

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5901436号
(P5901436)

(45) 発行日 平成28年4月13日(2016.4.13)

(24) 登録日 平成28年3月18日(2016.3.18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 2 K 1/27 (2006.01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 B

H O 2 K 1/22 (2006.01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 K

H O 2 K 1/22 A

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2012-130357 (P2012-130357)
 (22) 出願日 平成24年6月8日(2012.6.8)
 (65) 公開番号 特開2013-255371 (P2013-255371A)
 (43) 公開日 平成25年12月19日(2013.12.19)
 審査請求日 平成27年1月26日(2015.1.26)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 399048917
 日立アプライアンス株式会社
 東京都港区西新橋二丁目15番12号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 高橋 暁史
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作
 所 日立研究所内
 (72) 発明者 丸山 恵理
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作
 所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石同期機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子と固定子から構成される永久磁石同期機であって、前記回転子は、
 径方向内側に凸となるよう構成される永久磁石と、
 前記永久磁石が配設される磁石収容孔と、
 前記磁石収容孔の径方向外側に位置する回転子鉄心と、
 前記回転子鉄心の極間側、且つ、前記磁石収容孔の径方向外側に位置するリブと、を備え、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の径方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の径方向における隙間より狭く、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の遠心力方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の遠心力方向における隙間より狭い永久磁石同期機。

【請求項2】

回転子と固定子から構成される永久磁石同期機であって、前記回転子は、
 径方向内側に凸となるよう構成される永久磁石と、
 前記永久磁石が配設される磁石収容孔と、
 前記磁石収容孔の径方向外側に位置する回転子鉄心と、
 前記回転子鉄心の極間側、且つ、前記磁石収容孔の径方向外側に位置するリブと、を備

10

20

え、

前記永久磁石は中央部と、前記中央部の両端に位置する側部と、を有し、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記中央部と前記磁石収容孔との間の径方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記側部と前記リブとの間の径方向における隙間より狭く、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の遠心力方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の遠心力方向における隙間より狭い永久磁石同期機。

【請求項 3】

回転子と固定子から構成される永久磁石同期機であって、前記回転子は、

径方向内側に凸となるよう構成される永久磁石と、

前記永久磁石が配設される磁石収容孔と、

前記磁石収容孔の径方向外側に位置する回転子鉄心と、

前記回転子鉄心の極間側、且つ、前記磁石収容孔の径方向外側に位置するリブと、を備え、

前記永久磁石は中央部と、前記中央部の両端に位置する側部と、を有し、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記側部と前記磁石収容孔との間の径方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記側部と前記リブとの間の径方向における隙間より狭く、

前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の遠心力方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の遠心力方向における隙間より狭い永久磁石同期機。

【請求項 4】

前記永久磁石は少なくとも 2 箇所の屈曲点を有し、

前記中央部は前記 2 箇所の屈曲点の間に位置することを特徴とする請求項 2 に記載の永久磁石同期機。

【請求項 5】

前記中央部と前記磁石収容孔との間の径方向における隙間は、前記側部と前記磁石収容孔との間の径方向における隙間より広いことを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の永久磁石同期機。

【請求項 6】

前記側部は前記中央部の磁化方向に対して垂直な面を有することを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載の永久磁石同期機。

【請求項 7】

前記中央部の磁化方向に対して垂直方向における前記中央部の長さは、前記側部の磁化方向に対して垂直方向における前記側部の長さよりも長いことを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれかに記載の永久磁石同期機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は永久磁石同期機に関するものである。

【背景技術】

【0002】

永久磁石同期機では、回転子に永久磁石を埋設する Interior Permanent Magnet (以下「IPM」という。)構造が広く採用されている。IPM構造の永久磁石同期機に埋設する永久磁石に、安価でかつ安定調達が可能なフェライト磁石が採用され始めている。

【0003】

しかしながら、永久磁石の性能は残留磁束密度と保持力という 2 つの物理量で表され、フェライト磁石の残留磁束密度及び保持力は、ネオジウム磁石の約 1 / 3 である。従って、現在広く使用されているネオジウム磁石をフェライト磁石に置き換えた場合、著しい性

