

(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2014-15992

(P2014-15992A)

(43) 公開日 平成26年1月30日(2014.1.30)

(51) Int.Cl.
F16H 49/00 (2006.01)

F1
F16H 49/00 A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2012-154163 (P2012-154163)
(22) 出願日 平成24年7月9日 (2012.7.9)

(71) 出願人 591218307
株式会社ニッセイ
愛知県安城市和泉町井ノ上1番地1
(74) 代理人 110000925
特許業務法人信友国際特許事務所
(72) 発明者 藤田 智之
愛知県安城市和泉町井ノ上1番地1 株式会社ニッセイ内
(72) 発明者 長屋 幸助
神奈川県小田原市南鴨宮1丁目7-1-4
04号
(72) 発明者 榎園 正人
大分県大分市東春日町17番20号 公益財団法人大分県産業創造機構内

最終頁に続く

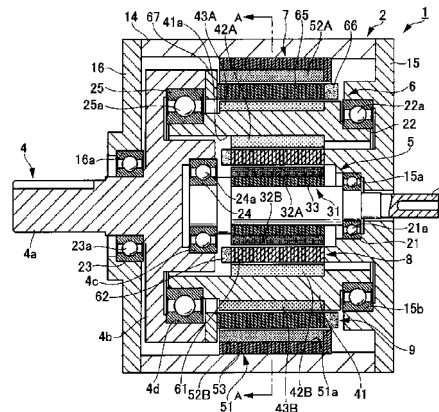
(54) 【発明の名称】 磁気歯車装置

(57) 【要約】

【課題】回転軸に平行な方向に大型化することなく、減速比を大きくすることができる磁気歯車装置を提供する。

【解決手段】磁気歯車装置1の第1内歯車5は、第1の回転軸3に同軸に連結された第1内側筒31と、第1内側筒31の外周部に設けた複数の第1磁石片32を有する。第2内歯車6は、第1内歯車5が配置される筒孔を有する第2内側筒41と、第2内側筒41の内周部に設けた複数の第2磁石片42と、第2内側筒41の外周部に設けた複数の第3磁石片43を有する。外歯車7は、第2内歯車6が配置される筒孔を有する外側筒51と、外側筒51の内周部に設けた複数の第4磁石片52を有する。複数の第1磁性歯部8は、複数の第1磁石片32と複数の第2磁石片42との間に配置される。複数の第2磁性歯部9は、第2の回転軸4に固定され、複数の第3磁石片43と複数の第4磁石片52との間に配置される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の回転軸と、

前記第 1 の回転軸に同軸に連結された第 1 内側筒と、前記第 1 内側筒の外周部に取り付けられた複数の第 1 磁石片とを有する第 1 内歯車と、

前記第 1 内歯車が配置される筒孔を有する第 2 内側筒と、前記第 2 内側筒の内周部に取り付けられた複数の第 2 磁石片と、前記第 2 内側筒の外周部に取り付けられた複数の第 3 磁石片とを有する第 2 内歯車と、

前記第 2 内歯車が配置される筒孔を有する外側筒と、前記外側筒の内周部に取り付けられた複数の第 4 磁石片とを有する外歯車と、

前記複数の第 1 磁石片と前記複数の第 2 磁石片との間に配置される複数の第 1 磁性歯部と、

前記複数の第 3 磁石片と前記複数の第 4 磁石片との間に配置される複数の第 2 磁性歯部と、

前記複数の第 2 磁性歯部又は前記外歯車が固定された第 2 の回転軸と、
を備える磁気歯車装置。

【請求項 2】

前記外歯車が固定される内周部を有する外装筒と、

前記外装筒の一方の開口を覆う第 1 蓋部と、

前記外装筒の他方の開口を覆う第 2 蓋部と、を備え、

前記第 1 の回転軸及び前記第 2 内歯車は、前記第 1 蓋部及び前記第 2 の回転軸に回転可能に支持され、

前記複数の第 2 磁性歯部は、前記第 2 の回転軸に固定され、

前記第 2 の回転軸は、前記第 2 蓋部に回転可能に支持され、

前記第 1 磁性歯部は、前記第 1 蓋部に固定される

請求項 1 に記載の磁気歯車装置。

【請求項 3】

前記複数の第 2 磁石片は、前記複数の第 1 磁石片よりも多く、

前記複数の第 4 磁石片は、前記複数の第 3 磁石片よりも多い

請求項 1 又は 2 に記載の磁気歯車装置。

【請求項 4】

第 1 の回転軸と、

前記第 1 の回転軸に同軸に連結された内側筒と、前記内側筒の外周部に取り付けられた複数の磁石片とを有する内歯車と、

前記内歯車が配置される筒孔を有する中間筒と、前記中間筒の内周部に取り付けられた複数の磁石片と、前記中間筒の外周部に取り付けられた複数の磁石片とを有し、前記第 1 の回転軸の径方向に間隙をあけて重ね合わされる複数の中間歯車と、

前記複数の中間歯車が配置される筒孔を有する外側筒と、前記外側筒の内周部に取り付けられた複数の磁石片とを有する外歯車と、

前記内歯車と、前記複数の中間歯車のうちの最内周の中間歯車との間に配置される複数の内側磁性歯部と、

前記複数の中間歯車間に配置される複数の中間磁性歯部と、

前記複数の中間歯車のうちの最外周の中間歯車と、前記外歯車との間に配置される複数の外側磁性歯部と、

前記複数の外側磁性歯部又は前記外歯車が固定された第 2 の回転軸と、

を備える磁気歯車装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気引力または斥力を利用して動力を伝達する磁気歯車装置に関するもので

10

20

30

40

50

ある。

【背景技術】

【0002】

歯車は、トルクなどの動力を伝達する機械要素である。一般的な歯車は、原動側の歯と従動側の歯が接触することで動力を伝達するため、原動側の歯と従動側の歯との間に摩擦が生じる。したがって、原動側の歯と従動側の歯の間には、潤滑剤が必要になる。また、原動側の歯と従動側の歯との接触による騒音も発生する。そこで、近年、歯の接触の無い磁気歯車が開発されている。磁気歯車は、非接触でトルクを伝達するため、潤滑剤を必要とせず、且つ、無騒音で駆動させることができる。

【0003】

一方、ロボットや複写機等に用いられる減速機構には、過大なトルクが作用したときにそのトルクを遮断（動力伝達を遮断）するトルクリミッタ機能を有するものが要求されている。磁気歯車は、トルクリミッタ機能を有するため、簡単な構造でトルクリミッタ機能を備えた減速機構を構成することができる。

【0004】

磁気歯車装置としては、例えば、非特許文献1に記載されているものがある。この非特許文献1に記載された磁気歯車装置は、円筒状のハイスピードロータ及びロースピードロータを有しており、ハイスピードロータの外周面が、ロースピードロータの内周面に対向している。そして、ハイスピードロータの外周面に取り付けられた磁石片とロースピードロータの内周面に取り付けられた磁石片との間に生じる磁気引力を利用して、ハイスピードロータの動力をロースピードロータに伝達する。

【0005】

また、ハイスピードロータの外周面に取り付けられた磁石片とロースピードロータの内周面に取り付けられた磁石片の間には、磁石片の磁束を通す複数の鉄片（磁性歯部）が配置されている。

【0006】

ところで、原動側の歯と従動側の歯が接触する一般的な歯車は、減速比が1/30程度のものの要望が高い。そのため、磁気歯車装置としても、1/30程度の高減速比のもの要望が高くなると考えられる。磁気歯車装置で高減速比を実現するには、例えば、ハイスピードロータとロースピードロータからなる歯車ユニットを、回転軸に平行な方向に2つ以上連結させることが考えられる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】K. Atallah and D. Howe, 「A Novel High-Performance Magnetic Gear」, IEEE Transactions on Magnetics, JULY 2001, Vol. 37. No. 4, p. 2844 - 2846

【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、ハイスピードロータとロースピードロータからなる歯車ユニットを回転軸方向に2つ以上連結させると、装置が回転軸に平行な方向に長くなり、装置が大型化してしまう。

【0009】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、回転軸に平行な方向に大型化することなく、減速比を大きくすることができる磁気歯車装置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】

【0010】

10

20

30

40

50

上述した目的を達成するため、本発明の磁気歯車装置は、第1の回転軸と、第1内歯車と、第2内歯車と、外歯車と、複数の第1磁性歯部と、複数の第2磁性歯部と、第2の回転軸とを備えている。

第1内歯車は、第1の回転軸に同軸に連結された筒状の第1内側筒と、第1内側筒の外周部に取り付けられた複数の第1磁石片とを有する。

第2内歯車は、第1内歯車が配置される筒孔を有する筒状の第2内側筒と、第2内側筒の内周部に取り付けられた複数の第2磁石片と、第2内側筒の外周部に取り付けられた複数の第3磁石片とを有する。

