

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-214393

(P2007-214393A)

(43) 公開日 平成19年8月23日(2007.8.23)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
H01F	7/02	(2006.01)	H01F	7/02	C	5H622
H02K	1/27	(2006.01)	H01F	7/02	A	
			H02K	1/27	501A	
			H02K	1/27	501M	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-33166 (P2006-33166)
 (22) 出願日 平成18年2月10日 (2006.2.10)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100093562
 弁理士 児玉 俊英
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 岑生
 (72) 発明者 古澤 公康
 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

最終頁に続く

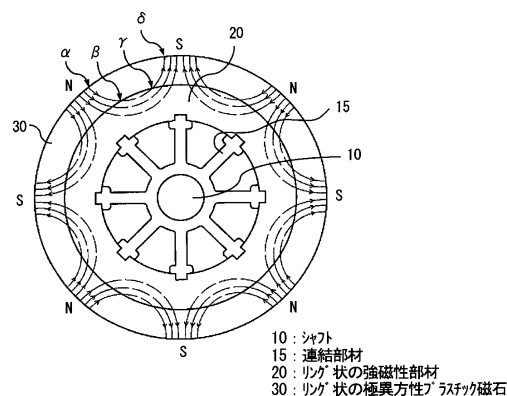
(54) 【発明の名称】 リング状の極異方性プラスチック磁石及びモータ用ロータ

(57) 【要約】

【課題】 ロータ外周表面に発生する磁力が高く、かつ低コストのモータ用ロータを提供することを目的とする。

【解決手段】 リング状の極異方性プラスチック磁石30において、リング外周面の磁極 からリング内周面 に向けて略円弧状の磁化容易軸を形成し、リング内周面 から外部に向けて発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極 付近のリング内周面 へ到達し、さらにリング内周面 からリング外周面の隣の磁極 に向けて略円弧状の磁化容易軸を形成する。そして、このリング状の極異方性プラスチック磁石30の内周側に強磁性体20を設置することにより、ロータ外周表面に発生する磁力を増加させ、材料コストの低減を図る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リング外周面の磁極からリング内周面に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、上記リング内周面から外部に向けて発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極付近のリング内周面へ到達し、さらに上記リング内周面からリング外周面の上記隣の磁極に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されていることを特徴とするリング状の極異方性プラスチック磁石。

【請求項 2】

磁極付近でのリング肉厚を最大肉厚とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小肉厚とし、上記最小肉厚が上記最大肉厚に対して 40% 以上となるように、リング内周の周方向に周期的な凹凸形状が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリング状の極異方性プラスチック磁石。 10

【請求項 3】

上記極異方性プラスチック磁石は、希土類系磁性粉末と樹脂の混合物により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 に記載のリング状の極異方性プラスチック磁石。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のリング状の極異方性プラスチック磁石の内周側に、シャフトに固定された強磁性部材が配設されていることを特徴とするモータ用ロータ。

【請求項 5】

上記シャフトと上記強磁性部材が樹脂製の連結部材により連結されていることを特徴とする請求項 4 に記載のモータ用ロータ。 20

【請求項 6】

上記強磁性部材は鋼板を軸方向に積層して形成され、上記強磁性部材を上記シャフトに固定していることを特徴とする請求項 4 に記載のモータ用ロータ。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のリング状の極異方性プラスチック磁石と、上記シャフトとは、樹脂と磁性粉末の混合物からなる部材によって一体に形成されていることを特徴とするモータ用ロータ。

【発明の詳細な説明】 30

【技術分野】

【0001】

この発明は、高い磁気特性を有するリング状の極異方プラスチック磁石及びそのモータ用ロータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、リング状の極異方性磁石は、例えば特許文献 1 に記載されているように、外部磁界により磁性粉末の結晶方位を揃える（配向させる）ことで、周方向で連続的に変化する磁化容易軸方向が形成されている。リング状の極異方性磁石は、内径側への漏れ磁束がない状態を作ることが磁気特性を高くする方法であると考えられている。このような磁化容易軸方向をもつリング状の磁石は、着磁波形が正弦波であるため、モータ用ロータとして用いる場合には、コギングトルクの低減を図ることができる。 40

【0003】

また、例えば特許文献 2 には、リング状の極異方性プラスチック磁石の磁化容易軸の方向に沿うように磁石内径側の磁極部分を凹形状にしたものが示されている。つまり、磁石の着磁されていない領域（内径側の磁極部分）には極力磁石を配置しないような構成をとり、磁気特性を低下させずに材料コストの低減を図っている。

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 257762 号公報

【特許文献 2】特開平 5 76147 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

リング状の極異方性プラスチック磁石の磁化容易軸方向は、図19に示すように、キャビティKの外部から矢印M1のような磁界を発生させると共に、キャビティK内へ磁性粉末と樹脂を混合した成形材料を射出し、成形材料の中の磁性粉末を配向することにより形成する。このとき、上記磁化容易軸の方向を形成するため（リング内径側への漏れ磁束をなくすため）には、リング状のキャビティK内周に設けている軸部材A1を非磁性にすることが必要となる。非磁性部材の軸部材A1の磁気抵抗は、キャビティKに充填された磁性粉末と樹脂を混合した成形材料よりも磁気抵抗が高い。

10

【0006】

したがって、リング状磁石の肉厚がリング外径寸法に対して10%以下であるような薄肉の極異方性プラスチック磁石を製造する場合には、外部からの磁界は、図20に示すように磁気抵抗の高い軸部材（非磁性部材）A1を避けて、キャビティK内のリング状磁石の内周面で急に周方向を向くような磁気回路M2を構成する。そのため、配向後のリング状磁石の磁化容易軸の方向は、リング状磁石の周方向を向く成分が多くなる。その結果、リング磁石の内径側に強磁性部材（ロータシャフト）を配置しても、磁気抵抗の低い強磁性部材（ロータシャフト）を通る磁界はリング状磁石の漏れ磁束LMのみとなり、リング状磁石の外周表面に発生する磁力はそれほど大きくはならず、磁石の有効利用にかけるとい問題がある。なお、図20の製造装置では、磁界発生手段としてリング状の非磁性部材R、磁芯MC、永久磁石PMを備えている。

20

【0007】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、従来よりもロータ外周表面に発生する磁力が高く、かつ低コストのモータ用ロータ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】

【0008】

この発明に係るリング状の極異方性プラスチック磁石は、リング外周面の磁極からリング内周面に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、上記リング内周面から外部に向けて発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極付近のリング内周面へ到達し、さらに上記リング内周面からリング外周面の上記隣の磁極に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されていることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、当該リング状の極異方性プラスチック磁石を着磁してモータ用ロータとして使用する場合、リング状の極異方性プラスチック磁石の内周側に強磁性部材を配置することにより、当該磁石のリング外周面の磁極からリング内周面に向けて略円弧状の磁界が発生し、当該リング内周面から強磁性部材に向けて発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極付近のリング内周面へ到達し、さらに上記リング内周面からリング外周面の上記隣の磁極に向けて略円弧状の磁界が形成されるので、径方向の磁力線が増大し、リング状磁石の外周表面に発生する磁力を大幅に増加させることができる。つまり、従来のリング状極異方性プラスチック磁石を用いたロータよりも、ロータ外周表面に発生する磁束が大きくなり、モータの高効率化を実現できる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図に基づいて説明する。

