

(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2004-56835

(P2004-56835A)

(43) 公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H02K 15/03

F I

H02K 15/03

G

テーマコード(参考)

5H622

H02K 15/03

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-187104 (P2002-187104)  
 (22) 出願日 平成14年6月27日(2002.6.27)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-154065 (P2002-154065)  
 (32) 優先日 平成14年5月28日(2002.5.28)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000116655  
 愛知製鋼株式会社  
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地  
 (74) 代理人 100087723  
 弁理士 藤谷 修  
 (72) 発明者 本蔵 義信  
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
 鋼株式会社内  
 (72) 発明者 松岡 浩  
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
 鋼株式会社内  
 (72) 発明者 長屋 大輔  
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
 鋼株式会社内

Fターム(参考) 5H622 AA02 AA03 CA01 CA05 CA12  
 DD02 DD04 QA03 QA04 QB02

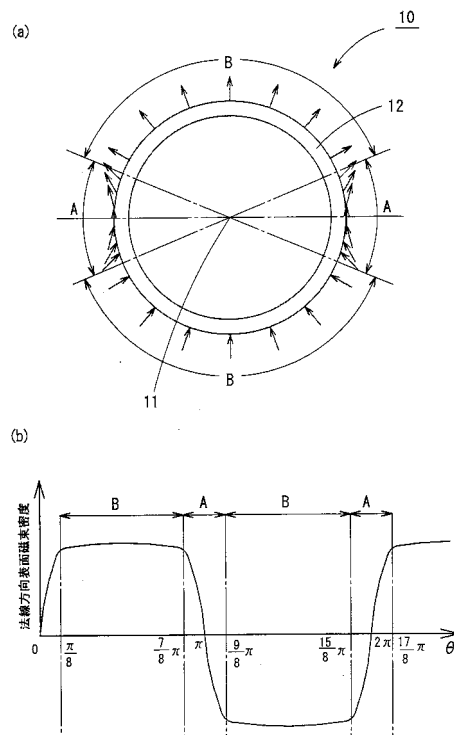
(54) 【発明の名称】 モータ用ボンド磁石及びモータ

(57) 【要約】

【課題】出力トルクを低下させずにコギングトルクを減少させること

【解決手段】ボンド磁石10は、軸11を中心として周辺に外周肉厚部12を有した中空円筒形状をしている。電気角にして約135度の範囲Bが主としてトルクを発生する電気角区間であり、電気角にして約45度の範囲Aが磁石表面の磁気ベクトルの向きが変化する遷移区間である。電気角区間Bにおいては、磁石表面の磁気ベクトルは大略外周肉厚部12の円周の法線方向に向かいその大きさが等しくなるように着磁されている。また、電気角区間Aにおいては、図示するように磁気ベクトルは円周方向の接線成分を有し、その法線成分である法線方向の表面磁束密度が電気角の推移に伴って漸減、漸増するように、着磁されている。電気角2(1周期)における磁石表面の法線方向の表面磁束密度の変化特性は図2に示す特性となっている。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中空円筒状の異方性ボンド磁石において、前記異方性ボンド磁石の軸に垂直な断面における表面磁束密度は、磁極周期の主たる区間においては法線方向の表面磁束密度の大きさが等しく、磁極の向きが変化する遷移区間においては法線方向の表面磁束密度の絶対値が電気角の増加に対して漸減、漸増させた分布としたことを特徴とするモータ用ボンド磁石。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のモータ用ボンド磁石を有するモータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、モータに使用される中空円筒状の異方性ボンド磁石及びそのボンド磁石を用いたモータに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

モータ用の永久磁石として、中空円筒状に成形した異方性ボンド磁石が知られている。このボンド磁石は所定の磁場分布を発生させた状態で成形することで磁場を配向させている。円筒状のボンド磁石の軸に垂直な断面における配向磁場のパターンには、主として、アキシャル配向とラジアル配向と極配向とがある。アキシャル配向は、断面において 1 軸方向に配向させる方法であり、ラジアル配向は断面中心から放射状に、即ち、円周の法線方向に配向させる方法である。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

