第 4 実施形態の永久磁石 1 2 を、傾斜機能材料の磁性体により形成するようにしてもよい。あるいは、各実施形態において、互いに保磁力が異なる 3 種類以上の磁性体を用いる構成としてもよい。例えば、外周孔部 1 6 が設けられている回転子の場合、外周孔部 1 6 と対向する側の一部に、高保磁力部 1 2 b よりも保磁力が低く、且つ低保磁力部 1 2 a よりも保磁力が高い磁性体を配置するような構成が考えられる。

【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

図面中、1 は永久磁石電動機 (回転電機)、2 は固定子、3 は回転子、9 は回転子鉄心、9 a はスキュー面 (段階的なずれが形成されている面)、1 2 は永久磁石、1 2 a は低保磁力部、1 2 b は高保磁力部、を示す。

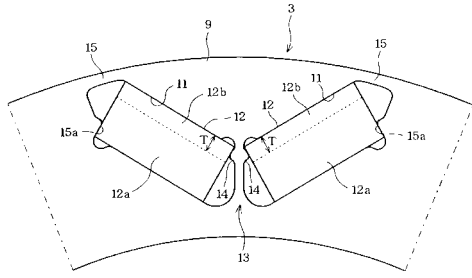
10

20

30

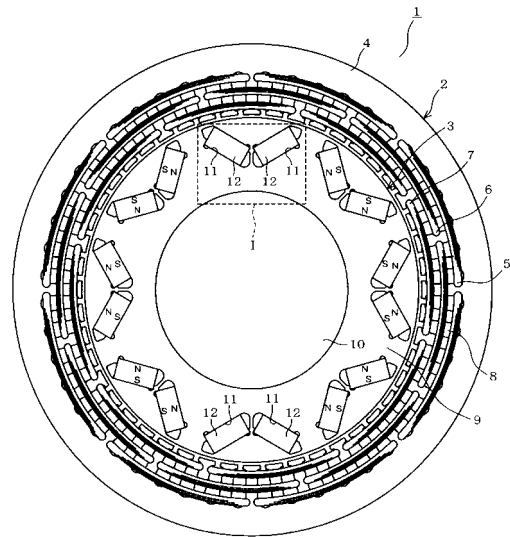
40

【図1】



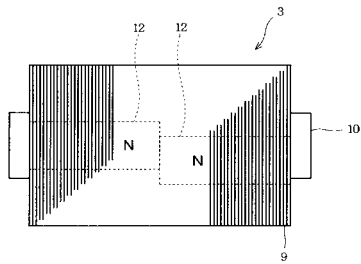
3 : 回転子
 9 : 回転子鉄心
 12 : 永久磁石
 12a : 低保磁力部
 12b : 高保磁力部

【図2】

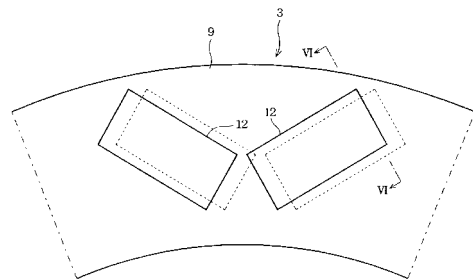


1: 永久磁石電動機(回転電機)