【0011】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図であり、図2は図1のモータ用ロータの縦断面図である。

50

【 0 0 1 2 】

図 1 及び図 2 に示すように、本実施の形態のモータ用ロータは、シャフト 1 0 と、シャフト 1 0 に P B T 樹脂（ポリブチレンテレフタレート:Polybutylene terephthalate）から成る連結部材 1 5 を介して連結されているリング状の強磁性部材（鉄部材）2 0 と、B H m a x 1 0 M G O e の S m - F e - N 系磁性粉末とナイロン 1 2 から成るリング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 により構成されている。リング状の強磁性部材 2 0 とプラスチック磁石 3 0 は、樹脂接着剤を介して一体化しており、リング状の強磁性部材 2 0 とシャフト 1 0 は、樹脂製の連結部材 1 5 をインサート成形することにより連結されている。

【 0 0 1 3 】

プラスチック磁石 3 0 の外周面には周方向に交互に異なる磁極 N、S が形成されている。そして、プラスチック磁石 3 0 の磁化容易軸は図中の実線矢印の方向に揃っており、リング状の強磁性材料 2 0 の磁界はプラスチック磁石 3 0 から発生した磁力線により図中の点線の方

10

【 0 0 1 4 】

向を向いている。すなわち、プラスチック磁石 3 0 のリング外周面の磁極（N 極）からリング内周面に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、当該リング内周面から強磁性体 2 0 に向けた発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極（S 極）付近のプラスチック磁石 3 0 のリング内周面に結ばれ、さらにプラスチック磁石 3 0 のリング内周面からリング外周面の当該隣の磁極（S 極）に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されている。

20

【 0 0 1 5 】

シャフト 1 0 の寸法は、外径 8 m m、軸長 1 2 0 m m である。リング状の強磁性材料 2 0 の軸長は 2 5 m m、内径は 2 7 m m、外径は 4 4 m m である。また、強磁性材料 2 0 の外周に装着されているプラスチック磁石 3 0 の寸法は、内径が 4 4 m m、外径が 5 0 m m、軸長が 2 5 m m である。

次に、上記モータ用ロータの製造方法について説明する。図 3 はこの発明の実施の形態 1 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置 5 0 を示す断面図である。本実施の形態 1 のプラスチック磁石 3 0 は、図 3 に示す製造装置 5 0 のキャビティ K 内に成形材料を射出成形することにより製造する。本例では、成形材料として、S m - F e - N 系（希土類）磁性粉末とナイロン 1 2 （樹脂）との混合物を使用する。なお、磁性粉末として N d - F e - B 系の磁性粉末を使用しても良いし、バインダとしてその他の樹脂を使用しても良い。そして、成形材料を注入するキャビティ K の外周部には、所定の円弧の曲率半径を有する 8 つの凹部が円周方向に 4 5 度おきに形成されているリング状の非磁性部材 5 1 が配置されている。また、キャビティ K の内周部には、強磁性体（鉄製等）の軸部材 5 2 が配置されている。リング状の非磁性部材 5 1 はステンレス鋼製であり、内径は 5 0 m m、外周面の円弧状凹部の曲率半径は 1 0 m m である。強磁性体の軸部材 5 2 は、外径が 4 4 m m である。リング状の非磁性部材 5 1 と軸部材 5 2 とにより形成されるキャビティ K の深さは 2 5 m m である。

30

【 0 0 1 6 】

次に、上記モータ用ロータの製造方法について説明する。図 3 はこの発明の実施の形態 1 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置 5 0 を示す断面図である。本実施の形態 1 のプラスチック磁石 3 0 は、図 3 に示す製造装置 5 0 のキャビティ K 内に成形材料を射出成形することにより製造する。本例では、成形材料として、S m - F e - N 系（希土類）磁性粉末とナイロン 1 2 （樹脂）との混合物を使用する。なお、磁性粉末として N d - F e - B 系の磁性粉末を使用しても良いし、バインダとしてその他の樹脂を使用しても良い。そして、成形材料を注入するキャビティ K の外周部には、所定の円弧の曲率半径を有する 8 つの凹部が円周方向に 4 5 度おきに形成されているリング状の非磁性部材 5 1 が配置されている。また、キャビティ K の内周部には、強磁性体（鉄製等）の軸部材 5 2 が配置されている。リング状の非磁性部材 5 1 はステンレス鋼製であり、内径は 5 0 m m、外周面の円弧状凹部の曲率半径は 1 0 m m である。強磁性体の軸部材 5 2 は、外径が 4 4 m m である。リング状の非磁性部材 5 1 と軸部材 5 2 とにより形成されるキャビティ K の深さは 2 5 m m である。

リング状の非磁性部材 5 1 の外周部には、成形材料の配向のための磁界発生手段としての 8 本の磁芯 5 3 が円周方向に一定の間隔を置いて放射状に配置されている。これらの磁芯 5 3 は、強磁性部材で構成されており、キャビティ K 側に円弧状凸部を有している。この円弧状凸部の曲率半径は、1 0 m m である。また、隣り合うそれぞれの磁芯 5 3 の間には、B r が 1 . 2 5 T、H c j が約 2 0 0 0 k A / m の永久磁石 5 5 が配設されており、磁芯 5 3 に接する両隣の永久磁石 5 5 の磁極は同極となっている。磁芯 5 3 がその両隣の永久磁石 5 5 の N 極同士によって N 極に磁化され、その隣の磁芯 5 3 が両隣の永久磁石 5 5 の S 極同士によって S 極に磁化されている。そして、磁芯 5 3 は円周方向に交互に N 極、S 極に磁化されるような構成になっている。永久磁石 5 5 の N 極同士で挟まれている磁芯 5 3 の先端面と対向する位置の成形材料の部位は S 極に、永久磁石の S 極同士で挟まれた磁芯の先端面と対向する位置の成形材料の部位は N 極にそれぞれ磁化され、磁芯 5 3 と同数の磁極数を有する異方性多極プラスチック磁石が形成される。

40

50

【 0 0 1 7 】

ここで、永久磁石 5 5 の発生する磁界は、図 3 に示す磁力線 5 6 のように分布しており、キャビティ K に注入された成形材料の磁化容易軸は上記磁力線の方に揃えられる。このとき、キャビティ K 外周部からの磁界は、リング状のキャビティ K 内の成形材料を通過し、磁気抵抗の低い強磁性部材（鉄製）の軸部材 5 2 を通ってから、再びキャビティ K 内の成形材料へ戻る経路を取るため、このようにして配向されたリング状の極異方性プラスチック磁石は、周囲に配置された磁芯の数と同じ 8 極を有し、キャビティ外周からの磁界と同じ方向の磁化容易軸の方向を持つことになる。