このような配向のボンド磁石を、例えば、2 極の DC ブラシモータに用いた場合には、主として、モータは次の特性を示す。アキシャル配向のボンド磁石を用いたモータは、電気角の変化に対して法線方向の表面磁束密度が正弦波的に変化するので、コギングトルクは小さいが、出力トルクも小さい。一方、ラジアル配向のボンド磁石を用いたモータは、電気角の変化に対して法線方向の表面磁束密度が大略方形波的に変化するので、出力トルクは大きい、コギングトルクも大きい。

## 【0004】

従来の配向方式を用いたボンド磁石は、上記のように、出力トルクを大きくしようとすると、コギングトルクも必然的に大きくなり、コギングトルクを小さくしようとすると、出力トルクも必然的に小さくなるという問題があった。

## 【0005】

又、特開平 5 - 144632 号公報は、表面磁束密度の軸方向に沿った分布に関して、トルク発生に寄与しない端部では軸方向の中心に向かう磁場配向とすることで、トルクの効率的な発生を図ることを提案している。さらに、同公報には軸方向に垂直な断面における磁場分布において、基本的には法線方向に発生している磁場分布を作用円弧面の中央域に集中配向させることが提案されている。このような磁場分布によって磁場がトルク発生に有効に寄与するようにしている。

## 【0006】

しかしながら、同公報では、軸に垂直な断面での磁場分布が作用円弧の中心領域において、磁場を中心に収束させているので、コギントトルクが大きくなるという問題がある。又、同公報に記載された配向方法について磁場分布をシミュレートした結果は、作用円弧面の中央部において中心に向かう配向分布は形成されずに、ほぼ円周の全域に渡って法線方向の磁場分布であった。このように、現実には、作用円弧面の中央部において中心に向かつて配向した磁場分布は形成されていないと考えられる。

## 【0007】

そこで、本発明は、出力トルクが大きく、コギングトルクの小さいモータ用ボンド磁石を

10

20

30

40

50

実現することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段及び発明の作用効果】

上記課題を解決するための請求項1に記載の発明の構成は、中空円筒状の異方性ボンド磁石において、異方性ボンド磁石の軸に垂直な断面における法線方向の表面磁束密度は、磁極周期の主たる区間においては法線方向の表面磁束密度の大きさが等しく、磁極の向きが変化する遷移区間においては法線方向の表面磁束密度の絶対値が電気角の増加に対して漸減、漸増させた分布としたことを特徴とするモータ用ボンド磁石である。

又、請求項2の発明は、請求項1に記載のモータ用ボンド磁石を有するモータである。

尚、異方性ボンド磁石としては、異方性希土類ボンド磁石、例えば、Nd-Fe-B系の異方性希土類ボンド磁石を用いると有効である。 10

【0009】

本発明は、中空円筒状の異方性ボンド磁石の軸に垂直な断面における法線方向の表面磁束密度の分布に特徴がある。即ち、磁極の周期的な変化を電気角を変数として表す時、トルクの発生に主として寄与する電気角区間においては、断面において、磁石表面の磁気ベクトルは法線方向を向いており、磁気ベクトルの法線方向の成分、すなわち、法線方向の表面磁束密度は、大きさが等しい。そして、磁石表面の磁気ベクトルの変化する遷移区間においては、図1(a)に示すように、磁石表面の磁気ベクトルが漸次反転しており、図1(b)に示すように、法線方向の表面磁束密度の絶対値は、電気角の変化に対して滑らかに漸減、漸増している。この結果、トルク発生に主として寄与する電気角区間は、ラジアル配向が得られるために、モータの出力トルクは大きい。一方、磁極が変化する遷移区間では、法線方向の表面磁束密度が、電気角の推移に対して漸減、漸増するように磁化されているので、法線方向の表面磁束密度の急激な変化がなくコギングトルクは小さい。このようにして、モータ特性を向上させることができる。 20

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施の形態に基づいて説明する。なお、本発明は、下記の実施の形態に限定されるものではない。

(第1実施例)