10

20

30

40

50

能の低下を招くことになる。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 は、永久磁石を埋め込む収容孔が径方向内側に凸状である永久磁石埋め込み回転子を開示している。特許文献 1 によれば、磁石磁束の発生面積を大きくするとともに、永久磁石の径方向外側の鉄心断面積を大きくすることで、リラクタンストルクを積極的に活用して性能の向上を図ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特許第 3 5 0 7 6 8 0 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 の径方向内側に凸状である永久磁石収容孔の形状では、回転子の回転による遠心力、急加速及び急停止による慣性力によって、永久磁石が永久磁石収容孔内を移動する。そして、遠心力及び慣性力を永久磁石の極間側端部で集中して受け、永久磁石の破断及び材料特性の劣化を招くおそれがある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、永久磁石の破断及び材料特性の劣化を抑制する永久磁石同期機を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本願発明の永久磁石同期は、回転子と固定子から構成される永久磁石同期機であって、前記回転子は、径方向内側に凸となるよう構成される永久磁石と、前記永久磁石が配設される磁石収容孔と、前記磁石収容孔の径方向外側に位置する回転子鉄心と、前記回転子鉄心の極間側、且つ、前記磁石収容孔の径方向外側に位置するリブと、を備え、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の径方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の径方向における隙間より狭く、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記回転子鉄心との間の遠心力方向における隙間は、前記永久磁石同期機の運転停止中における前記永久磁石と前記リブとの間の遠心力方向における隙間より狭い。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、永久磁石の破断及び材料特性の劣化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の第 1 の実施例による永久磁石同期機の全体図。

【図 2】本発明の第 1 の実施例による永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図。

【図 3】本発明の第 1 の実施例による永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図。

【図 4】本発明の第 1 の実施例の他形態による永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図。

40

【図 5】本発明の第 2 の実施例による永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図。

【図 6】本発明の第 2 の実施例による永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施例における永久磁石同期機の全体図である。永久磁石同期機は回転子 1 と固定子 30 から構成される。回転子 1 は、径方向内側に凸となるよう構成された永久磁石収容孔 4 と、永久磁石収容孔 4 の径方向外側に位置する回転子鉄心 2 と、

50

回転子鉄心 2 の極間側で、且つ、永久磁石収容孔 4 の径方向外側に位置するリブ 6 を有している。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、本発明の第 1 の実施例における永久磁石同期機の 1 極分の部分断面図である。永久磁石収容孔 4 には永久磁石 3 が配設される。永久磁石収容孔 4 と隣の極の永久磁石収容孔 4 とは、連結部 1 1 で連結される。また、永久磁石 3 は 1 極につき周方向に少なくとも 2 箇所の屈曲点 4 2 を有する。屈曲点 4 2 の間には磁化方向に対して垂直に伸びる中央部 4 0 が設けられている。また、屈曲点 4 2 を始端として極の端部側に向けて伸びる少なくとも 2 つの側部 4 1 が設けられている。

【 0 0 1 4 】

このような永久磁石 3 の形状は、U 字形状と同様に磁石磁束発生面の表面積を大きくすることができるとともに、永久磁石 3 の径方向外側の鉄心断面積が大きくなるのでリラクタンストルクを積極的に活用することができる。

【 0 0 1 5 】

しかし、永久磁石 3 には、回転子 1 の回転による遠心力、急加速及び急停止による慣性力が働く。この遠心力や慣性力によって、永久磁石 3 は永久磁石収容孔 4 内部で移動する。

【 0 0 1 6 】

フェライト磁石は焼成工程で成形体にうねりが発生するため、このうねり部分に相当する厚みを切削加工で除去する影響により、寸法公差が数百 μm と大きくなる。フェライト磁石はうねりが大きく、希土類磁石の場合よりも数倍大きなクリアランスが生じるケースが珍しくない。また、フェライト磁石は希土類磁石に比べ残留磁束密度が低く、回転子鉄心 2 との磁気吸引力が弱い。そのため、フェライト磁石は希土類磁石に比べて永久磁石収容孔 4 内部で移動しやすく、永久磁石の破断及び材料特性の劣化を引き起こしやすい。