外歯車は、第2内歯車が配置される筒孔を有する筒状の外側筒と、外側筒の内周部に取り付けられた複数の第4磁石片とを有する。

複数の第1磁性歯部は、複数の第1磁石片と複数の第2磁石片との間に配置され、複数の第2磁性歯部は、複数の第3磁石片と複数の第4磁石片との間に配置される。

第2の回転軸には、複数の第2磁性歯部又は外歯車が固定されている。

【0011】

上記構成の磁気歯車装置では、第1の回転軸の回転が第1内歯車から第2内歯車に伝達される。このとき、第2内歯車の回転速度は、第1の回転軸の回転速度に対して減速される。また、第2内歯車の回転は、複数の第2磁性歯部又は外歯車が固定された第2の回転軸に伝達される。このとき、第2の回転軸の回転速度は、第2内歯車に対して減速される。これにより、1組の歯車ユニット（例えば、ハイスピードロータとロースピードロータ）を備える磁気歯車装置よりも、減速比を大きくすることができる。

【0012】

また、上記構成の磁気歯車装置は、筒状に形成された複数の磁気歯車（第1内歯車、第2内歯車及び外歯車）が第1の回転軸の径方向に重なり合う構造である。そのため、第1の回転軸に平行な方向に大型化することなく、減速比を大きくすることができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明の磁気歯車装置によれば、回転軸に平行な方向に大型化することなく、減速比を大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の磁気歯車装置の第1の実施形態を示す断面図である。

【図2】図1に示すA-A線に沿う断面図である。

【図3】本発明の磁気歯車装置の第1の実施形態の分解斜視図である。

【図4】図4Aは本発明の磁気歯車装置の第1の実施形態に係る第2の回転軸に第1内歯車及び第2内歯車を連結した状態を示す説明図、図4Bは第2の回転軸に第2磁性歯部を取り付けた状態を示す説明図である。

【図5】図5Cは第2蓋部に外歯車を取り付けた状態を示す説明図、図5Dは外歯車に第1蓋部を取り付けて磁気歯車装置を組み立てた状態を示す説明図である。

【図6】本発明の磁気歯車装置の第1の実施形態に係る第1内歯車における所定の第1磁石片の中央部が第1の回転軸の径方向において所定の第1磁性歯部の中央部に一致した状態の説明図である。

【図7】図6に示す状態から第1の回転軸を回転させた状態を示す説明図である。

【図8】図7に示す状態から第1の回転軸を回転させた状態を示す説明図である。

【図9】図8に示す状態から第1の回転軸を回転させた状態を示す説明図である。

【図10】本発明の磁気歯車装置の第1の実施形態に係る第2内歯車における所定の第3磁石片の中央部が第1の回転軸の径方向において外歯車の第4磁石片の中央部に一致した状態の説明図である。

【図11】図10に示す状態から第2内歯車が回転した状態を示す説明図である。

【図12】図11に示す状態から第2内歯車が回転した状態を示す説明図である。

【図13】図12に示す状態から第2内歯車が回転した状態を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 4】本発明の磁気歯車装置の第 2 の実施形態を示す断面図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す B - B 線に沿う断面図である。

【図 1 6】本発明の磁気歯車装置の第 2 の実施形態に係るステータ部の斜視図である。

【図 1 7】図 1 6 に示す C - C 線に沿う断面図である。

【図 1 8】図 1 6 に示す D - D 線に沿う断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の磁気歯車装置を実施するための形態について、図 1 ~ 図 1 8 を参照して説明する。なお、各図において共通の部材には、同一の符号を付している。

【0016】

10

1. 磁気歯車装置の第 1 の実施形態の構成

まず、本発明の磁気歯車装置の第 1 の実施形態の構成について、図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

図 1 は、本発明の磁気歯車装置の第 1 の実施形態の断面図である。図 2 は、図 1 に示す A - A 線に沿う断面図である。図 3 は、本発明の磁気歯車装置の第 1 の実施形態の分解斜視図である。

【0017】

図 1 ~ 図 3 に示すように、磁気歯車装置 1 は、ケース 2 と、第 1 の回転軸 3 と、第 2 の回転軸 4 と、第 1 内歯車 5 と、第 2 内歯車 6 と、外歯車 7 と、複数の第 1 磁性歯部 8 と、複数の第 2 磁性歯部 9 とを備えている。第 1 の回転軸 3 には、第 1 内歯車 5 が固定され、第 2 の回転軸 4 には、第 2 磁性歯部 9 が固定されている。

20

【0018】

[ケース]

次に、ケース 2 について説明する。

図 1 に示すように、ケース 2 は、中空部を有する箱状に形成されている。ケース 2 は、両端が開口された筒状の外装筒 1 4 と、外装筒 1 4 の一方の開口を塞ぐ第 1 蓋部 1 5 と、外装筒 1 4 の他方の開口を塞ぐ第 2 蓋部 1 6 から構成されている。第 1 蓋部 1 5 と第 2 蓋部 1 6 は、外装筒 1 4 の軸方向で対向している。なお、図 2 では、外装筒 1 4 を省略している。

【0019】

30

第 1 蓋部 1 5 は、適当な厚みを有する板状に形成されており、外装筒 1 4 の軸方向に略直交する 2 つの平面を有している。この第 1 蓋部 1 5 は、外装筒 1 4 の軸方向の一端部に接合されている。また、第 1 蓋部 1 5 には、第 1 の回転軸 3 が貫通する貫通孔と、軸受取り付け部 1 5 a , 1 5 b が設けられている。

【0020】

軸受取り付け部 1 5 a , 1 5 b は、第 1 蓋部 1 5 の第 2 蓋部 1 6 に対向する面に設けられている。軸受取り付け部 1 5 a は、第 1 蓋部 1 5 における貫通孔の周囲に形成された円形の凹部である。この軸受取り付け部 1 5 a には、軸受 2 1 が取り付けられる。そして、軸受 2 1 には、第 1 の回転軸 3 が固定されている。

【0021】

40

軸受取り付け部 1 5 b は、軸受取り付け部 1 5 a の周囲に形成された環状の凹部である。この軸受取り付け部 1 5 b には、軸受 2 2 が取り付けられる。そして、軸受 2 2 には、第 2 内歯車 6 が固定されている。

また、第 1 蓋部 1 5 の第 2 蓋部 1 6 に対向する面には、第 1 磁性歯部 8 が固定されている。

【0022】

第 2 蓋部 1 6 は、適当な厚みを有する板状に形成されており、外装筒 1 4 の軸方向に略直交する 2 つの平面を有している。この第 2 蓋部 1 6 は、外装筒 1 4 の軸方向の他端部に接合されている。また、第 2 蓋部 1 6 には、第 2 の回転軸 4 が貫通する貫通孔と、軸受取り付け部 1 6 a が設けられている。

50

【 0 0 2 3 】

軸受取り付け部 1 6 a は、第 2 蓋部 1 6 の第 1 蓋部 1 5 に対向する面に設けられている。この軸受取り付け部 1 6 a は、第 2 蓋部 1 6 における貫通孔の周囲に形成された円形の凹部である。軸受取り付け部 1 6 a には、軸受 2 3 が取り付けられる。そして、軸受 2 3 には、第 2 の回転軸 4 が固定されている。

【 0 0 2 4 】

ケース 2 (外装筒 1 4、第 1 蓋部 1 5 及び第 2 蓋部 1 6) は、防錆および磁束漏れを防止のため、腐食に強い非磁性材料によって形成することが望ましい。ケース 2 の材料としては、例えば、オーステナイト系ステンレス、アルミニウム、銅等の金属、又は合成樹脂を挙げることができる。

10

【 0 0 2 5 】

[第 1 の回転軸及び第 2 の回転軸]

次に、第 1 の回転軸 3 及び第 2 の回転軸 4 について説明する。

第 1 の回転軸 3 及び第 2 の回転軸 4 は、防錆および磁束漏れを防止のため、ケース 2 と同様に、腐食に強い非磁性材料から形成することが望ましい。図 1 に示すように、第 1 の回転軸 3 の軸心及び第 2 の回転軸 4 の軸心は、第 1 蓋部 1 5 と第 2 蓋部 1 6 が対向する方向と平行であって、互いに一致している。

【 0 0 2 6 】

第 1 の回転軸 3 は、ケース 2 の第 1 蓋部 1 5 を貫通しており、第 1 内歯車 5 に連結されている。この第 1 の回転軸 3 は、第 1 内歯車 5 と同軸に配置されている。