図1は、本発明の具体的な実施の形態に係るボンド磁石の構成を示している。ボンド磁石10には、例示であるが、Nd-Fe-B系の異方性希土類ボンド磁石を用いた。ボンド磁石10は軸11を中心として周辺に外周肉厚部12を有した中空円筒形状をしている。図1(a)は軸11に垂直な横断面図である。 30

【0011】

図1は、2極着磁の場合を示している。電気角にして約135度の範囲Bが主としてトルクを発生する電気角区間である。また、電気角にして約45度の範囲Aが磁極が変化する遷移区間である。電気角区間Bにおいては、大略外周肉厚部12の法線方向の表面磁束密度は大きさが等しい。また、電気角区間Aにおいては、図示するように電気角の推移に伴って表面の磁気ベクトルは滑らかに反転する。電気角2(1周期)における法線方向の表面磁束密度の変化特性は図1(b)に示す特性となっている。図1(b)に示すように、区間Bにおいては、法線方向の表面磁束密度はほぼ一定であり、区間Aにおいては法線方向の表面磁束密度は電気角の増加に伴って、その絶対値が滑らかに漸減、漸増している。 40

【0012】

なお、ボンド磁石10の軸11に平行な縦断面図における法線方向の表面磁束密度の分布は軸11の方向に沿って一様にしている。しかし、軸11の方向に沿っては一様に磁化させなくとも良い。

【0013】

一方、比較例として、ラジアル配向、アキシャル配向させたボンド磁石を製造した。寸法は上記実施例のボンド磁石と同一である。図3に示すように、ラジアル配向、アキシャル 50

配向させたボンド磁石の法線方向の表面磁束密度は、それぞれ、図示するように変化している。即ち、ラジアル配向させたボンド磁石では、ほぼ全電気角の範囲において法線方向の表面磁束密度はほぼ一定値をとり、磁極の変化点で法線方向の磁束密度は急変している。他方、アキシャル配向させたボンド磁石では、法線方向の表面磁束密度は電気角の1周期に渡りほぼ正弦波的に変化している。また、本実施例のように配向させたボンド磁石の法線方向の表面磁束密度の分布も合わせて図3に示されている。

#### 【0014】

そして、これらのボンド磁石を励磁磁石としてDCブラシモータを製造した。DCブラシモータの寸法は全て同一にした。それらのモータの出力トルクとコギングトルクを、それぞれ、測定した。ラジアル配向のボンド磁石を用いたDCブラシモータの出力トルクを100%、コギングトルクを100%として、アキシャル配向のボンド磁石を用いたモータと、本実施例の配向を用いたボンド磁石のモータの出力トルク、コギングトルクの測定値を図3に示す。

10

#### 【0015】

アキシャル配向のボンド磁石を用いたモータのコギングトルクは0.5%と大きく低下しているが、出力トルクも65%と大幅に低下した。それに比べて、本実施例の配向のボンド磁石を用いたモータにおいては、出力トルクは95%とほとんど低下させることなく、コギングトルクは30%に大幅に低下させることができた。即ち、わずか5%の出力トルクの低下だけで、コギングトルクを70%も低下させることができた。これは、モータの性能にとって極めて有効な改善である。

20

#### 【0016】

次に、上記のボンド磁石の配向形成方法を圧縮成形した実施例に基づいて説明する。図4(a)が装置の平面断面図、図4(b)が装置の縦断面図である。図5が金型30のキャビティ35を含む部分の詳細断面図である。金型30のキャビティ35の外側には円筒状のニブ33が設けられ、そのニブ33のさらに外側には、断面が円弧状で軸方向に伸びた柱状の軟磁性体から成るガイド31a、31bが設置されている。ガイド31a、31bが存在しない位置には非磁性体から成るインサート34a、34bが設けられている。そして、ニブ33の内壁に対してキャビティ35を形成して軟磁性体から成るコア32が、ニブ33を貫通して配設されている。コア32の外壁とニブ33の内壁との間に形成された円筒状のキャビティ35に、主に、磁石粉末と樹脂粉末から構成されたボンド磁石原料が供給される。金型30の両側にはポールピース41a、41bが配設されており、それらのポールピース41a、41bを内包するように磁場発生用コイル42a、42bが配設されている。金型30、ニブ33、インサート34a、34bはステンレス等の非磁性体から成る。