【 0 0 1 7 】

そこで、本実施例では、極間側端部クリアランスの径方向における幅 T 1 を中央部 4 0 と径方向外側の回転子鉄心 2 a との間の径方向における隙間 T 3、又は、側部 4 1 と径方向外側の回転子鉄心 2 a との間の径方向における隙間 T 2 より長くしている。

【 0 0 1 8 】

この構成により、永久磁石 3 の極間側端部がリブ 6 と接触する前に、中央部 4 0 又は側部 4 1 が回転子鉄心 2 に接触するため、永久磁石 3 の極間側端部がリブ 6 に接触するのを回避することができる。従って、特定箇所に集中して遠心力が加わることを回避して、永久磁石 3 の破断および材料特性の劣化を確実に防止することができる。

【 0 0 1 9 】

また、永久磁石 3 は、回転子 1 の急加速及び急停止による慣性力によって回転方向に移動する。隙間 T 3 が隙間 T 2 より狭い場合、遠心力によって中央部 4 0 と回転子鉄心 2 は接触するが、側部 4 1 と回転子鉄心 2 は接触するとは限らない。つまり、急加速及び急停止による慣性力によって側部 4 1 と回転子鉄心 2 が接触したり離れたりする可能性がある。

【 0 0 2 0 】

そこで、本実施例では中央部 4 0 と径方向外側の回転子鉄心 2 a との間の径方向における隙間 T 3 を、側部 4 1 と径方向外側の回転子鉄心 2 a との間の径方向における隙間 T 2 よりも長くしている。この構成によれば、遠心力によって側部 4 1 が径方向外側の回転子鉄心 2 a への接触を維持でき、慣性力によって側部 4 1 と回転子鉄心 2 が接触したり離れたりすることを防止することができる。

【 0 0 2 1 】

このように、側部 4 1 と回転子鉄心 2 とを面接触させて遠心力や慣性力を分散させることで、特定箇所に集中して遠心力や慣性力が加わることを回避することができる。そのため、永久磁石 3 の破断及び材料特性の劣化を抑制することができる。

【 0 0 2 2 】

なお、側部 4 1 を直線形状にすることで、側部 4 1 と回転子鉄心 2 との磁気吸引力を一樣にすることができるため、側部 4 1 と回転子鉄心 2 とをより確実に面接触させることができる。

【 0 0 2 3 】

図 3 に示すように、永久磁石 3 の極間側の端部の長さをリブ 6 の長さよりも短くし、角を削る構成にしてもよい。この構成によれば、永久磁石 3 の極間側の端部の角がリブ 6 に接触するのをより確実に回避することができる。

【 0 0 2 4 】

さらに、図 3 に示すように、永久磁石 3 の極間側の端部に、中央部 4 0 の磁化方向 5 0 に対して垂直となる面 4 4 を設けてもよい。中央部 4 0 の磁化方向 5 0 に対して垂直となる面 4 4 を底にして永久磁石 3 を置くことができ、永久磁石 3 を加工しやすくすることができる。

10

【 0 0 2 5 】

また、中央部 4 0 の磁化方向 5 0 に対して平行となる面 4 3 を設けてもよい。

【 0 0 2 6 】

さらに、永久磁石 3 が永久磁石収容孔 4 との接触面上をスライドして移動するのを屈曲点 4 2 によって阻止することができる。なお、本実施例では永久磁石 3 が 2 箇所の屈曲点 4 2 を有する場合について説明したが、永久磁石 3 のスライドを阻止する構造であれば、1 箇所の屈曲点 4 2 のみ有する構造や、屈曲点 4 2 を有せずに突起や摩擦等によってスライドを阻止する構造であってもよい。