【 0 0 1 8 】

その後、リング状の強磁性部材 2 0 とシャフト 1 0 をインサート成形により P B T 樹脂等の連結部材 1 5 で連結する。そして、上記の製造方法で製造したリング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 と、シャフト 1 0 に連結部材 1 5 を介して連結されているリング状の強磁性部材 2 0 を嵌合させ、接着剤により固定して、モータ用ロータを製作した。上記モータ用ロータを着磁器を用いて着磁し、ロータ外周表面の磁束密度分布を測定した。比較のため、図 4 に示すモータ用ロータのロータ外周表面の磁束密度分布も測定した。図 4 のモータ用ロータは、図 3 の製造装置において強磁性の軸部材 5 2 の代わりに非磁性の軸部材を用いてリング状の極異方性プラスチック磁石 3 5 を成形し、このプラスチック磁石 3 5 の内周に非磁性（ステンレス製）のリング状部材 2 5 を接着したものである。また、図 4 のモータ用ロータと図 1 のモータ用ロータの寸法は同じである。比較測定結果を下記の表 1 に示す。図 4 のモータ用ロータに対して、実施の形態 1（図 1）のモータ用ロータの磁束密度のピーク値が約 2 0 % 高くなっていることがわかる。

【 0 0 1 9 】

【表 1】

	磁束密度のピーク値(T)	磁石使用量(cm ³)
実施の形態 1 のロータ	0.5565	11.07
図 4 のロータ	0.4263	11.07

【 0 0 2 0 】

以上のように、本実施の形態によるリング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 を着磁してモータ用ロータとして使用した場合、リング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 の内周側に強磁性部材 2 0 を配置することにより、当該磁石 3 0 のリング外周面の磁極からリング内周面に向けて略円弧状の磁界が発生し、当該リング内周面から強磁性部材 2 0 に向けて発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極付近のリング内周面へ到達し、さらに上記リング内周面からリング外周面の上記隣の磁極に向けて略円弧状の磁界が形成されるので、径方向の磁力線が増大し、当該磁石 3 0 の外周表面に発生する磁力を大幅に増加させることができる。つまり、従来のリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたロータよりも、ロータ外周表面に発生する磁束が大きくなり、モータの高効率化を実現できる。

【 0 0 2 1 】

また、モータとして用いた場合のさらなるコギングトルク低減のため、リング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 を軸方向に 2 以上に分割し、それらのプラスチック磁石 3 0 が周方向でわずかに角度をずらして軸方向に積み重ねるようにしても良い。さらに、リング状の極異方性プラスチック磁石 3 0 の各磁極を軸方向に所定角度スキューさせるように構成しても良い。また、リング状の強磁性部材 2 0 の内周側には連結部材 1 5 との滑り止めのために、連結部材 1 5 が接する部分、すなわち隣り合う磁極間の周方向の中心位置付近に凹部が設けられている。このとき、上記凹部は軸方向につながっていてもよく、連続的に周方向で角度が変化していてもよい。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

実施の形態 2 .

上記実施の形態 1 のようにプラスチック磁石 30 の配向時に強磁性体の軸部材 52 を用いた場合、図 1 に示すように、リング表面の隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近における内周側の磁性粉末はさほど配向しない。つまり、リング表面の隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近の磁石は、ロータ外周表面の磁束発生にほとんど寄与しないこととなる。本実施の形態では、リング状磁石の隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近の部分を最小肉厚とし、リング状磁石の磁極付近のロータ外周表面の磁束発生に寄与する部分を最大肉厚とするように構成した。

【0023】

図 5 はこの発明の実施の形態 2 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図であり、図 6 は図 5 のモータ用ロータの縦断面図である。 10

【0024】

図 5 及び図 6 に示すように、本実施の形態のモータ用ロータは、シャフト 10 と、シャフト 10 に PBT 樹脂等から成る連結部材 15 を介して連結されているリング状の強磁性部材（鉄部材）21 と、BHmax 10 MGOe の Sm - Fe - N 系磁性粉末とナイロン 12 から成るリング状の極異方性プラスチック磁石 31 により構成されている。リング状の強磁性部材 21 とプラスチック磁石 31 は、樹脂接着剤を介して一体化しており、リング状の強磁性部材 21 とシャフト 10 は、樹脂製の連結部材 15 をインサート成形することにより連結されている。

【0025】

プラスチック磁石 31 の外周面には周方向に交互に異なる磁極 N、S が形成されている。そして、プラスチック磁石 31 の磁化容易軸は図中の実線矢印の方向に揃っており、リング状の強磁性材料 21 の磁界はプラスチック磁石 31 から発生した磁力線により図中の点線の方

20

【0026】

本実施の形態では、リング状のプラスチック磁石 31 において、リング表面の磁極付近でのリング肉厚を最大とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小とし、最小肉厚が最大肉厚に対して 40 % 以上となるように、リング内周の周方向に周期的な凹凸形状が形成されている。

【0027】

シャフト 10 の寸法は、外径 8 mm、軸長 120 mm である。外周面に凹凸形状を有するリング状の強磁性体 20 の軸長は 25 mm、内径は 27 mm、最大外径は 46 mm、最小外径は 44 mm である。また、リング状のプラスチック磁石 31 の寸法は、リング外径が 50 mm、軸長が 25 mm であり、リング内周の最大内径は 46 mm、最小内径は 44 mm である。そして、プラスチック磁石 31 の磁極の位置で最大内径となり、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近で最小内径となるように、最大外径と最小外径が滑らかな曲線で結ばれている。本実施の形態では、以上のように最大肉厚が 3 mm、最小肉厚が 2 mm となるが、最小肉厚が最大肉厚に対して 40 % 以上未

40

【0028】

次に、上記モータ用ロータの製造方法について説明する。図 7 はこの発明の実施の形態 2 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す断面図である。すなわち、本実施の形態 2 のプラスチック磁石 31 は、図 7 に示す製造装置のキャビティ K 内に成形材料を射出成形することで製造する。本例では、成形材料として、Sm - Fe - N 系（希土類）磁性粉末とナイロン 12（樹脂）との混合物を使用する。なお、磁性粉末として 50

Nd - Fe - B系の磁性粉末を使用しても良いし、バインダとしてその他の樹脂を使用しても良い。そして、成形材料を注入するキャビティKの外周部には、所定の円弧の曲率半径を有する8つの凹部が円周方向に45度おきに形成されているリング状の非磁性部材51が配置されている。また、キャビティKの内周部には、強磁性体(鉄製等)の軸部材58が配置されている。リング状の非磁性部材51はステンレス鋼製であり、内径は50mm、外周面の円弧状凹部の曲率半径は10mmである。強磁性体の軸部材58は、その外周面に凹凸形状が形成されており、最大外径が46mm、最小外径が44mmであり、磁極の位置で最小外径となり、隣り合う磁極間の中間位置付近で最大外径となるように構成され、最大外径と最小外径が滑らかな曲線で結ばれている。リング状の非磁性部材51と軸部材58とにより形成されるキャビティKの深さは25mmである。

10

【0029】

さらに、リング状の非磁性部材51の周囲には、成形材料の配向のための磁界発生手段として、実施の形態1と同様の構成の永久磁石55と永久磁石55に挟持された磁芯53を備えている。すなわち、リング状の非磁性部材51の外周部には、8本の磁芯53が円周方向に一定の間隔を置いて放射状に配置されている。これらの磁芯53は、強磁性部材で構成されており、キャビティK側に円弧状凸部を有している。この円弧状凸部の曲率半径は、10mmである。また、磁芯53と隣の磁芯53の間には、Brが1.25T、Hcjが約2000kA/mの永久磁石55が配設されており、磁芯53に接する両隣の永久磁石の磁極は同極となっている。磁芯53がその両隣の永久磁石55のN極同士によってN極に磁化され、その隣の磁芯53が両隣の永久磁石55のS極同士によってS極に磁化されている。そして、磁芯53は円周方向に交互にN極、S極に磁化されるような構成になっている。永久磁石55のN極同士で挟まれている磁芯53の先端面と対向する位置の成形材料の部位はS極に、永久磁石のS極同士で挟まれた磁芯の先端面と対向する位置の成形材料の部位はN極にそれぞれ磁化され、磁芯53と同数の磁極数を有する異方性多極プラスチック磁石が形成される。