30

#### 【0017】

上記の構成において、コイル42a、42bに直流電流を通電することで、ポールピース41aとポールピース41b間にコア32の軸に垂直に平行な配向磁場が形成される。ポールピース41a、ポールピース41b、ガイド31a、31b、コア32は、磁気回路中の磁気抵抗が極めて小さい部分であり、配向磁場はその部分に収束して流れる。ガイド31a、31bの透磁率は金型30、ニブ33、インサート34a、34bの透磁率に比べて遥かに大きい。このために、図2から明らかなように、ポールピース41a、41bから出力される平行な配向磁場は、ガイド31a、31bに収束して、ガイド31a、31bの壁面に垂直な方向にコア32に向かって案内される。ガイド31a、31bの存在しないところは、透磁率の低いインサート34a、34bと金型30であるので、この部分のコア32の外周面に垂直に向かう配向磁場は、高透磁率ガイドがないために、ほとんど弱まる。その時、一方のガイドのコアに対面する端部付近からもう一方のガイドのコアに対面する端部付近への配向磁場の存在に加え、コアが高透磁率であるため、磁気抵抗が小さく配向磁場はコアの近傍を通る。これにより、磁石の磁極の向きが変化する遷移区間に相当するキャビティ35には配向磁場を接線方向に漸次反転させることになる。

40

#### 【0018】

50

上記の構成において、円弧状のガイド31a、31bの軸11を中心とする角度、およそ135度の区間が図1の区間Bに相当する。また、ガイド31a、31bの存在しない角度、およそ45度の区間が図1の遷移区間Aに相当する。このような構成により図1及び図3に示すような法線方向の表面磁束密度分布を得ることができる。キャビティ35の磁束分布に関しては、遷移区間Aにおいては配向磁場が回転することで、図1(b)に示すように電気角の推移に対して、法線方向の表面磁束密度の絶対値が滑らかに漸減、漸増する特性となる。一方、区間Bにおいては、表面磁束密度は絶対値が一定の法線方向だけとなり、区間Bにおいてほぼ一定の表面磁束密度とすることができる。このような構成によって、図1(b)に示すような法線方向の表面磁束密度となる。

**【0019】**

10

上記の例は2極配向させたボンド磁石の例であるが、4極配向させる場合には、図6、図7のような装置により製造することができる。即ち、金型30のキャビティの中に軟磁性でできたリング51を設けて、そのリング51の内側とニブ33との間に非磁性材料から成るインサート52a、52b、52c、52dにより、4分割された永久磁石50a、50b、50c、50dを設けている。これらのインサートは、永久磁石間の磁氣的短絡を避けるためである。この配置により上述したのと同様に4極配向の場合に磁極が変化する遷移領域において法線方向の表面磁束密度を付与して、法線方向の表面磁束密度の絶対値が電気角の推移に対して滑らかに漸減、漸増させる特性とすることができる。このような構成により、1つの金型で多数個のボンド磁石を製造することができる。

**【0020】**

20

異方性希土類ボンド磁石10はプラスチック磁石とも言われ、代表的には、Nd-Fe-B系の磁石粉末を樹脂材料と混合して成形したものである。本出願人により、近年ようやく量産化が可能となったものである。例えば、この異方性希土類ボンド磁石10は、公開番号p2001-7691A、登録番号第2816668号、登録番号第3060104号の製造方法で作製される。この異方性希土類ボンド磁石は、最大エネルギー積10MGOe~28MGOeのものを、現在、製造することができる。