20

【 0 0 2 7 】

また、永久磁石 3 の極間側の端部を円弧形状で構成することによって、遠心力や慣性力を分散させることができる。

【 0 0 2 8 】

また、屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点 4 5 及び接触点 4 6 を円弧形状で構成することによって、遠心力や慣性力を分散させることができる。

【 0 0 2 9 】

さらに、屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点 4 5 における径方向外側の回転子鉄心 2 a の円弧の半径を永久磁石 3 の円弧の半径より大きくすることで、屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点 4 5 における永久磁石 3 と回転子鉄心 2 との接触を回避することができる。

30

【 0 0 3 0 】

また、屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点 4 6 における径方向内側の回転子鉄心 2 b の円弧の半径を永久磁石 3 の円弧の半径より小さくすることで、屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点 4 6 における永久磁石 3 と回転子鉄心 2 との接触を回避することができる。

【 0 0 3 1 】

以上のように、永久磁石収容孔 4 内のフェライト磁石のガタつきを抑えることができ、騒音発生を抑制するとともに、磁石の破断および材料特性の劣化を防止することが可能となる。

【 0 0 3 2 】

40

なお、図 4 に示すように、永久磁石 3 を径方向外側の回転子鉄心 2 a と径方向内側の回転子鉄心 2 b を別々に構成する分割コアであっても、同様の効果を得ることができる。

【 0 0 3 3 】

径方向外側の回転子鉄心 2 a と永久磁石 3 の接触面、及び、径方向内側の回転子鉄心 2 b と永久磁石 3 の接触面をそれぞれ接着剤で接着固定する方法や、径方向外側の回転子鉄心 2 a と径方向内側の回転子鉄心 2 b の断面の一部に軸方向に貫通するボルト穴を設けるとともに、軸方向端部に肉厚の当て板を構造部材として設け、ボルト穴を通るボルトで回転子鉄心 2 と永久磁石 3 が一体となるよう締結する方法などが挙げられる。このような構成とすることで、構造体として設けられていたリブ 6 を削除できるため、永久磁石 3 からリブ 6 への漏れ磁束を低減して、トルク及び永久磁石同期機の効率を向上させることがで

50

きる。

【0034】

なお、1極あたりの永久磁石3を周方向に分割して構成することも可能であるが、隣接する磁石の間に生じるクリアランス及び永久磁石の寸法公差に相当する分の磁束発生面積が消失するため、結果的に性能低下を招く。このため、永久磁石3は周方向に分割することなく一体で構成することが望ましい。

【0035】

また、永久磁石3の屈曲点42の間には、磁化方向に対して垂直に伸びる直線部分を設けているが、径方向内側に凸となるよう湾曲しても良いし、径方向内側に凸となるよう複数の直線部分で構成してもよい。

10

【0036】

また、永久磁石3には、フェライト磁石のような保持力、残留磁束密度が比較的低い永久磁石を使用する。

【0037】

また、回転子鉄心2は軸方向に積み重ねた積層鋼板で構成しても良いし、圧粉磁心などで構成しても良いし、アモルファス金属などで構成しても良い。

【0038】

また、本発明は、内転型回転子に限定されるものではなく、外転型回転子にも適用が可能である。

【実施例2】

20

【0039】

図5に本発明の第2の実施例による永久磁石同期機の1極分の部分断面図を示す。中央部40の磁化方向に対して垂直方向における中央部40の長さW1は、側部41の磁化方向に対して垂直方向における側部41の長さW2よりも長い。この構成により、永久磁石3に働く回転方向の慣性力を低減することができる。

【0040】

原理について、図6を用いて詳しく説明する。回転子1の急停止・脱調時には、図6に示すように永久磁石3に回転方向の力である慣性力60が印加される。このとき、慣性力60が最も集中するのは屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45であり、屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45での応力の大きさは、屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45から慣性力60の作用点までの距離と、慣性力60との積、すなわち曲げモーメントで表すことができる。