20

【0030】

また、永久磁石55の発生する磁界は、図7に示す磁力線56のように分布しており、キャビティKに注入された成形材料の磁化容易軸は上記磁力線の方に揃えられる。このとき、キャビティK外周部からの磁界は、リング状のキャビティK内の成形材料を通過し、磁気抵抗の低い強磁性部材の軸部材58を通過してから、再びキャビティK内の成形材料へ戻る経路を取る。このようにして配向されたリング状の極異方性プラスチック磁石31は、周囲に配置された磁芯の数と同じ8極を有し、キャビティ外周からの磁界と同じ方向の磁化容易軸の方向を持つことになる。さらに、リング状の極異方性プラスチック磁石31は、磁極付近でのリング肉厚が最大となり、隣り合う磁極間の中間位置付近でのリング肉厚が最小となるような、リング内周に周期的な凹凸形状を有することとなる。ここで、隣り合う磁極間の中間位置付近のリング肉厚を薄くすることで、成形材料の使用量の削減を図っている。

30

【0031】

その後、リング状の強磁性部材21とシャフト10をインサート成形によりPBT樹脂等の連結部材15で連結する。そして、上記の製造方法で製造したリング状の極異方性プラスチック磁石31と、シャフト10に連結部材15を介して連結されているリング状の強磁性部材21を嵌合させ、接着剤により固定して、モータ用ロータを製作した。上記モータ用ロータを着磁器を用いて着磁し、ロータ外周表面の磁束密度分布を測定した。比較のため、図4に示すモータ用ロータと、図1に示す実施の形態1のモータ用ロータのロータ外周表面の磁束密度分布も測定した。図4のモータ用ロータは、図3の製造装置において強磁性の軸部材52の代わりに非磁性の軸部材を用いてリング状の極異方性プラスチック磁石35を成形し、このプラスチック磁石35の内周に非磁性(ステンレス製)のリング状部材25を接着したものである。なお、図1及び図4のモータ用ロータの寸法は図5の寸法と同じである。その比較測定結果を下記の表2に示す。図4のモータ用ロータに対して、実施の形態2(図5)のモータ用ロータの磁束密度のピーク値が約20%高くなっ

40

50

ていることがわかる。また、実施の形態 1 のモータ用ロータに対して実施の形態 2 のモータ用ロータは、成形材料の使用量が約 20 % 少ないが、ロータの外周表面の磁束密度のピーク値の低下は、2.9 % 程度と少なく、成形材料の使用量が 20 % 少なくてもほぼ同等の磁気特性が得られることがわかる。

【0032】

【表 2】

	磁束密度のピーク値(T)	磁石使用量(cm ³)
実施の形態 2 のロータ	0.5406	9.16
図 4 のロータ	0.4263	11.07
実施の形態 1 のロータ	0.5565	11.07

10

【0033】

以上のように本実施の形態によれば、リング状の極異方性プラスチック磁石において、磁極付近でのリング肉厚を最大肉厚とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小肉厚とし、上記最小肉厚が上記最大肉厚に対して 40 % 以上となるように、リング内周の周方向に周期的な凹凸形状を形成することにより、リング状の極異方性プラスチック磁石の成形材料の使用量の削減を図ることができる。

20

【0034】

特に、極異方性プラスチック磁石の成形材料として、磁気特性に優れた Sm - Fe - N 系や Nd - Fe - B 系等の希土類磁性粉末と樹脂の混合物を使用する場合、当該成形材料の使用量を削減することができるので、コスト低減を図ることができる。

【0035】

さらに、極異方性プラスチック磁石の成形材料の使用量が少なくても、実施の形態 1 の極異方性プラスチック磁石とほぼ同等の磁気特性が得られる。

【0036】

また、モータとして用いた場合のさらなるコギングトルク低減のため、リング状の極異方性プラスチック磁石 31 を軸方向に 2 以上に分割し、それらのプラスチック磁石 31 が周方向でわずかに角度をずらして軸方向に積み重ねるようにしても良い。さらに、リング状の極異方性プラスチック磁石 31 の各磁極を軸方向に所定角度スキューさせるように構成しても良い。また、リング状の強磁性部材 21 の内周側には連結部材 15 との滑り止めのために、連結部材 15 が接する部分、すなわち隣り合う磁極間の周方向の中心位置付近に凹部が設けられている。このとき、上記凹部は軸方向につながっていてもよく、連続的に周方向で角度が変化していてもよい。

30

【0037】

実施の形態 3 .

図 8 はこの発明の実施の形態 3 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図であり、図 9 は図 8 のモータ用ロータの縦断面図である。

40

【0038】

図 8 及び図 9 に示すように、本実施の形態のモータ用ロータは、シャフト 10 と、シャフト 10 に圧入されると共に外周面に周期的な凹凸形状が形成された鋼板を積層して形成される強磁性部材 22 と、BHmax 10 MGOe の Sm - Fe - N 系磁性粉末とナイロン 12 から成るリング状の極異方性プラスチック磁石 32 により構成されている。

【0039】

プラスチック磁石 32 の外周面には周方向に交互に異なる磁極 N、S が形成されている。そして、プラスチック磁石 32 の磁化容易軸は図中の実線矢印の方向に揃っており、鋼板を積層した強磁性部材 22 の磁界はプラスチック磁石 32 から発生した磁力線により図

50

中の点線の方向を向いている。すなわち、プラスチック磁石 32 のリング外周面の磁極 (N 極) からリング内周面 に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、当該リング内周面 から強磁性部材 22 に向けた発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極 (S 極) 付近のプラスチック磁石 32 のリング内周面 に結ばれ、さらにプラスチック磁石 32 のリング内周面 からリング外周面の当該隣の磁極 (S 極) に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されている。

【0040】

さらに、リング状のプラスチック磁石 32 は、リング表面の磁極付近でのリング肉厚を最大とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小となるように、リング内周の周方向に周期的な凹凸形状が形成されている。

10

【0041】

次に、上記モータ用ロータの製造方法について説明する。図 10 はこの発明の実施の形態 3 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す横断面図であり、図 11 は図 10 のプラスチック磁石の製造装置を示す縦断面図である。本実施の形態 3 のプラスチック磁石 32 は、図 10 及び図 11 に示すリング状磁石の製造装置のキャビティ K 内に成形材料を射出成形することで製造する。本例では、成形材料として、Sm - Fe - N 系 (希土類) 磁性粉末とナイロン 12 (樹脂) との混合物を使用する。なお、磁性粉末として Nd - Fe - B 系の磁性粉末を使用しても良いし、バインダとしてその他の樹脂を使用しても良い。そして、成形材料を注入するキャビティ K の外周部には、所定の円弧の曲率半径を有する 8 つの凹部が円周方向に 45 度おきに形成されているリング状の非磁性部材 51 が配置されている。