**【0021】**

30

その他、磁石粉末としては、フェライト系、サマリウム-コバルト系、サマリウム-鉄-窒素系等の材料を用いることができる。また、磁石粉末の粒径等は公知のものを使用できる。例えば、フェライト系では平均粒径で1 $\mu$ m程度、希土類系では1~100 $\mu$ m程度である。樹脂は、公知の材料を用いることができる。ナイロン12、ナイロン6等のポリアミド系合成樹脂や、ポリ塩化ビニル、その酢酸ビニル共重合体、MMA、PS、PPS、PE、PP等の単独又は共重合体したビニル系合成樹脂や、ウレタン、シリコン、ポリカーボネート、PBT、PET、PEEK、CPE、ハイパロン、ネオプレン、SBR、NBR等の熱可塑性樹脂、又はエポキシ系、フェノール系等の熱硬化性樹脂を用いることができる。磁石粉末と合成樹脂の配合比率は公知のものを用いることができる。例えば、40~90vol%とすることができる。また、可塑剤、滑剤、抗酸化剤、表面処理剤等を目的に応じて使用することができる。

**【0022】**

40

製造条件としては、以下の条件を採用することが可能である。実施例では熱硬化性樹脂を使用した。実施例では圧縮成形を用いたが、他の公知の成形方法を用いることができる。本実施例では、磁場配向と圧縮成形を同時に行うため、磁場中加熱圧縮成形を用いた。まず、予成形の条件は、金型温度を120、成形圧力を2.5t/cm<sup>2</sup>、成形時間を15sec、配向磁場を2Tとした。配向の仕方は先に記述した通りである。本成形の条件は、金型温度を150、成形圧力を8.0t/cm<sup>2</sup>、成形時間を10secとした。着磁は次のように行った。着磁ヨークとして、図4と同様に円筒状のボンド磁石の内側に軟磁性コアを配置した。着磁磁場は、配向磁場と同様に、円筒状のボンド磁石の軸に対して垂直な方向に平行磁場として作用させる。着磁方法は、パルス磁場を用いた。着磁磁場は約4Tである。

**【0023】**

50

また、異方性希土類ボンド磁石 10 は樹脂成形で製作されるので、精度のよい中空円筒状に形成される。そして、異方性希土類ボンド磁石 10 は容易に精度よく対称的に着磁される。モータ装置内部で磁場が精度よく対称的に発生される。

#### 【0024】

上記実施例は、本発明の実施形態の 1 例であり他に様々な変形例が考えられる。例えば、上記実施例では異方性希土類ボンド磁石 10 を 2 極着磁としたが、2 極より多くてもよい。例えば、4 極、6 極、8 極でもよい。磁極数を多くすれば、それだけ磁路長も短くなるので、アーマチャコイルの横切る磁束が増加する。

#### 【0025】

又、上記実施例では、2 極着磁の場合に、電気角にして約 135 度の範囲 B を主としてトルクを発生する電気角区間とし、電気角にして約 45 度の範囲 A を磁極が変化する遷移区間としている。しかし、遷移区間は約 50 度の範囲、約 30 度の範囲、約 15 度の範囲等を用いることができる。そしてトルクを主として生じる範囲は残りの電気角区間とする。又、4 極配置の場合には、遷移区間は上記の 1/2 が、6 極配置の場合には上記の 1/3 が、8 極配置の場合には上記の 1/4 が用いられる。

10

#### 【0026】

本発明のボンド磁石は、DC ブラシモータの励磁として用いることができる。この場合には、ステータにもロータにも使用でき、モータの種類としては、DC ブラシモータの他、ブラシレスモータ、同期モータ等に使用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

20

【図 1】(a) 図は、本発明の具体的な実施の形態に係るボンド磁石の表面磁束密度の分布を示した横断面図、(b) 図は電気角に対する法線方向の表面磁束密度の変化特性を示した特性図。

【図 2】実施の形態に係るボンド磁石の製造時の配向磁場分布を示した断面図及び詳細図。

【図 3】本発明の実施の形態に係るボンド磁石の配向磁場分布と着磁された磁石表面の磁気ベクトル分布と磁石表面の法線方向の表面磁束密度分布特性を、従来例のラジアル配向とアキシヤル配向のものと比較して説明した説明図。