20

【 0 0 2 7 】

第 2 の回転軸 4 は、軸部 4 a と、軸部 4 a の先端に設けられた円板部 4 b と、円板部 4 b に設けられた軸受取り付け部 4 c、4 d を有している。軸部 4 a は、第 2 蓋部 1 6 を貫通しており、軸受 2 3 に固定されている。つまり、第 2 の回転軸 4 は、軸受 2 3 を用いて第 2 蓋部 1 6 に回転可能に取り付けられている。

また、軸部 4 a は、円板部 4 b の中心部に連続している。円板部 4 b は、ケース 2 の内部に配置されており、外装筒 1 4 の軸方向に略直交する 2 つの平面を有している。円板部 4 b の一方の平面は、第 2 蓋部 1 6 に対向し、他方の平面は、第 1 蓋部 1 5 に対向している。

【 0 0 2 8 】

軸受取り付け部 4 c、4 d は、円板部 4 b の他方の平面に設けられている。軸受取り付け部 4 c は、円板部 4 b の中央部に形成された円形の凹部である。この軸受取り付け部 4 c には、軸受 2 4 が取り付けられる。そして、軸受 2 4 には、第 1 の回転軸 3 が固定されている。つまり、第 1 の回転軸 3 は、軸受 2 1、2 4 を用いて第 1 蓋部 1 5 及び第 2 の回転軸 4 に回転可能に支持されている。

30

【 0 0 2 9 】

軸受取り付け部 4 d は、軸受取り付け部 4 c の周囲に形成された環状の凹部である。この軸受取り付け部 4 d には、軸受 2 5 が取り付けられる。そして、軸受 2 5 には、第 2 内歯車 6 が固定されている。

【 0 0 3 0 】

軸受 2 1、2 2、2 3、2 4 及び 2 5 は、それぞれ転動体 2 1 a、2 2 a、2 3 a、2 4 a 及び 2 5 a を有する転がり軸受 (ボールベアリング) である。これら軸受 2 1 ~ 2 5 の転動体 2 1 a ~ 2 5 a は、非磁性材料または炭素含有量が多い材料によって形成することが好ましい。通常使用される転がり軸受は、硬度を確保するための焼き入れを行うため、炭素含有量が多い。したがって、そのような通常の転がり軸受を用いてもよい。

40

【 0 0 3 1 】

なお、本発明に係る軸受は、転がり軸受に限定されるものではなく、例えば、すべり軸受、流体軸受等を適用することもできる。

【 0 0 3 2 】

[第 1 内歯車]

50

次に、第 1 内歯車 5 について説明する。

図 1 及び図 2 に示すように、第 1 内歯車 5 は、円形の外周部を有する第 1 内側筒 3 1 と、第 1 内側筒 3 1 の外周部に取り付けられた複数の第 1 磁石片 3 2 とを備えている。

【 0 0 3 3 】

第 1 内側筒 3 1 は、第 1 の回転軸 3 が嵌合される円形の筒孔 3 1 a を有する円筒状に形成されている。つまり、第 1 内歯車 5 は、第 1 の回転軸 3 と同軸に連結されている。第 1 内側筒 3 1 は、例えば、電磁鋼板、電磁軟鉄などの磁性材料からなる板状の複数のリング部材 3 3 を積層することにより形成されている（図 1 参照）。

【 0 0 3 4 】

複数のリング部材 3 3 は、カシメ、溶接、接着剤などの固着方法により固着されて一体形成されている。このように、磁性材料からなる複数のリング部材 3 3 を積層して第 1 内側筒 3 1 を形成することにより、第 1 内側筒 3 1 の軸方向に流れる渦電流を遮断することができる。そのため、第 1 内側筒 3 1 は、磁性材料からなる複数のリング部材 3 3 を積層して形成することが好ましい。

【 0 0 3 5 】

複数の第 1 磁石片 3 2 は、それぞれ第 1 内側筒 3 1（筒孔 3 1 a）の軸方向に長い略長方形の板状に形成された永久磁石である。これら複数の第 1 磁石片 3 2 は、第 2 内歯車 6 の後述する複数の第 2 磁石片 4 2 と対向している。

複数の第 1 磁石片 3 2 は、第 1 内側筒 3 1 の径方向に磁化されている。そして、複数の第 1 磁石片 3 2 は、磁化された方向が互いに反対である複数の第 1 磁石片 3 2 A, 3 2 B から構成されている。

【 0 0 3 6 】

第 1 磁石片 3 2 A と第 1 磁石片 3 2 B は、第 1 内側筒 3 1 の外周部に沿って交互に並べられている。つまり、複数の第 1 磁石片 3 2 A, 3 2 B は、異なる磁極が第 1 内側筒 3 1 の周方向に沿って隣り合うように並べられている。第 1 磁石片 3 2 A は、第 1 内側筒 3 1 側が N 極であり、第 2 内歯車 6 の後述する第 2 磁石片 4 2 側が S 極である。一方、第 1 磁石片 3 2 B は、第 1 内側筒 3 1 側が S 極であり、第 2 磁石片 4 2 側が N 極である。

【 0 0 3 7 】

[第 2 内歯車]

次に、第 2 内歯車 6 について図 1 及び図 2 を参照して説明する。

図 1 及び図 2 に示すように、第 2 内歯車 6 は、第 1 内歯車 5 が配置される筒孔 4 1 a を有する第 2 内側筒 4 1 と、第 2 内側筒 4 1 の内周部に取り付けられた複数の第 2 磁石片 4 2 と、第 2 内側筒 4 1 の外周部に取り付けられた複数の第 3 磁石片 4 3 とを備えている。

【 0 0 3 8 】

第 2 内側筒 4 1 は、軸受 2 2, 2 5 に固定されており、第 1 の回転軸 3 及び第 1 内歯車 5 と同軸に配置されている。つまり、第 2 内歯車 6 は、軸受 2 2, 2 5 を用いて第 1 蓋部 1 5 及び第 2 の回転軸 4 に回転可能に支持されている。

第 2 内側筒 4 1 は、例えば、電磁鋼板、電磁軟鉄などの磁性材料からなる板状の複数のリング部材 4 1 を積層することにより形成されている。これにより、第 2 内側筒がヨークとなり、高磁束密度を得ることができる。

【 0 0 3 9 】

複数の第 2 磁石片 4 2 は、それぞれ第 2 内側筒 4 1（筒孔 4 1 a）の軸方向に長い略長方形の板状に形成された永久磁石である。これら複数の第 2 磁石片 4 2 は、第 1 内歯車 5 の複数の第 1 磁石片 3 2 と対向している。複数の第 2 磁石片 4 2 の個数は、複数の第 1 磁石片 3 2 の個数よりも多く設定されている。

【 0 0 4 0 】

第 1 内歯車 5 の回転は、複数の第 1 磁石片 3 2 と複数の第 1 磁性歯部 8 との間、及び複数の第 2 磁石片 4 2 と複数の第 1 磁性歯部 8 との間に生じる磁気吸引力により、第 2 内歯車 6 に伝達される。したがって、複数の第 2 磁石片 4 2 の個数を複数の第 1 磁石片 3 2 の個数よりも多くすることにより、第 1 内歯車 5 の回転角度に対する第 2 内歯車 6 の回転角

10

20

30

40

50

度を小さくすることができる。その結果、第 2 内歯車 6 の回転速度を、第 1 内歯車 5 の回転速度に対して減速させることができる。

【 0 0 4 1 】

複数の第 2 磁石片 4 2 は、それぞれ第 2 内側筒 4 1 の径方向に磁化されている。そして、複数の第 2 磁石片 4 2 は、磁化された方向が互いに反対である複数の第 2 磁石片 4 2 A , 4 2 B から構成されている。

【 0 0 4 2 】

第 2 磁石片 4 2 A と第 2 磁石片 4 2 B は、第 2 内側筒 4 1 の内周部に沿って交互に並べられている。つまり、複数の第 2 磁石片 4 2 A , 4 2 B は、異なる磁極が第 2 内側筒 4 1 の内周部に沿って隣り合うように並べられている。第 2 磁石片 4 2 A は、第 2 内側筒 4 1 側が S 極であり、第 1 磁石片 3 2 側が N 極である。一方、第 2 磁石片 4 2 B は、第 2 内側筒 4 1 側が N 極であり、第 1 磁石片 3 2 側が S 極である。

10

【 0 0 4 3 】

複数の第 3 磁石片 4 3 は、それぞれ第 2 内側筒 4 1 (筒孔 4 1 a) の軸方向に長い略長方形の板状に形成された永久磁石である。これら複数の第 3 磁石片 4 3 は、外歯車 7 の後述する複数の第 4 磁石片 5 2 に対向している。

複数の第 3 磁石片 4 3 は、それぞれ第 2 内側筒 4 1 の径方向に磁化されている。そして、複数の第 3 磁石片 4 3 は、磁化された方向が互いに反対である複数の第 3 磁石片 4 3 A , 4 3 B から構成されている。