20

【0042】

リング状の非磁性部材 51 の周囲には、成形材料の配向のための磁界発生手段として、実施の形態 1 と同様の構成の永久磁石 55 と永久磁石 55 に挟持された磁芯 53 を備えている。外周面に周期的な凹凸形状が形成された鋼板を軸方向に積層して強磁性部材 22 を形成し、その中心に 8 mm、軸長 120 mm のシャフト 10 を圧入してロータシャフトとした。そして、このロータシャフトのシャフト 10 を、図 13 に示す製造装置のベース 57 に設けられた窪み 57a に挿入配置させることにより、軸部材としての強磁性部材 22 とリング状の非磁性部材 51 との間で成形材料を注入するためのキャビティ K が形成される。

30

【0043】

このように、強磁性部材 22 とシャフト 10 が一体となったロータシャフトを配向時の軸部材に用いることで、ロータシャフトとリング状の非磁性部材 51 により形成されるキャビティ K に成形材料を射出成形することができ、上記実施の形態のようにプラスチック磁石を軸部材から取り外したり、シャフトと接着したりする工程を省略することができ、そのままモータ用ロータとして用いることができる。すなわち、本実施の形態では、製造装置の軸部材とロータシャフトを兼用することで、生産性を向上することができる。

【0044】

実施の形態 4 .

図 12 はこの発明の実施の形態 4 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図であり、図 13 は図 12 のモータ用ロータの縦断面図である。

40

【0045】

図 12 及び図 13 に示すように、本実施の形態のモータ用ロータは、シャフト 10 と、ナイロン 12 と鉄粉の混合物からなり外周面に周期的な凹凸形状が形成されたリング状の軟磁性部材 23 と、その内周面にリング状の軟磁性部材 23 と同様の凹凸形状を持つ BHmax 10 MGOe の Sm - Fe - N 系磁性粉末とナイロン 12 から成るリング状の極異方性プラスチック磁石 33 により構成されている。ここで、リング状の軟磁性部材 23 において、鉄粉の含有量は体積率で 60 % であり、平均粒径が約 200 μm のものを使用した。鉄粉の含有量は体積率で 60 % に限らず、50 % 以上であればよい。なお、50 % 以

50

下であると所望の透磁率が得にくく（磁気抵抗が高い）、70%以上であるとバイндаとしてのナイロン12に対して鉄分の量が多くなり成形が困難となるため、好ましくは55~65%がよい。

【0046】

プラスチック磁石33の外周面には周方向に交互に異なる磁極N、Sが形成されている。そして、プラスチック磁石33の磁化容易軸は図中の実線矢印の方向に揃っており、軟磁性部材23の磁界はプラスチック磁石33から発生した磁力線により図中の点線の方向を向いている。すなわち、プラスチック磁石33のリング外周面の磁極（N極）からリング内周面に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、当該リング内周面から軟磁性部材23に向けた発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極（S極）付近のプラスチック磁石33のリング内周面に結ばれ、さらにプラスチック磁石33のリング内周面からリング外周面の当該隣の磁極（S極）に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されている。

10

【0047】

さらに、リング状のプラスチック磁石33は、リング表面の磁極付近でのリング肉厚を最大とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小となるように、リング内周の周方向に周期的で滑らかな凹凸形状が形成されている。

【0048】

なお、シャフト10の外径は8mm、軸長は120mmである。リング状の軟磁性部材23の軸長は25mm、内径は8mm、最大外径は46mm、最小外径は44mmである。

20

【0049】

次に、上記モータ用ロータの製造方法について説明する。図14及び図16はこの発明の実施の形態4のリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置による製造工程を示す横断面図であり、図15は図14のプラスチック磁石の製造工程を示す縦断面図である。

【0050】

図14において、キャビティKの外周部を成すリング状の非磁性部材51Aは、その外周面に所定の円弧の曲率半径を有する8つの凹形状が円周方向に45度おきに形成されており、かつその内周面に磁極付近で最小内径、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近で最大内径となる凹凸形状が形成されている。そして、リング状の非磁性部材51Aの周囲には、成形材料の配向のための磁界発生手段として、実施の形態1と同様の構成の永久磁石55と永久磁石55に挟持された磁芯53を備えている。

30

【0051】

まず、図14に示す製造装置に、リング状の非磁性部材51Aと、8mmのシャフト10を装着する。その後、リング状の非磁性部材51Aとシャフト10により形成されるキャビティK内に、鉄粉をナイロン12で結合した成形材料を注入し、シャフト10とリング状の軟磁性部材23が一体となったロータシャフトを形成する。次に、図16に示すように、上記リング状の非磁性部材51Aの代わりに実施の形態1、2と同じ内径50mmで外周面に所定の円弧の曲率半径を有するリング状の非磁性部材51を配置する。そして、上記リング状の軟磁性部材23とシャフト10が一体となったロータシャフトとリング状の非磁性部材51で形成されるキャビティK内に、Sm-Fe-N系の磁性粉末とナイロン12が結合されたBHmaxが10MGOeの成形材料を注入する。そして、上記ロータシャフトの外周にプラスチック磁石33が一体成形されたモータ用ロータを得る。

40

【0052】

以上のように、上記ロータシャフトを製造装置の軸部材として用いることで、ロータシャフトの外周に成形材料を射出成形することができ、そのままモータ用ロータとして用いることができる。また、上記ロータシャフトがプラスチック磁石33と同様の樹脂で結合されているため、プラスチック磁石33とロータシャフトはほぼ同等の線膨張係数を有する。従って、リング状の非磁性部材51及び51Aを取り替えることにより、上記ロータシャフトとプラスチック磁石33の製造装置を兼用したり、製造装置の軸部材と上記ロータシャフトを兼用することで、生産性を向上することができるばかりでなく、プラスチッ

50

ク磁石 33 とロータシャフトの接着性が良好となる。また、特に、 $\text{Sm} - \text{Fe} - \text{N}$ 系等の希土類磁性粉末とナイロン 12 等の樹脂で結合された成形材料が固化する際やヒートショックにおける熱収縮時にプラスチック磁石 33 の割れを防止することができる。

【0053】

実施の形態 5 .

図 17 はこの発明の実施の形態 5 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図であり、図 18 は図 17 のモータ用ロータの縦断面図である。

【0054】

図 17 及び図 18 に示すように、本実施の形態のモータ用ロータは、シャフト 10 と、 BHmax が 2.1 MGOe であるフェライトとナイロン 12 の混合物からなり外周面に周期的な凹凸形状が形成されたリング状の硬磁性部材 24 と、その内周面にリング状の強磁性部材 24 と同様の凹凸形状を持つ BHmax 10 MGOe の $\text{Sm} - \text{Fe} - \text{N}$ 系磁性粉末とナイロン 12 から成るリング状の極異方性プラスチック磁石 34 により構成されている。

10

【0055】

プラスチック磁石 34 の外周面には周方向に交互に異なる磁極 N、S が形成されている。そして、プラスチック磁石 34 の磁化容易軸は図中の実線矢印の方向に揃っており、硬磁性部材 24 の磁界はプラスチック磁石 34 から発生した磁力線により図中の点線の方向を向いている。すなわち、プラスチック磁石 34 のリング外周面の磁極 (N 極) からリング内周面 に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成され、当該リング内周面 から硬磁性部材 24 に向けた発生した略円弧状の磁力線が隣の磁極 (S 極) 付近のプラスチック磁石 34 のリング内周面 に結ばれ、さらにプラスチック磁石 34 のリング内周面 からリング外周面の当該隣の磁極 (S 極) に向けて略円弧状の磁化容易軸が形成されている。