【図 4】(a) 図は本発明の実施の形態に係るボンド磁石の配向処理装置の横断面図、(b) 図は同配向処理装置の横断面図。

30

【図 5】同配向処理装置の金型内の詳細な構成を示した横断面図。

【図 6】(a) 図は他の実施の形態にかかる 4 極配向のボンド磁石の配向処理装置の横断面図、(b) 図は同配向処理装置の縦断面図。

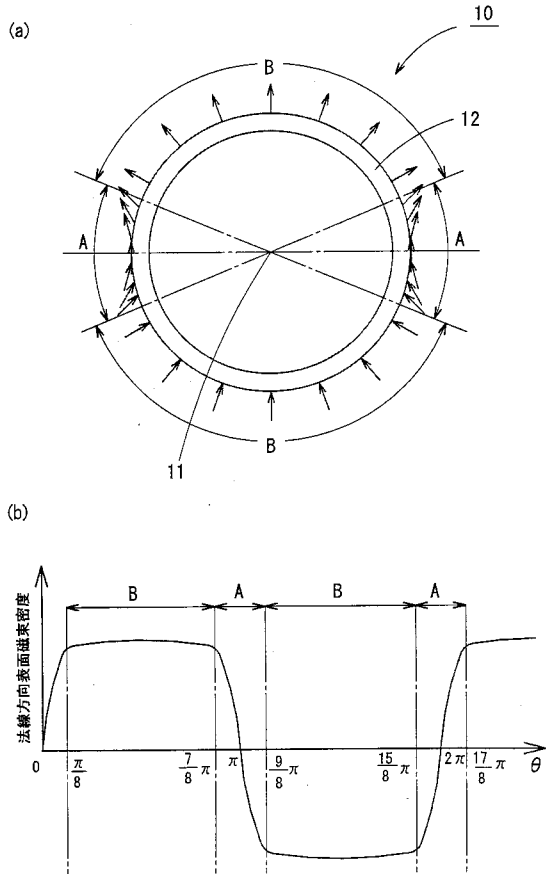
【図 7】その実施例の形態にかかる配向処理装置の金型の詳細な構成を示した横断面図。

#### 【符号の説明】

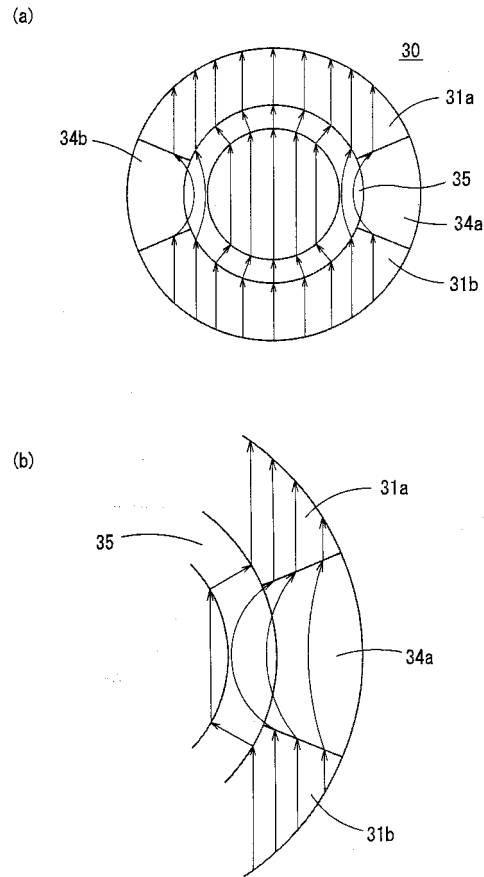
- 10 ... 異方性ボンド磁石
- 11 ... 軸
- 12 ... 外周肉厚部
- 30 ... 金型
- 31 a , 31 b ... ガイド
- 32 ... コア
- 33 ... ニブ
- 34 a , 34 b ... インサート
- 35 ... キャビティ
- 41 a , 41 b ... ポールピース
- 42 a , 42 b ... 磁気発生用コイル
- 50 a , 50 b , 50 c , 50 d ... 永久磁石