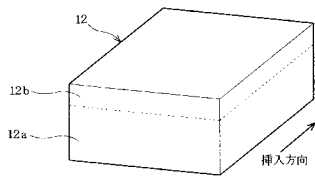
【図3】



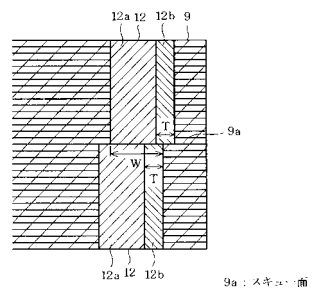
【図5】



【図4】

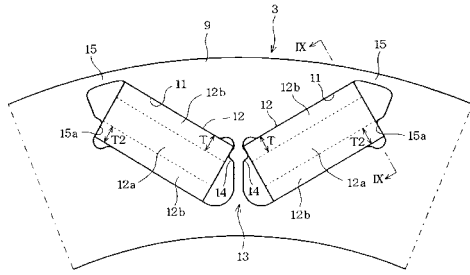


【図6】

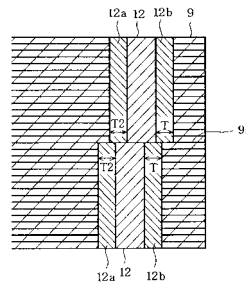


9a : 突起部

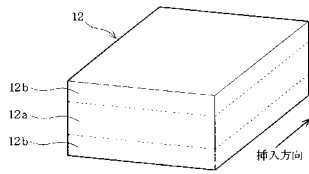
【図7】



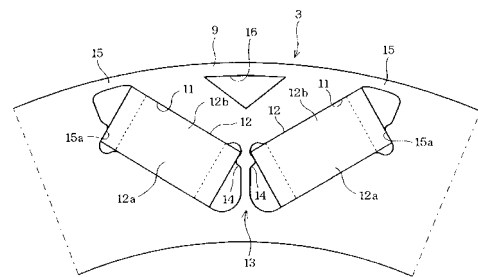
【図9】



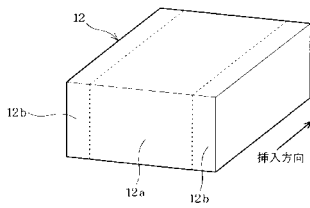
【図8】



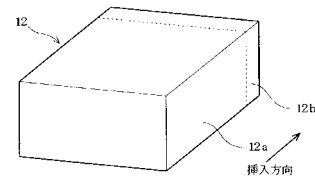
【図10】



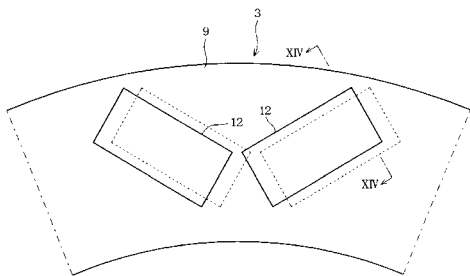
【図11】



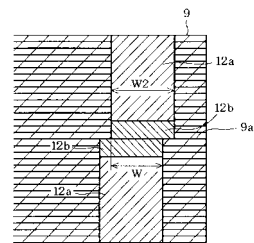
【図13】



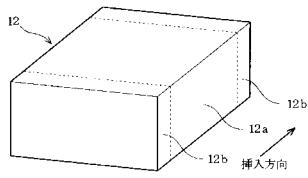
【図12】



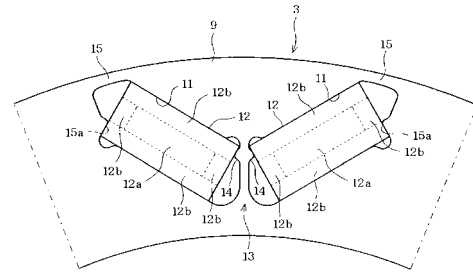
【図14】



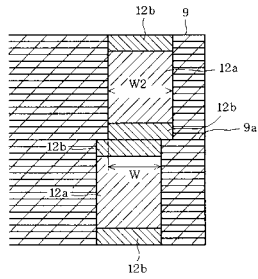
【図15】



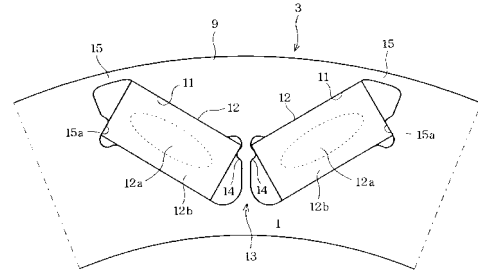
【図17】



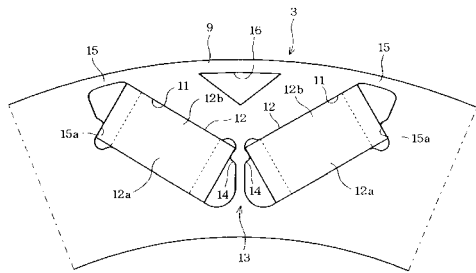
【図16】



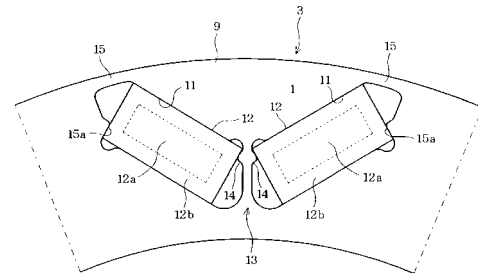
【図18】



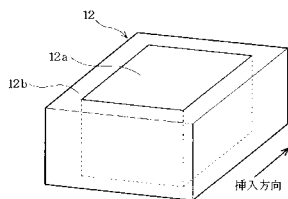
【図19】



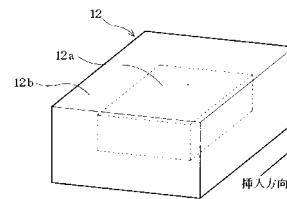
【図21】



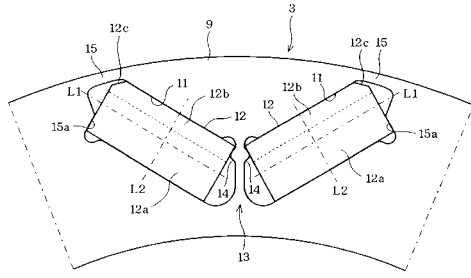
【図20】



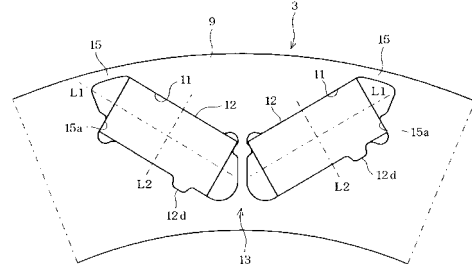
【図22】



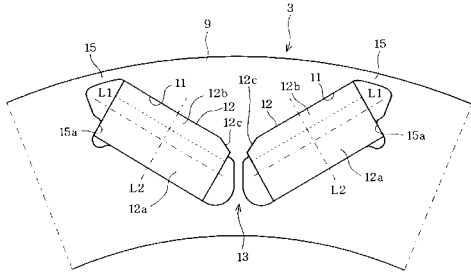
【図 23】



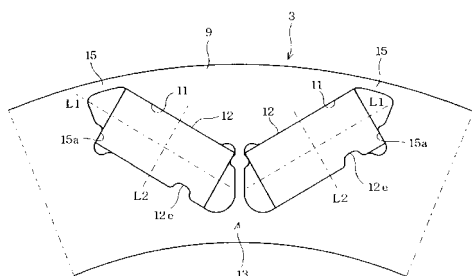
【図 25】



【図 24】



【図 26】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 渉
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開2008-130781(JP,A)
特開2007-282392(JP,A)
特開2003-284272(JP,A)
特開2006-261433(JP,A)
特開平08-340651(JP,A)
国際公開第2008/114692(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27