20

【0056】

さらに、リング状のプラスチック磁石 34 は、リング表面の磁極付近でのリング肉厚を最大とし、隣り合う磁極間の周方向の中間位置付近でのリング肉厚を最小となるように、リング内周の周方向に周期的で滑らかな凹凸形状が形成されている。

【0057】

なお、シャフト 10 の外径は 8 mm、軸長は 120 mm である。リング状の硬磁性部材 24 の軸長は 25 mm、内径は 8 mm、最大外径は 46 mm、最小外径は 44 mm である。

30

【0058】

本実施の形態によるモータ用ロータは、実施の形態 4 で説明したと同様の製造装置及び製造工程により、ロータシャフトの外周に成形材料を射出成形することで製造する。

【0059】

本実施の形態においては、上記実施の形態 4 の樹脂と鉄分の混合物と同様に、フェライトの磁性粉末と樹脂との混合物を使用するので、 $\text{Sm} - \text{Fe} - \text{N}$ 系等の希土類磁性粉末よりも 1/10 程度安価となる。つまり、モータ用ロータにおいて、 $\text{Sm} - \text{Fe} - \text{N}$ 系等の希土類磁性粉末と樹脂の混合物のプラスチック磁石の体積を少なくすることにより、ロータ全体のコストを下げることができる。

40

【0060】

また、実施の形態 4 と同様に、軸部材つまりロータシャフトがプラスチック磁石 34 と同様の樹脂で結合されているため、プラスチック磁石 34 とロータシャフトはほぼ同等の線膨張係数を有する。従って、製造装置の軸部材とロータシャフトを兼用することにより、生産性を向上することができるばかりでなく、プラスチック磁石 34 とロータシャフトの接着性が良好となる。また、特に $\text{Sm} - \text{Fe} - \text{N}$ 系等の希土類磁性粉末とナイロン 12 等の樹脂で結合された成形材料が固化する際やヒートショックにおける熱収縮時にプラスチック磁石 34 の割れを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 6 1 】

【図 1】この発明の実施の形態 1 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 2】図 1 のモータ用ロータの縦断面図である。

【図 3】この発明の実施の形態 1 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す断面図である。

【図 4】この発明の実施の形態のモータ用ロータと磁束密度分布を比較するためのモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 5】この発明の実施の形態 2 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 6】図 5 のモータ用ロータの縦断面図である。

【図 7】この発明の実施の形態 2 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す断面図である。

【図 8】この発明の実施の形態 3 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 9】図 8 のモータ用ロータの縦断面図である。

【図 10】この発明の実施の形態 3 によるリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す横断面図である。

【図 11】図 10 のリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置を示す縦断面図である。

【図 12】この発明の実施の形態 4 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 13】図 12 のモータ用ロータの縦断面図である。

【図 14】この発明の実施の形態 4 のリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置による製造工程を示す横断面図である。

【図 15】図 14 のプラスチック磁石の製造工程を示す縦断面図である。

【図 16】この発明の実施の形態 4 のリング状の極異方性プラスチック磁石の製造装置による製造工程を示す横断面図である。

【図 17】この発明の実施の形態 5 によるリング状の極異方性プラスチック磁石を用いたモータ用ロータを示す横断面図である。

【図 18】図 17 のモータ用ロータの縦断面図である。

【図 19】発明が解決使用とする課題を説明するためのキャビティの外部からの磁界の概略図である。

【図 20】発明が解決使用とする課題を説明するための非磁性の軸部材を用いたプラスチック磁石製造装置の概略図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

10 シャフト、15 連結部材、20, 21, 22 強磁性部材、
23 軟磁性部材、24 硬磁性部材、
30, 31, 32, 33, 34 リング状の極異方性プラスチック磁石、
50 リング状磁石の製造装置、51 リング状の非磁性部材、
52 強磁性体の軸部材、53 磁芯、55 永久磁石、K キャビティ。