40

【図 1】



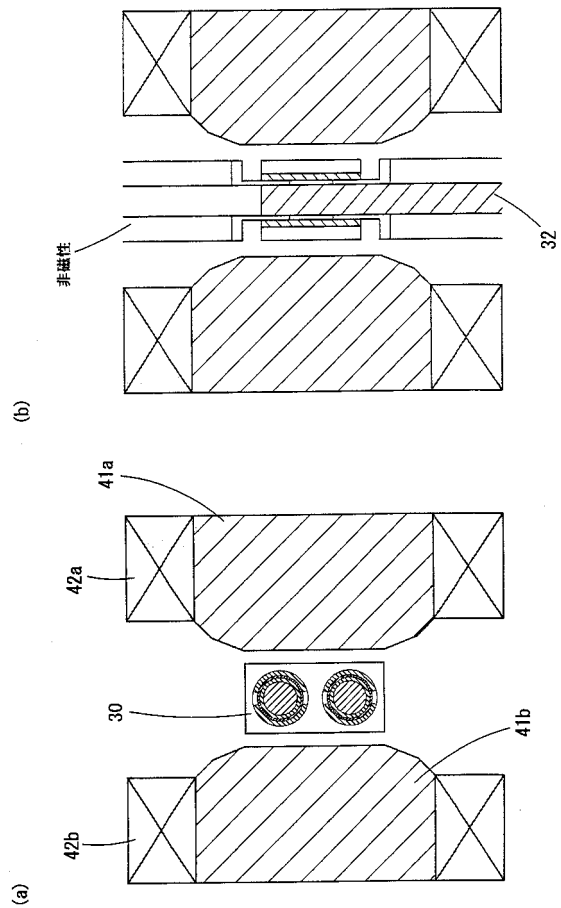
【図 2】



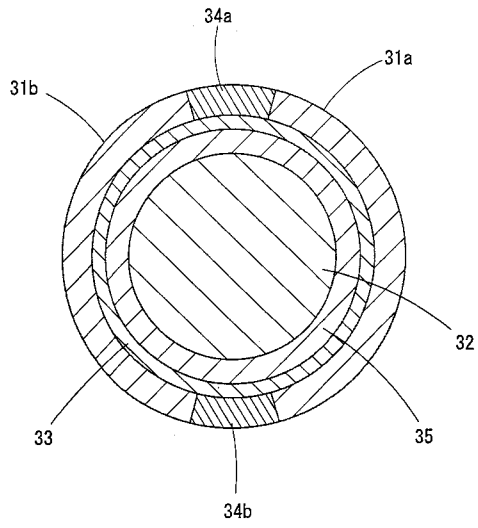
【図 3】

配向パターン	径方向			9.5	3.0
	表面の磁気ベクトルの分布			6.5	0.5
磁石表面の法線方向の表面磁束密度波形	径方向			100	100
	径方向			100	100
トルク					
コギングトルク					

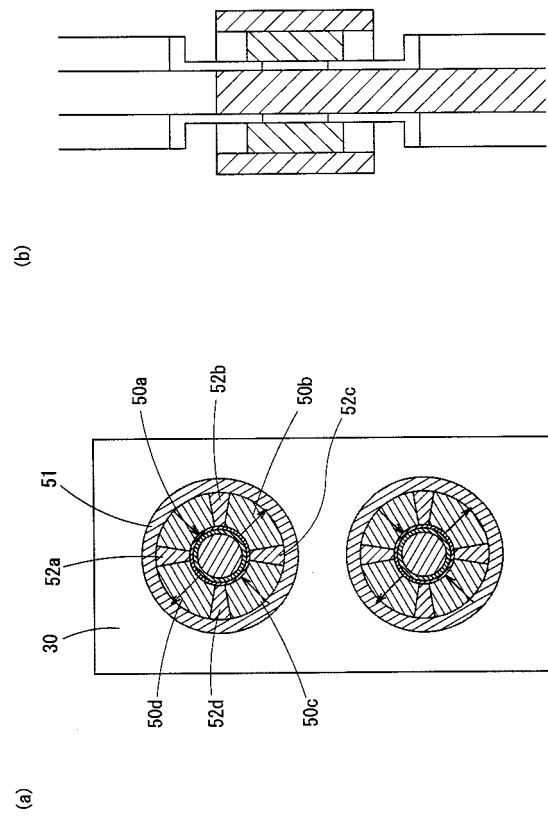
【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