30

【0041】

つまり、屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45から慣性力60の作用点までの距離の合計値を短くすることで、屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45に加わる曲げモーメントを低減することができる。

【0042】

したがって、図5に示すように、W2の長さをW1よりも小さくし、曲げモーメントを極力小さくすることで、屈曲点42と回転子鉄心2との接触点45への応力集中を低減でき、永久磁石3の破断および材料特性の劣化を抑制することができる。

40

【0043】

以上説明したように、本願発明の永久磁石同期機は、回転子と固定子から構成される永久磁石同期機であって、回転子は、径方向内側に凸となるよう構成される永久磁石3と、永久磁石3が配設される永久磁石収容孔4と、永久磁石収容孔4の径方向外側に位置する径方向外側の回転子鉄心2aと、径方向外側の回転子鉄心2aの極間側、且つ、永久磁石収容孔4の径方向外側に位置するリブ6と、を備え、永久磁石3は中央部40と、中央部40の両端に位置する側部41と、を有し、中央部40と永久磁石収容孔4との間の径方向における隙間は側部41とリブ6との間の径方向における隙間より狭い。

【0044】

また、本願発明の永久磁石同期機は、側部41と永久磁石収容孔4との間の径方向にお

50

ける隙間は、側部 4 1 とリブ 6 との間の径方向における隙間より狭い。

【 0 0 4 5 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、永久磁石 3 は少なくとも 2 箇所の屈曲点 4 2 を有し、中央部 4 0 は 2 箇所の屈曲点 4 2 の間に位置する。

【 0 0 4 6 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、中央部 4 0 と永久磁石収容孔 4 との間の径方向における隙間は、側部 4 1 と永久磁石収容孔 4 との間の径方向における隙間より狭い。

【 0 0 4 7 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、側部 4 1 及び永久磁石収容孔 4 は、側部 4 1 の磁化方向に対して垂直なリブ面を有し、側部 4 1 のリブ面は永久磁石収容孔 4 のリブ面より小さい。

10

【 0 0 4 8 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、側部 4 1 は中央部 4 0 の磁化方向に対して垂直な面を有する。

【 0 0 4 9 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、永久磁石 3 は、中央部 4 0 と側部 4 1 とを接続する円弧部を有し、永久磁石収容孔 4 は、円弧部を収容する円弧収容部を有し、円弧部の径方向外側の径は円弧収容部の径方向外側の径よりも小さい。

【 0 0 5 0 】

また、本願発明の永久磁石同期機は、中央部 4 0 の磁化方向に対して垂直方向における中央部 4 0 の長さ W 1 は、側部 4 1 の磁化方向に対して垂直方向における側部 4 1 の長さ W 2 よりも長い。

20

【 符号の説明 】

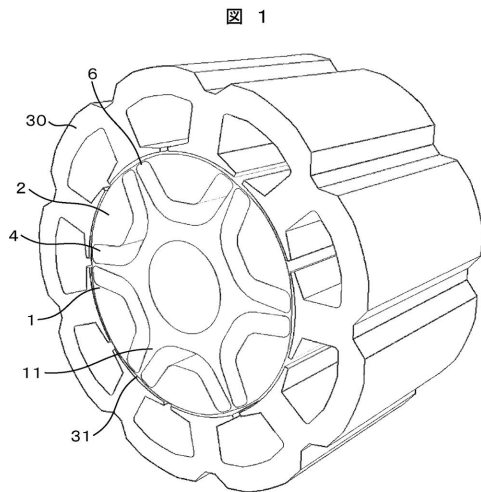
【 0 0 5 1 】

- 1 回転子
- 2 a 径方向外側の回転子鉄心
- 2 b 径方向内側の回転子鉄心
- 3 永久磁石
- 4 永久磁石収容孔
- 5 シャフト孔
- 6 リブ
- 1 1 連結部
- 3 0 固定子
- 4 0 中央部
- 4 1 側部
- 4 2 屈曲点
- 4 3 中央部 4 0 の磁化方向 5 0 に対して平行となる面
- 4 4 中央部 4 0 の磁化方向 5 0 に対して垂直となる面
- 4 5、4 6 屈曲点 4 2 と回転子鉄心 2 との接触点
- 5 0 極の中央部の磁化方向
- 6 0 慣性力