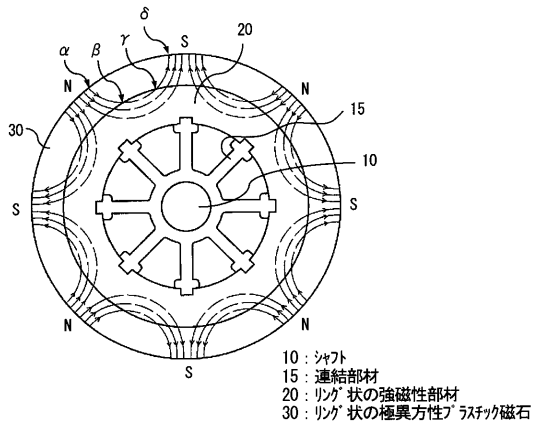
10

20

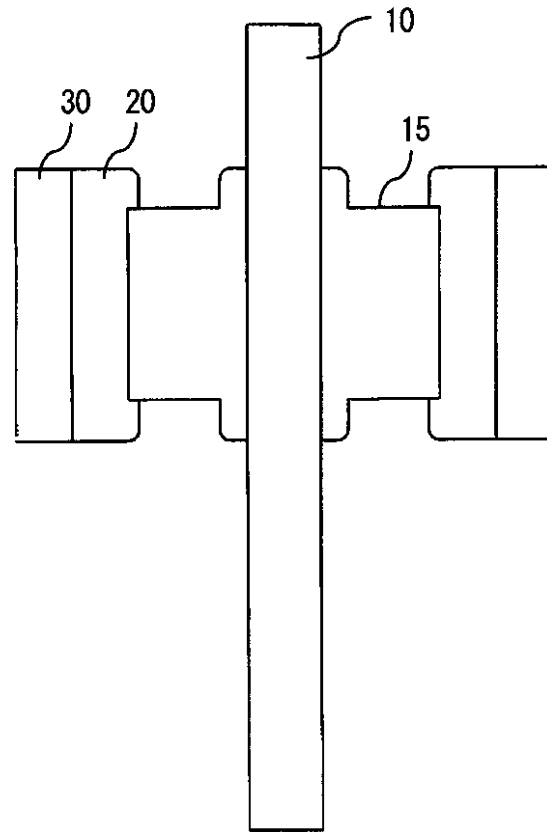
30

40

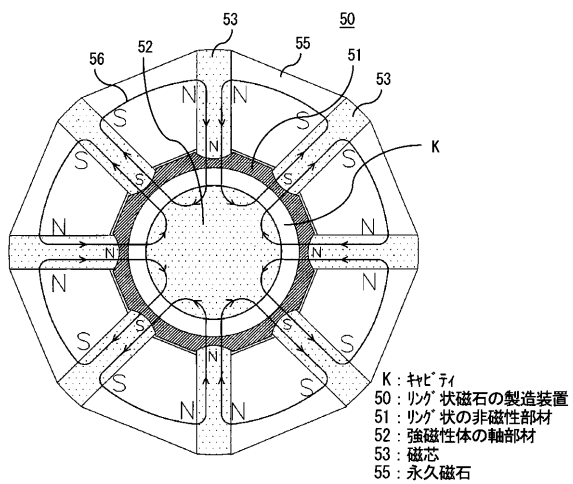
【図 1】



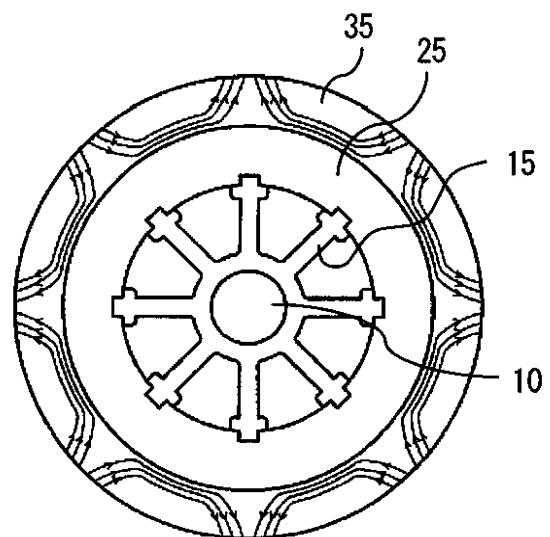
【図 2】



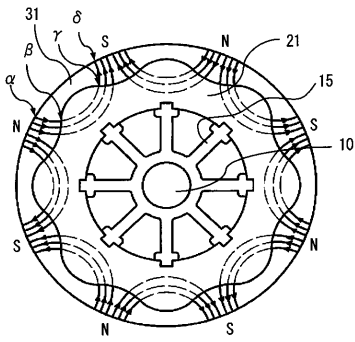
【図 3】



【図 4】

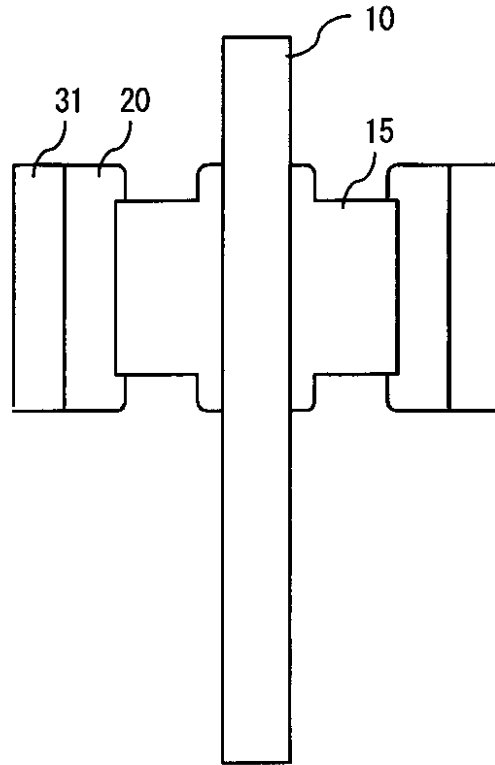


【図 5】

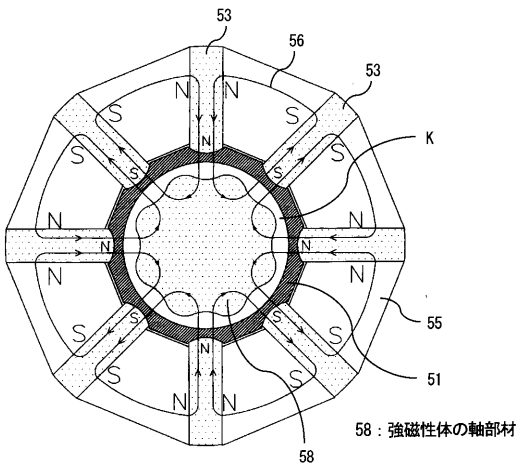


21 : リング状の強磁性部材
31 : リング状の極異方性プラスチック磁石

【図 6】

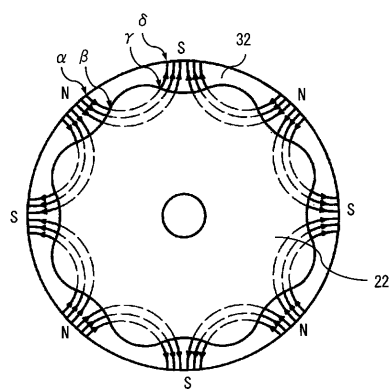


【図 7】



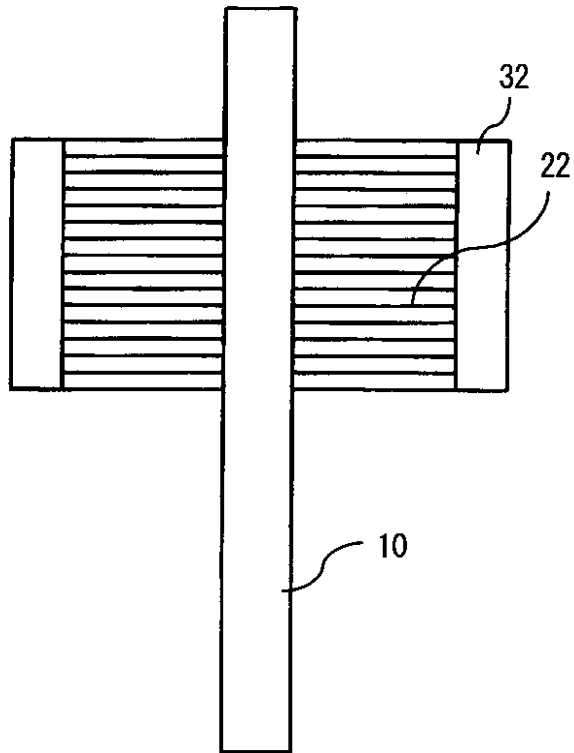
58 : 強磁性体の軸部材

【図 8】

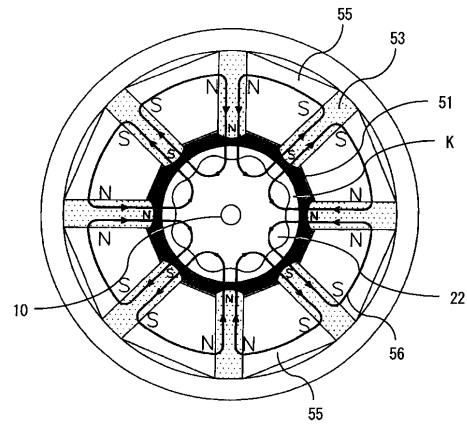


22 : 強磁性部材 (積層鋼板)
32 : リング状の極異方性プラスチック磁石

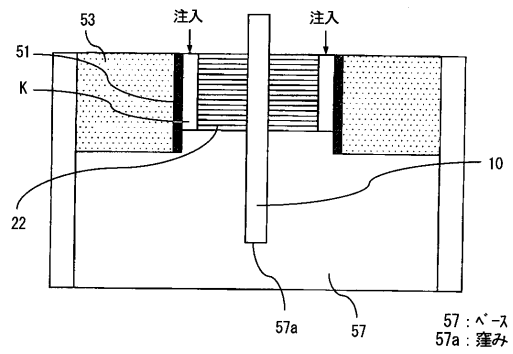
【図 9】



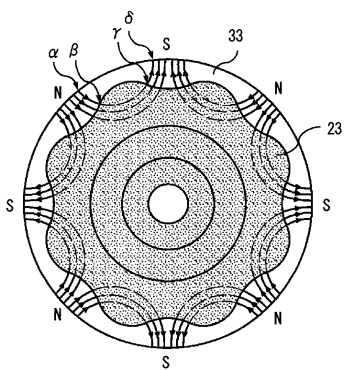
【図 10】



【図 11】

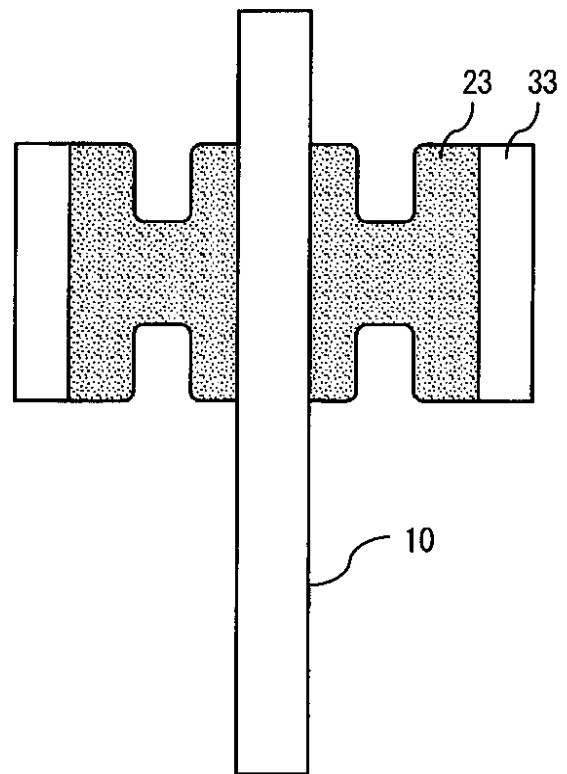