【 0 0 4 4 】

第 3 磁石片 4 3 A と第 3 磁石片 4 3 B は、第 2 内側筒 4 1 の外周部に沿って交互に並べられている。つまり、複数の第 3 磁石片 4 3 A , 4 3 B は、異なる磁極が第 2 内側筒 4 1 の外周部に沿って隣り合うように並べられている。第 3 磁石片 4 3 A は、第 2 内側筒 4 1 側が S 極であり、外歯車 7 の後述する第 4 磁石片 5 2 側が N 極である。一方、第 3 磁石片 4 3 B は、第 2 内側筒 4 1 側が N 極であり、外歯車 7 の第 4 磁石片 5 2 側が S 極である。

20

【 0 0 4 5 】

[外歯車]

次に、外歯車 7 について図 1 及び図 2 を参照して説明する。

図 1 及び図 2 に示すように、外歯車 7 は、第 2 内歯車 6 が配置される筒孔 5 1 a を有する外側筒 5 1 と、外側筒 5 1 の内周部に取り付けられた複数の第 4 磁石片 5 2 とを備えている。

30

【 0 0 4 6 】

外側筒 5 1 は、ケース 2 における外装筒 1 4 の内周部に固定されており、第 1 の回転軸 3、第 1 内歯車 5 及び第 2 内歯車 6 と同軸に配置されている。外側筒 5 1 は、例えば、電磁鋼板、電磁軟鉄などの磁性材料からなる板状の複数のリング部材 5 3 を積層することにより形成されている (図 1 参照)。

【 0 0 4 7 】

複数のリング部材 5 3 は、カシメ、溶接、接着剤などの固着方法により固着されて一体成形されている。このように、磁性材料からなる複数のリング部材 5 3 を積層して外側筒 5 1 を形成することにより、外側筒 5 1 の軸方向に流れる渦電流を遮断することができる。そのため、外側筒 5 1 は、磁性材料からなる複数のリング部材 5 3 を積層して形成することが好ましい。

40

【 0 0 4 8 】

複数の第 4 磁石片 5 2 は、それぞれ外側筒 5 1 (筒孔 5 1 a) の軸方向に長い略長方形の板状に形成された永久磁石である。これら複数の第 4 磁石片 5 2 は、第 2 内歯車 6 の複数の第 3 磁石片 4 3 と対向している。複数の第 4 磁石片 5 2 の個数は、複数の第 3 磁石片 4 3 の個数よりも多く設定されている。

【 0 0 4 9 】

第 2 内歯車 6 の回転は、複数の第 3 磁石片 4 3 と複数の第 2 磁性歯部 9 との間、及び複数の第 4 磁石片 5 2 と複数の第 2 磁性歯部 9 との間に生じる磁気吸引力により、第 2 の回

50

転軸 4 (複数の第 2 磁性歯部 9) に伝達される。したがって、複数の第 4 磁石片 5 2 の個数を複数の第 3 磁石片 4 3 の個数よりも多くすることにより、第 2 内歯車 6 の回転角度に対する第 2 の回転軸 4 の回転角度を小さくすることができる。その結果、第 2 の回転軸 4 の回転速度を、第 2 内歯車 6 の回転速度に対して減速させることができる。

【0050】

複数の第 4 磁石片 5 2 は、外側筒 5 1 の径方向に磁化されている。そして、複数の第 4 磁石片 5 2 は、磁化された方向が互いに反対である複数の第 4 磁石片 5 2 A, 5 2 B から構成されている。

【0051】

第 4 磁石片 5 2 A と第 4 磁石片 5 2 B は、外側筒 5 1 の内周部に沿って交互に並べられている。つまり、複数の第 4 磁石片 5 2 A, 5 2 B は、異なる磁極が外側筒 5 1 の内周部に沿って隣り合うように並べられている。第 4 磁石片 5 2 A は、外側筒 5 1 側が N 極であり、第 3 磁石片 4 3 側が S 極である。一方、第 4 磁石片 5 2 B は、外側筒 5 1 側が S 極であり、第 3 磁石片 4 3 側が N 極である。

10

【0052】

[第 1 磁性歯部]

次に、複数の第 1 磁性歯部 8 について図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

図 1 に示すように、複数の第 1 磁性歯部 8 は、ケース 2 の第 1 蓋部 1 5 に取り付けられており、第 1 内歯車 5 の複数の第 1 磁石片 3 2 と、第 2 内歯車 6 の複数の第 2 磁石片 4 2 との間に配置されている。

20

【0053】

複数の第 1 磁性歯部 8 は、第 1 の回転軸 3 の周方向に沿って所定の間隔をあけて並んでいる。複数の第 1 磁性歯部 8 は、第 1 の回転軸 3 の軸方向と平行な方向に延びる略棒状に形成されている。第 1 磁性歯部 8 は、板状の複数の磁性片 6 1 (図 1 参照) を長手方向 (第 1 の回転軸 3 の軸方向に平行な方向) に積層することにより形成されている。この磁性片 6 1 の材料としては、例えば、電磁鋼板を挙げることができる。

【0054】

後述するように、本実施の形態の磁気歯車装置 1 では、第 1 内歯車 5 と第 2 内歯車 6 が互いに反対方向に回転する。したがって、第 1 磁性歯部 8 を 1 つの磁性材料によって棒状に形成すると、磁性歯部に渦電流が発生する。そして、磁性歯部に渦電流が発生すると、レンツの法則により第 1 内歯車 5 及び第 2 内歯車 6 の回転に抗する電磁ブレーキが生じてトルク損失となる。

30

そこで、本実施の形態では、複数の磁性片 6 1 を積層して第 1 磁性歯部 8 を形成し、渦電流が第 1 磁性歯部 8 の長手方向に流れることを遮断している。

【0055】

複数の第 1 磁性歯部 8 の長手方向の一端部は、第 1 蓋部 1 5 に接合されている。また、複数の第 1 磁性歯部 8 の長手方向の他端部には、環状部材 6 2 が接合されている (図 1 参照)。なお、図 3 では、環状部材 6 2 を省略している。環状部材 6 2 は、非磁性材料により形成されており、複数の第 1 磁性歯部 8 における他端部の変位を拘束する。これにより、複数の第 1 磁性歯部 8 の強度を高めることができると共に、複数の第 1 磁性歯部 8 の振動を抑制あるいは防止することができる。

40

【0056】

環状部材 6 2 の材料としては、合成樹脂が好ましい。環状部材 6 2 と第 1 磁性歯部 8 との接合は、例えば、接着剤を用いてもよく、樹脂と金属の一体成形で接合してもよい。また、第 1 磁性歯部 8 と第 1 蓋部 1 5 との接合は、例えば、接着剤を用いてもよく、カシメ、溶接などの固着方法を用いてもよい。

【0057】

[第 2 磁性歯部]

次に、複数の第 2 磁性歯部 9 について図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

図 1 ~ 図 3 に示すように、複数の第 2 磁性歯部 9 は、第 2 の回転軸 4 に取り付けられて

50

おり、第2内歯車6の複数の第3磁石片43と、外歯車7の複数の第4磁石片52との間に配置されている。

【0058】

複数の第2磁性歯部9は、第2の回転軸4の周方向に沿って所定の間隔をあけて並んでいる。複数の第2磁性歯部9は、第2の回転軸4の軸方向と平行な方向に延びる略棒状に形成されている。第2磁性歯部9は、板状の複数の磁性片65（図1参照）を長手方向（第1の回転軸3の軸方向に平行な方向）に積層することにより形成されている。この磁性片65の材料としては、例えば、電磁鋼板を挙げることができる。

【0059】

後述するように、本実施の形態の磁気歯車装置1では、第2内歯車6と複数の第2磁性歯部9が互いに反対方向に回転する。したがって、第2磁性歯部9を1つの磁性材料によって棒状に形成すると、磁性歯部に渦電流が発生する。そして、磁性歯部に渦電流が発生すると、レンツの法則により第2内歯車6と第2磁性歯部9の回転に抗する電磁ブレーキが生じてトルク損失となる。

そこで、本実施の形態では、複数の磁性片65を積層して第2磁性歯部9を形成し、渦電流が第2磁性歯部9の長手方向に流れることを遮断している。

【0060】

第2磁性歯部9の長手方向の一端部には、環状部材66が接合されている（図1参照）。なお、図3では、環状部材66を省略している。環状部材66は、環状部材62と同様に、非磁性材料により形成されており、複数の第2磁性歯部9における一端部の変位を拘束する。これにより、複数の第2磁性歯部9の強度を高めることができると共に、複数の第2磁性歯部9の振動を抑制あるいは防止することができる。