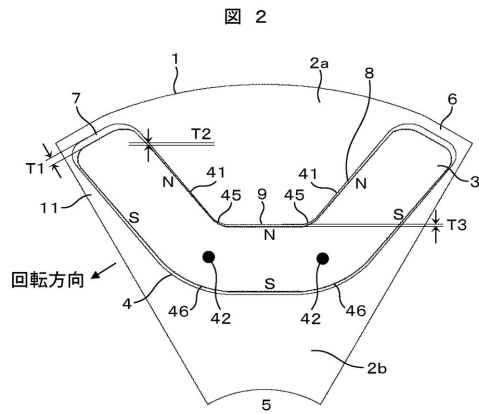
30

40

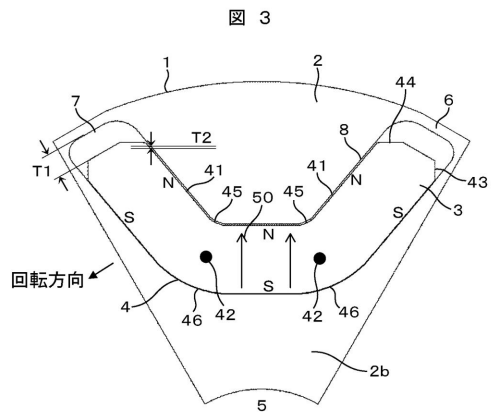
【図 1】



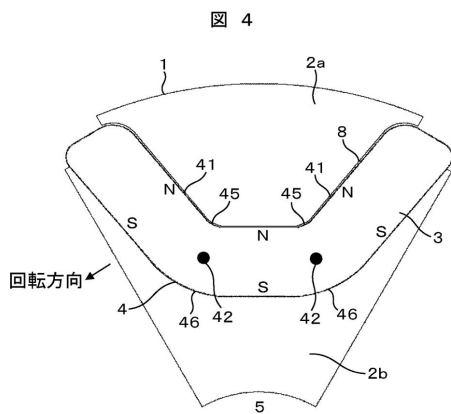
【図 2】



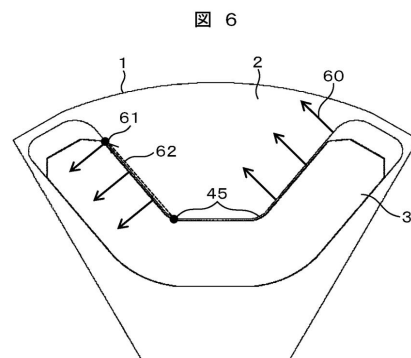
【図 3】



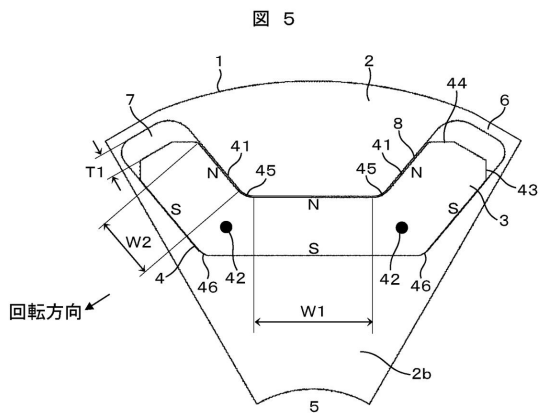
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 湧井 真一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内

株式会社 日立製作所 日立研究

審査官 上野 力

(56)参考文献 特開平05-211796(JP,A)
特開2004-357468(JP,A)
特開平09-140076(JP,A)
特開2003-032926(JP,A)
特開平05-236685(JP,A)
特開平06-038415(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27

H02K 1/22