【図 12】

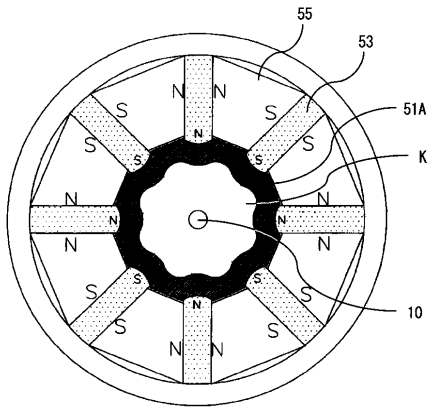


23: リング状の軟磁性部材
33: リング状の極異方性プラスチック磁石

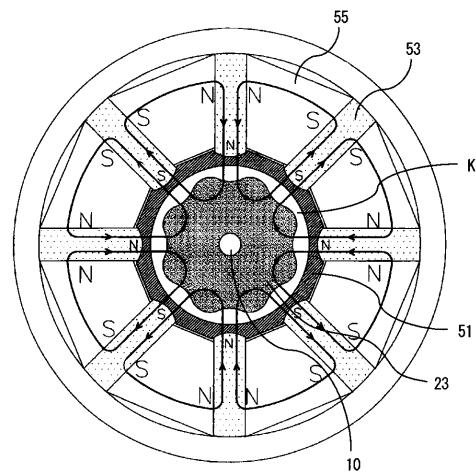
【図 13】



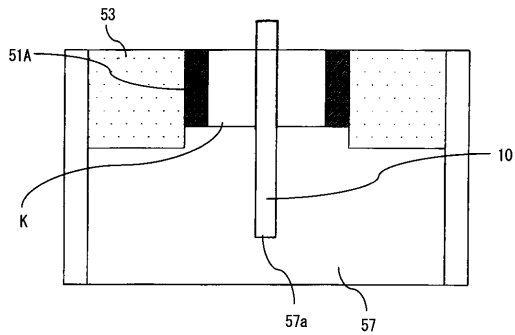
【図 14】



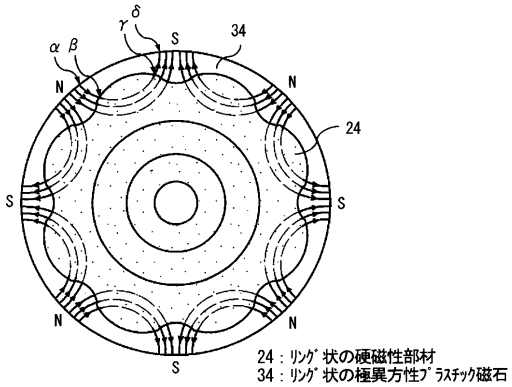
【図 16】



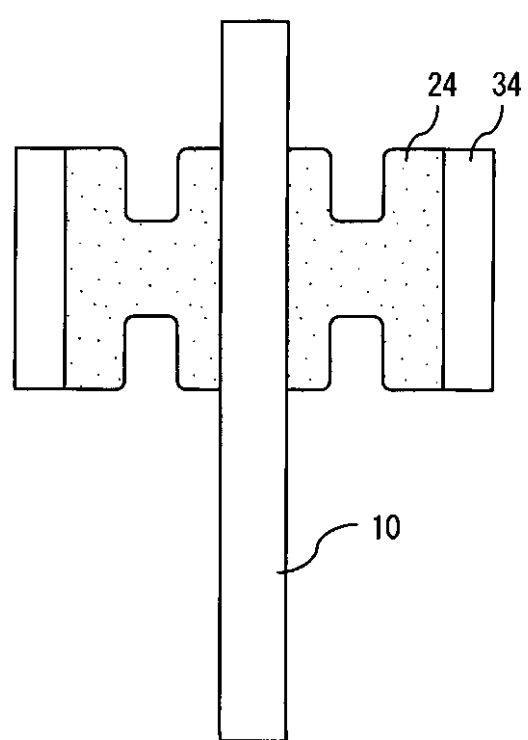
【図 15】



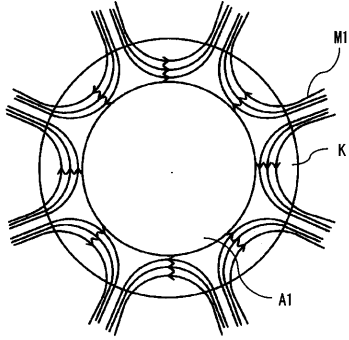
【図 17】



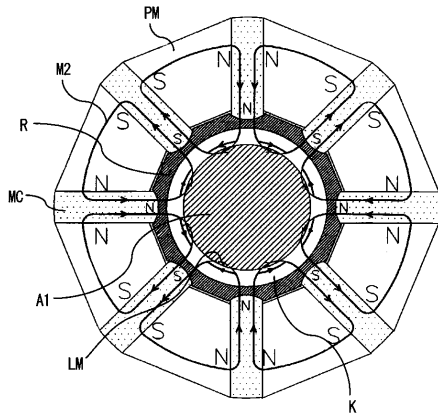
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

(72)発明者 鵜飼 義一

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

(72)発明者 松岡 篤

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

(72)発明者 川崎 祥子

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

Fターム(参考) 5H622 AA03 CA01 CA05 CA13 CB04 CB05 DD04 PP03 PP20 QA03