【0061】

また、複数の第2磁性歯部9の長手方向の他端部には、ブラケット67が接合されている。このブラケット67は、非磁性材料によって円環状に形成されている。ブラケット67の軸方向の一方の面には、複数の第2磁性歯部9が接合されており、他方の面は第2の回転軸4に固定されている。つまり、複数の第2磁性歯部9は、ブラケット67を介して第2の回転軸4に取り付けられている。

【0062】

環状部材66及びブラケット67の材料としては、合成樹脂が好ましい。環状部材66及びブラケット67と第2磁性歯部9との接合は、例えば、接着剤を用いてもよく、樹脂と金属の一体成形で接合してもよい。

【0063】

[磁気歯車装置の製造方法]

次に、磁気歯車装置1の製造方法について、図4及び図5を参照して説明する。

図4Aは、第2蓋部16に第2の回転軸4を接続し、第2の回転軸4に第1の回転軸3、第1内歯車5及び第2内歯車6を接続した状態を示す説明図である。図4Bは、図4Aに示す状態の第2の回転軸4に第2磁性歯部9を取り付けた状態を示す説明図である。図5Cは、図4Bに示す状態の第2蓋部16に外装筒14を接合した状態を示す説明図である。図5Dは、図5Cに示す状態の外装筒14に第1蓋部15を接合した状態を示す説明図である。

【0064】

磁気歯車装置1を製造するには、まず、第2の回転軸4を第2蓋部16に軸受23を用いて接続する（図4A参照）。これにより、第2の回転軸4は、第2蓋部16に回転可能に支持される。

【0065】

次に、予め第1内歯車5が連結された第1の回転軸を、第2の回転軸4に軸受24を用いて接続する。これにより、第1内歯車5が連結された第1の回転軸3は、第2の回転軸4に回転可能に支持される。

【0066】

10

20

30

40

50

また、第 2 内歯車 6 を第 2 の回転軸 4 に軸受 2 5 を用いて接続する。これにより、第 2 内歯車 6 は、第 2 の回転軸 4 に回転可能に支持される。そして、第 1 内歯車 5 が第 2 内歯車 6 の筒孔 4 1 a に配置され、第 1 内歯車 5 の複数の第 1 磁石片 3 2 A , 3 2 B と第 2 内歯車 6 の複数の第 2 磁石片 4 2 A , 4 2 B は、第 1 の回転軸 3 の径方向において互いに対向する。

【 0 0 6 7 】

なお、磁気歯車装置 1 の製造方法としては、第 1 の回転軸 3 (第 1 内歯車 5) と第 2 内歯車 6 を第 2 の回転軸 4 に予め接続しておき、その後、第 2 の回転軸 4 を第 2 蓋部 1 6 に接続してもよい。

【 0 0 6 8 】

次に、第 2 磁性歯部 9 を第 2 の回転軸 4 にブラケット 6 7 を介して取り付ける (図 4 B 参照)。第 2 内歯車 6 を第 2 の回転軸 4 に接続する前に、第 2 磁性歯部 9 を第 2 の回転軸 4 に接合すると、第 2 磁性歯部 9 と第 2 内歯車 6 が干渉する。そのため、第 2 内歯車 6 を第 2 の回転軸 4 に接続した後に、第 2 磁性歯部 9 を第 2 の回転軸 4 に接合する。

【 0 0 6 9 】

続いて、予め外歯車 7 が固定された外装筒 1 4 を第 2 蓋部 1 6 に接合する (図 5 C 参照)。これにより、第 2 内歯車 6 が外歯車 7 の筒孔 5 1 a に配置され、第 2 内歯車 6 の複数の第 3 磁石片 4 3 A , 4 3 B と外歯車 7 の複数の第 4 磁石片 5 2 A , 5 2 B は、第 1 の回転軸 3 の径方向において互いに対向する。

【 0 0 7 0 】

その後、予め第 1 磁性歯部 8 が取り付けられた第 1 蓋部 1 5 を接合する (図 5 D 参照)。これにより、ケース 2 が形成される。そして、第 1 の回転軸 3 は、第 1 蓋部 1 5 に軸受 2 1 を用いて回転可能に接続される。さらに、第 2 内歯車 6 は、軸受 2 2 によって第 1 蓋部 1 5 に回転可能に接続される。その結果、磁気歯車装置 1 の製造が完了する。

【 0 0 7 1 】

なお、本実施の形態では、第 1 磁性歯部 8 及び第 2 磁性歯部 9 の材料として、電磁鋼板を採用したが、本発明に係る磁性歯部は、これに限定されない。本発明に係る磁性歯部としては、例えば圧粉磁心を用いてもよい。圧粉磁心は、鉄粉同士が絶縁されているため、電気抵抗が高い。

【 0 0 7 2 】

圧粉磁心によって磁性歯部を形成した場合は、磁性歯部の電気抵抗が高くなるため、磁性歯部に渦電流が流れにくくなる。その結果、磁気歯車装置 1 におけるトルク損失を軽減することができる。また、圧粉磁心は安価であるため、圧粉磁心により磁性歯部を形成すると材料費のコストを低減することができる。さらに、圧粉磁心は成形性がよいため、連結片と磁性から構成される磁性部材を容易に製造することができる。

【 0 0 7 3 】

2. 磁気歯車装置の第 1 の実施形態の動作

次に、磁気歯車装置 1 の動作について説明する。

まず、第 1 内歯車 5 (第 1 の回転軸 3) の回転に応じた第 2 内歯車 6 の回転について、図 6 ~ 図 9 を参照して説明する。

図 6 は、第 1 内歯車 5 における第 1 磁石片 3 2 A a , 3 2 A b , 3 2 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 A , 8 B , 8 C の中央部に一致した状態の説明図である。

【 0 0 7 4 】

図 6 に示す状態の第 1 磁性歯部 8 A , 8 B , 8 C に注目すると、第 1 磁石片 3 2 A a , 3 2 A b , 3 2 A c の中央部に対向する側が N 極となり、反対側が S 極となっている。そして、第 1 磁性歯部 8 A , 8 B , 8 C の S 極は、第 2 内歯車 6 の第 2 磁石片 4 2 A a , 4 2 A b , 4 2 A c の N 極に対向している。

【 0 0 7 5 】

したがって、第 1 磁石片 3 2 A a と第 1 磁性歯部 8 A との間、第 1 磁石片 3 2 A b と第

10

20

30

40

50

1 磁性歯部 8 B との間、及び第 1 磁石片 3 2 A c と第 1 磁性歯部 8 C との間に生じる磁気吸引力は、半径方向のみならず周方向にも釣り合っている。また、第 1 磁性歯部 8 A と第 2 磁石片 4 2 A a との間、第 1 磁性歯部 8 B と第 2 磁石片 4 2 A b との間、及び第 1 磁性歯部 8 C と第 2 磁石片 4 2 A c との間に生じる磁気吸引力は、半径方向のみならず周方向にも釣り合っている。

【0076】

図 6 に示す状態から第 1 の回転軸 3 を矢印 R 1 方向に回転させると、第 1 の回転軸 3 と共に第 1 内歯車 5 が矢印 R 1 方向に回転する。そして、第 1 内歯車 5 における第 1 磁石片 3 2 B a , 3 2 B b , 3 2 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 D , 8 E , 8 F の中央部と一致する。

10

なお、矢印 R 1 方向は、第 1 の回転軸 3 の軸心を中心とした回転方向である。

【0077】

図 7 は、第 1 内歯車 5 における第 1 磁石片 3 2 B a ~ 3 2 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 D ~ 8 F の中央部と一致した状態の説明図である。

【0078】

第 1 磁石片 3 2 B a ~ 3 2 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 D ~ 8 F の中央部に一致すると、第 1 磁性歯部 8 D ~ 8 F における第 1 磁石片 3 2 B a ~ 3 2 B c に対向する側が S 極となり、反対側が N 極となる。

【0079】

これにより、第 2 内歯車 6 の第 2 磁石片 4 2 B a , 4 2 B b , 4 2 B c と第 1 磁性歯部 8 D , 8 E , 8 F との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。そして、第 1 磁性歯部 8 D と第 2 磁石片 4 2 B a との間、第 1 磁性歯部 8 E と第 2 磁石片 4 2 B b との間、第 1 磁性歯部 8 F と第 2 磁石片 4 2 B c との間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

20

【0080】

したがって、第 2 内歯車 6 が矢印 R 2 方向に回転し、第 2 内歯車 6 の第 2 磁石片 4 2 B a ~ 4 2 B c の中央部と、第 1 磁性歯部 8 D ~ 8 F の中央部が第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置 1 は、図 7 に示すように、磁気吸引力が釣り合った状態になる。

なお、矢印 R 2 方向は、第 1 の回転軸 3 の軸心を中心とした回転方向であり、矢印 R 1 方向と反対の方向である。

30

【0081】

図 7 に示す状態から第 1 の回転軸 3 及び第 1 内歯車 5 を矢印 R 1 方向に回転させると、第 1 内歯車 5 の第 1 磁石片 3 2 A a ~ 3 2 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 G ~ 8 I の中央部に一致する。

【0082】

図 8 は、第 1 内歯車 5 における第 1 磁石片 3 2 A a ~ 3 2 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 G ~ 8 I の中央部と一致した状態の説明図である。

【0083】

第 1 磁石片 3 2 A a ~ 3 2 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 1 磁性歯部 8 G ~ 8 I の中央部に一致すると、第 1 磁性歯部 8 G ~ 8 I における第 1 磁石片 3 2 A a ~ 3 2 A c に対向する側が N 極となり、反対側が S 極となる。

40

【0084】

これにより、第 2 内歯車 6 の第 2 磁石片 4 2 A d , 4 2 A e , 4 2 A f と第 1 磁性歯部 8 G , 8 H , 8 I との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。そして、第 1 磁性歯部 8 G と第 2 磁石片 4 2 A d との間、第 1 磁性歯部 8 H と第 2 磁石片 4 2 A e との間、第 1 磁性歯部 8 I と第 2 磁石片 4 2 A f との間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

【0085】

したがって、第 2 内歯車 6 が矢印 R 2 方向に回転し、第 2 内歯車 6 の第 2 磁石片 4 2 A d ~ 4 2 A f の中央部と、第 1 磁性歯部 8 G ~ 8 I の中央部が第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置 1 は、図 8 に示すように、磁気吸引力が釣り合

50

った状態になる。

【0086】

図8に示す状態から第1の回転軸3及び第1内歯車5を矢印R1方向に回転させると、第1内歯車5の第1磁石片32Ba~32Bcの中央部が、第1の回転軸3の径方向において第1磁性歯部8J~8Lの中央部に一致する。

【0087】

図9は、第1内歯車5における第1磁石片32Ba~32Bcの中央部が、第1の回転軸3の径方向において第1磁性歯部8J~8Lの中央部に一致した状態の説明図である。

【0088】

第1磁石片32Ba~32Bcの中央部が、第1の回転軸3の径方向において第1磁性歯部8J~8Lの中央部に一致すると、第1磁性歯部8J~8Lにおける第1磁石片32Ba~32Bcに対向する側がS極となり、反対側がN極となる。

10

【0089】

これにより、第2内歯車6の第2磁石片42Bd, 42Be, 42Bfと第1磁性歯部8J, 8K, 8Lとの間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。そして、第1磁性歯部8Jと第2磁石片42Bdとの間、第1磁性歯部8Kと第2磁石片42Beとの間、第1磁性歯部8Lと第2磁石片42Bfとの間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

【0090】

したがって、第2内歯車6が矢印R2方向に回転し、第2内歯車6の第2磁石片42Bd~42Bfの中央部と、第1磁性歯部8J~8Lの中央部が第1の回転軸3の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置1は、図9に示すように、磁気吸引力が釣り合った状態になる。

20

【0091】

図6に示す状態から図8に示す状態になるまでに、第1内歯車5(第1の回転軸3)は、矢印R1方向へ複数の第1磁性歯部8における1ピッチ角度だけ回転する。そして、第2内歯車6は、第1磁性歯部8における1ピッチ角度よりも小さい角度(本例では、第1磁性歯部8の1ピッチ角度の1/6程度)だけ矢印R2方向へ回転する。

【0092】

次に、第2内歯車6の回転に応じた第2磁性歯部9(第2の回転軸4)の回転について、図10~図13を参照して説明する。

30

図10は、第2内歯車6における第3磁石片43Aa, 43Ab, 43Acの中央部が、第1の回転軸3の径方向において外歯車7の第4磁石片52Aa, 52Ab, 52Acの中央部に一致した状態の説明図である。なお、図10に示す状態は、図6に示す状態と同じである。

【0093】

図10に示す状態の第2磁性歯部9A, 9B, 9Cに注目すると、第3磁石片43Aa, 43Ab, 43Acの中央部に対向する側がS極となり、反対側がN極となっている。そして、第2磁性歯部9A, 9B, 9CのN極は、第4磁石片52Aa, 52Ab, 52AcのS極に対向している。

【0094】

したがって、第3磁石片43Aaと第2磁性歯部9Aとの間、第3磁石片43Abと第2磁性歯部9Bとの間、及び第3磁石片43Acと第2磁性歯部9Cとの間に生じる磁気吸引力は、半径方向のみならず周方向にも釣り合っている。また、第2磁性歯部9Aと第4磁石片52Aaとの間、第2磁性歯部9Bと第4磁石片52Abとの間、及び第2磁性歯部9Cと第4磁石片52Acとの間に生じる磁気吸引力は、半径方向のみならず周方向にも釣り合っている。

40

【0095】

図10に示す状態から第1の回転軸3(第1内歯車5)を矢印R1方向に回転させると、上述したように、第2内歯車6が矢印R2方向に回転する。そして、第2内歯車6における第3磁石片43Ba, 43Bb, 43Bcの中央部が、外歯車7の第4磁石片52B

50

a, 5 2 B b, 5 2 B c の中央部に第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。

【0096】

図 1 1 は、第 2 内歯車 6 における第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 4 磁石片 5 2 B a ~ 5 2 B c の中央部と一致した状態の説明図である。

【0097】

第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 4 磁石片 5 2 B a ~ 5 2 B c の中央部に一致すると、第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c と第 2 磁性歯部 9 D ~ 9 F との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。また、第 4 磁石片 5 2 B a ~ 5 2 B c と第 2 磁性歯部 9 D ~ 9 F との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。これにより、第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c と第 2 磁性歯部 9 D ~ 9 F との間、及び第 4 磁石片 5 2 B a ~ 5 2 B c と第 2 磁性歯部 9 D ~ 9 F との間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

10

【0098】

したがって、複数の第 2 磁性歯部 9 は、第 2 の回転軸 4 (図 1 参照) と共に矢印 R 3 方向に回転する。そして、複数の第 2 磁性歯部 9 のうちの第 2 磁性歯部 9 D ~ 9 F の中央部が、第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c の中央部及び第 4 磁石片 5 2 B a ~ 5 2 B c の中央部と、第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置 1 は、図 1 1 に示すように、磁気吸引力が釣り合った状態になる。

なお、矢印 R 3 方向は、矢印 R 2 方向と同じ方向である。

20

【0099】

図 1 1 に示す状態から第 2 内歯車 6 が矢印 R 2 方向に回転すると、第 2 内歯車 6 における第 3 磁石片 4 3 A a, 4 3 A b, 4 3 A c の中央部が、外歯車 7 の第 4 磁石片 5 2 A d, 5 2 A e, 5 2 A f の中央部に第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。

【0100】

図 1 2 は、第 2 内歯車 6 における第 3 磁石片 4 3 A a ~ 4 3 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 4 磁石片 5 2 A d ~ 5 2 A f の中央部と一致した状態の説明図である。

【0101】

第 3 磁石片 4 3 A a ~ 4 3 A c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 4 磁石片 5 2 A d ~ 5 2 A f の中央部に一致すると、第 3 磁石片 4 3 A a ~ 4 3 A c と第 2 磁性歯部 9 G ~ 9 I との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。また、第 4 磁石片 5 2 A d ~ 5 2 A f と第 2 磁性歯部 9 G ~ 9 I との間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。これにより、第 3 磁石片 4 3 A a ~ 4 3 A c と第 2 磁性歯部 9 G ~ 9 I との間、及び第 4 磁石片 5 2 A d ~ 5 2 A f と第 2 磁性歯部 9 G ~ 9 I との間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

30

【0102】

したがって、複数の第 2 磁性歯部 9 が、第 2 の回転軸 4 (図 1 参照) と共に矢印 R 3 方向に回転する。そして、複数の第 2 磁性歯部 9 のうちの第 2 磁性歯部 9 G ~ 9 I の中央部が、第 3 磁石片 4 3 A a ~ 4 3 A c の中央部及び第 4 磁石片 5 2 A d ~ 5 2 A f の中央部と、第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置 1 は、図 1 2 に示すように、磁気吸引力が釣り合った状態になる。

40

【0103】

図 1 2 に示す状態から第 2 内歯車 6 が矢印 R 2 方向に回転すると、第 2 内歯車 6 における第 3 磁石片 4 3 B a, 4 3 B b, 4 3 B c の中央部が、外歯車 7 の第 4 磁石片 5 2 B d, 5 2 B e, 5 2 B f の中央部に第 1 の回転軸 3 の径方向において一致する。

【0104】

図 1 3 は、第 2 内歯車 6 における第 3 磁石片 4 3 B a ~ 4 3 B c の中央部が、第 1 の回転軸 3 の径方向において第 4 磁石片 5 2 B d ~ 5 2 B f の中央部と一致した状態の説明図である。

50

【0105】

第3磁石片43Ba～43Bcの中央部が、第1の回転軸3の径方向において第4磁石片52Bd～52Bfの中央部に一致すると、第3磁石片43Ba～43Bcと第2磁性歯部9J～9Lとの間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。また、第4磁石片52Bd～52Bfと第2磁性歯部9J～9Lとの間に生じる磁気吸引力の釣り合いが崩れる。これにより、第3磁石片43Ba～43Bcと第2磁性歯部9J～9Kとの間、及び第4磁石片52Bd～52Bfと第2磁性歯部9J～9Kとの間には、周方向に作用する磁気吸引力が生じる。

【0106】

したがって、複数の第2磁性歯部9が、第2の回転軸4（図1参照）と共に矢印R3方向に回転する。そして、複数の第2磁性歯部9のうちの第2磁性歯部9J～9Lの中央部が、第3磁石片43Ba～43Bcの中央部及び第4磁石片52Bd～52Bfの中央部と、第1の回転軸3の径方向において一致する。その結果、磁気歯車装置1は、図13に示すように、磁気吸引力が釣り合った状態になる。

10

【0107】

図10に示す状態から図12に示す状態になるまでに、第2内歯車6は、矢印R2方向へ複数の第2磁性歯部9における1ピッチ角度だけ回転する。そして、複数の第2磁性歯部9は、複数の第2磁性歯部9における1ピッチ角度よりも小さい角度（本例では、第2磁性歯部9の1ピッチ角度の1/6程度）だけ矢印R3方向へ回転する。

【0108】

本実施の形態の磁気歯車装置1では、第1の回転軸3の回転が第1内歯車5から第2内歯車6に非接触で伝達される。このとき、第2内歯車6の回転速度は、第1の回転軸3（第1内歯車5）の回転速度に対して減速される。また、第2内歯車6の回転は、複数の第2磁性歯部9が取り付けられた第2の回転軸4に非接触で伝達される。このとき、第2の回転軸4の回転速度は、第2内歯車6に対して減速される。これにより、1組の歯車ユニット（例えば、ハイスピードロータとロースピードロータ）を備える磁気歯車装置よりも、減速比を大きくすることができる。

20

【0109】

また、磁気歯車装置で発生するトルクは、一般的に、歯車ユニットの径の長さに比例する。本実施の形態の磁気歯車装置1では、第1内歯車5、第2内歯車6、外歯車7の順に径が大きくなるため、第1内歯車5が連結される第1の回転軸3を入力側にすれば、出力側となる第2の回転軸4のトルクを十分に確保することができる。

30

【0110】

また、本実施の形態の磁気歯車装置1では、筒状に形成された第1内歯車5、第2内歯車6及び外歯車7を第1の回転軸3の径方向に重ねる構造にした。そのため、磁気歯車装置1は、第1の回転軸3に平行な方向に大型化することなく、減速比を大きくすることができる。

【0111】

また、本実施の形態の磁気歯車装置1では、第1内歯車5の第1内側筒31及び外歯車7の外側筒51を磁性材料によって形成した。これにより、複数の第1磁石片32A、32B及び複数の第4磁石片52A、52Bで第1内側筒31及び外側筒51の磁気モーメントを揃えて、大きな表面磁束密度を得ることができる。

40

【0112】

また、本実施の形態の磁気歯車装置1では、第2内歯車6が第1内歯車5と外歯車7との間に配置され、第1内歯車5（第1の回転軸3）の回転を複数の第2磁性歯部9が取り付けられた第2の回転軸4に伝える。これにより、第2内側筒41が第1内歯車5の出力軸と第2内歯車6の入力軸を兼ねる構成となるため、部品点数を削減することができる。

【0113】

本実施の形態の磁気歯車装置1では、第1内歯車5から第2内歯車6に、又は第2内歯車6から第1内歯車5に第1磁性歯部8を介して磁場が作用する。また、第2内歯車6か

50

ら外歯車 7 に、又は外歯車 7 から第 2 内歯車 6 に第 2 磁性歯部 9 を介して磁場が作用する。そこで、磁気歯車装置 1 は、第 1 内側筒 3 1 及び外側筒 5 1 を磁性材料からなる複数の板状部材を積層して形成する構成とした。これにより、第 1 内側筒 3 1 及び外側筒 5 1 の軸方向に流れる渦電流を遮断して、トルク損失（渦電流損）を軽減することができる。

【0114】

3. 発電装置の第 2 の実施形態の構成

次に、本発明の磁気歯車装置の第 2 の実施形態の構成について、図 1 4 及び図 1 5 を参照して説明する。

図 1 4 は、本発明の磁気歯車装置の第 2 の実施形態の断面図である。図 1 5 は、図 1 4 に示す B - B 線に沿う断面図である。

10

【0115】

第 2 の実施形態の磁気歯車装置 3 0 1 は、第 1 の実施形態の磁気歯車装置 1（図 1 参照）と同様の構成を有している。磁気歯車装置 3 0 1 の磁気歯車装置 1 と異なる構成は、ケース 3 0 2 と、第 2 の回転軸 3 0 4 と、外歯車 3 0 7 である。そのため、ここでは、ケース 3 0 2、第 2 の回転軸 3 0 4、外歯車 3 0 7 について説明する。

【0116】

図 1 4 及び図 1 5 に示すように、磁気歯車装置 3 0 1 は、ケース 3 0 2 と、第 1 の回転軸 3 と、第 2 の回転軸 3 0 4 と、第 1 内歯車 5 と、第 2 内歯車 6 と、外歯車 3 0 7 とを備えている。第 1 の回転軸 3 には、第 1 内歯車 5 が固定され、第 2 の回転軸 3 0 4 には、外歯車 3 0 7 が固定されている。

20

第 1 の回転軸 3、第 1 内歯車 5 及び第 2 内歯車 6 は、第 1 の実施形態の磁気歯車装置 1 に適用したものと同一である。

【0117】

[ケース]

次に、ケース 3 0 2 について説明する。

図 1 4 に示すように、ケース 3 0 2 は、両端が開口された筒状の外装筒 3 1 4 と、外装筒 3 1 4 の一方の開口を塞ぐ第 1 蓋部 3 1 6 と、外装筒 3 1 4 の他方の開口を塞ぐ第 2 蓋部 3 1 7 から構成されている。第 1 蓋部 3 1 6 と第 2 蓋部 3 1 7 は、外装筒 3 1 4 の軸方向で対向している。

【0118】

第 1 蓋部 3 1 6 は、適当な厚みを有する板状に形成されており、外装筒 3 1 4 の軸方向に略直交する 2 つの平面を有している。この第 1 蓋部 3 1 6 は、外装筒 3 1 4 の軸方向の一端部に接合されている。また、第 1 蓋部 3 1 6 には、第 1 の回転軸 3 が貫通する貫通孔と、軸受取り付け部 3 1 6 a、3 1 6 b が設けられている。

30

【0119】

軸受取り付け部 3 1 6 a、3 1 6 b は、第 1 蓋部 3 1 6 の第 2 蓋部 3 1 7 に対向する面に設けられている。軸受取り付け部 3 1 6 a は、第 1 蓋部 3 1 6 における貫通孔の周囲に形成された円形の凹部である。この軸受取り付け部 3 1 6 a には、軸受 3 2 1 が取り付けられる。そして、軸受 3 2 1 には、第 1 の回転軸 3 が固定されている。

【0120】

軸受取り付け部 3 1 6 b は、軸受取り付け部 3 1 6 a の周囲に形成された環状の凹部である。この軸受取り付け部 3 1 6 b には、軸受 3 2 2 が取り付けられる。そして、軸受 3 2 2 には、第 2 内歯車 6 が固定されている。

40

また、第 1 蓋部 3 1 6 の第 2 蓋部 3 1 7 に対向する面には、第 1 ステータ部 3 0 8 と、第 2 ステータ部 3 0 9 が固定されている。

【0121】

第 2 蓋部 3 1 7 は、適当な厚みを有する板状に形成されており、外装筒 3 1 4 の軸方向に略直交する 2 つの平面を有している。この第 2 蓋部 3 1 7 は、外装筒 3 1 4 の軸方向の他端部に接合されている。また、第 2 蓋部 3 1 7 には、第 2 の回転軸 3 0 4 が貫通する貫通孔と、軸受取り付け部 3 1 7 a が設けられている。

50

【 0 1 2 2 】

軸受取り付け部 3 1 7 a は、第 2 蓋部 3 1 7 の第 1 蓋部 3 1 6 に対向する面に設けられている。この軸受取り付け部 3 1 7 a は、第 2 蓋部 3 1 7 における貫通孔の周囲に形成された円形の凹部である。軸受取り付け部 3 1 7 a には、軸受 3 2 3 が取り付けられる。そして、軸受 3 2 3 には、第 2 の回転軸 3 0 4 が固定されている。

【 0 1 2 3 】

軸支持部 3 1 2 は、外装筒 3 1 4 の内部において第 1 蓋部 3 1 6 と第 2 蓋部 3 1 7 の中間よりも第 2 蓋部 3 1 7 側に配置されている。この軸支持部 3 1 2 は、適当な厚みを有する円板状に形成されており、第 1 蓋部 3 1 6 に対向する第 1 平面 3 1 2 a と、第 2 蓋部 3 1 7 に対向する第 2 平面 3 1 2 b とを有している。

10

【 0 1 2 4 】

軸支持部 3 1 2 の第 1 平面 1 2 a には、軸受用突部 3 1 2 c が設けられている。この軸受用突部 3 1 2 c には、軸受 3 2 4 が配置される凹部が設けられている。軸受 3 2 4 は、軸受用突部 3 1 2 c に固定されており、第 1 の回転軸 3 を回転可能に支持する。また、軸受用突部 3 1 2 c の外周部には、軸受 3 2 5 が固定されている。この軸受 3 2 5 は、第 2 内歯車 6 を回転可能に支持する。

【 0 1 2 5 】

軸支持部 3 1 2 の第 2 平面 3 1 2 b には、それぞれ凹部が設けられている。この凹部には、軸受 3 2 6 が配置されている。この軸受 3 2 6 は、軸支持部 3 1 2 に固定されており、第 2 の回転軸 3 0 4 を回転可能に支持する。

20

【 0 1 2 6 】

第 1 ステータ部 3 0 8 及び第 2 ステータ部 3 0 9 は、略円筒状に形成されている。ステータ部 3 0 8 の軸方向の一端部は、第 1 蓋部 3 1 6 の第 2 蓋部 3 1 7 に対向する面に接合されている。この第 1 ステータ部 3 0 8 は、第 1 内歯車 5 と第 2 内歯車 6 との間に配置されている。なお、第 1 ステータ部 3 0 8 は、第 1 の実施形態の第 1 磁性歯部 8 と、環状部材 6 2 から構成されている。

【 0 1 2 7 】

第 2 ステータ部 3 0 9 の軸方向の一端部は、第 1 蓋部 3 1 6 の第 2 蓋部 3 1 7 に対向する面に液密又は気密に接合されている。また、第 2 ステータ部 3 0 9 の他端部は、軸支持部 3 1 2 に嵌合され、軸支持部 3 1 2 と液密又は気密に接合されている。この第 2 ステータ部 3 0 9 は、第 2 内歯車 6 と外歯車 7 との間に配置されている。

30

【 0 1 2 8 】

軸支持部 3 1 2、第 2 ステータ部 3 0 9 は、ケース 3 0 2 の内部空間を第 1 収納室 3 1 8 と、第 2 収納室 3 1 9 に区画する。これら第 1 収納室 3 1 8 と第 2 収納室 3 1 9 は、互いに液密又は気密に遮断されている。

【 0 1 2 9 】

第 1 収納室 3 1 8 は、軸支持部 3 1 2、第 2 ステータ部 3 0 9 及び第 1 蓋部 3 1 6 に囲まれた空間であり、第 2 収納室 3 1 9 は、軸支持部 3 1 2、第 2 ステータ部 3 0 9、外装筒 3 1 4、第 1 蓋部 3 1 6 及び第 2 蓋部 3 1 7 に囲まれた空間である。第 1 収納室 3 1 8 には第 1 内歯車 5、第 2 内歯車 6 が配置され、第 2 収納室 3 1 9 には外歯車 3 0 7 が配置されている。そして、第 1 収納室 3 1 8 に配置された第 2 内歯車 6 と、第 2 収納室 3 1 9 に配置された外歯車 3 0 7 との間には、第 2 ステータ部 3 0 9 が介在されている。

40

【 0 1 3 0 】

ケース 3 0 2 の外装筒 3 1 4、第 1 蓋部 3 1 6、第 2 蓋部 3 1 7 及び軸支持部 3 1 2 は、防錆および磁束漏れを防止のため、腐食に強い非磁性材料によって形成することが望ましい。これら外装筒 3 1 4、第 1 蓋部 3 1 6、第 2 蓋部 3 1 7 及び軸支持部 3 1 2 の材料としては、例えば、オーステナイト系ステンレス、アルミニウム、銅等の金属、又は合成樹脂を挙げることができる。

【 0 1 3 1 】

[第 2 の回転軸]

50

次に、第2の回転軸304について説明する。

第2の回転軸304は、防錆および磁束漏れを防止のため、ケース302の外装筒314等と同様に、腐食に強い非磁性材料から形成することが望ましい。図14に示すように、第1の回転軸3の軸心及び第2の回転軸304の軸心は、第1蓋部316と第2蓋部317が対向する方向と平行であって、互いに一致している。

【0132】

第2の回転軸304は、第1軸部304aと、第1軸部304aの先端に設けられた円板部304bと、円板部304bの第1軸部304aと反対側に設けられた第2軸部304cから構成されている。第1軸部304aは、第2蓋部317を貫通しており、軸受323によって第2蓋部317に回転可能に取り付けられている。この第1軸部304aには、第2の回転軸304に連結する部材が挿入される嵌合穴304dが形成されている。

10

【0133】

第2の回転軸304の円板部304bには、外歯車307が連結されており、第2の回転軸304と外歯車307とが同軸に配設されている。また、第2軸部304cの軸心は、第1軸部304aの軸心と一致している。この第2軸部304cは、軸受326によって軸支持部312に回転可能に取り付けられている。

【0134】

軸受321, 322, 323, 324, 325及び326は、それぞれ転動体321a, 322a, 323a, 324a, 325a及び326aを有する転がり軸受(ボールベアリング)である。第1の回転軸3を回転可能に支持する軸受322, 324と、第2内歯車106を回転可能に支持する軸受321, 325は、潤滑剤を用いた金属製の軸受を適用することが好ましい。この金属製の軸受は、第1の回転軸3の高速回転に耐える強度を有する。

20

【0135】

一方、第2の回転軸304を回転可能に支持する軸受323, 326は、潤滑剤を使用しない樹脂製やセラミック製の軸受を適用することが好ましい。これにより、オイルミストの発生を防止して、第2の回転軸304及び外歯車307が配置される第2収納室319と、第2収納室319に連通する領域を清潔な空間にすることができる。

【0136】

[外歯車]

外歯車307は、第2の回転軸304の円板部304bに固定された外側筒331と、外側筒331の内周部に取り付けられた複数の第4磁石片152から構成されている。

30

【0137】

外側筒331は、円形の筒孔331aを有している。この外側筒331は、例えば、電磁鋼板、電磁軟鉄などの磁性材料からなる複数の板状部材を積層することにより形成されている。なお、磁性材料からなる複数の板状部材は、カシメ、溶接、接着剤などの固着方法により固着されて一体に形成されている。

【0138】

このように、磁性材料からなる複数の板状部材を積層して外側筒331を形成すると、重なり合う板状部材間の微細な間隙が抵抗になり、外側筒331の軸方向に流れる渦電流を遮断することができる。そのため、外側筒331は、磁性材料からなる複数の板状部材を積層して形成することが好ましい。なお、渦電流の遮断をより確実にするために、重なり合う板状部材間に電流絶縁材あるいは電流絶縁塗膜を介在させてもよい。

40

【0139】

複数の第4磁石片52は、第1の実施形態の磁気歯車装置1に適用したものと同一であり、磁化された方向が互いに反対である複数の第4磁石片52A, 52Bから構成されている。

【0140】

[第2ステータ部]

次に、第2ステータ部309について図16～図18を参照して説明する。

50

図 1 6 は、第 2 ステータ部 3 0 9 の斜視図である。図 1 7 は、図 1 6 に示す C - C 線に沿う断面図である。図 1 8 は、図 1 6 に示す D - D 線に沿う断面図である。

【 0 1 4 1 】

図 1 6 及び図 1 7 に示すように、第 2 ステータ部 3 0 9 は、円筒状に形成されている。この第 2 ステータ部 3 0 9 は、円筒体であるステータ本体 3 5 1 と、このステータ本体 3 5 1 の軸方向の一端部に連続する蓋側接合部 3 5 2 と、ステータ本体 3 5 1 の軸方向の他端部に連続する支持部側接合部 3 5 3 とを備えている。

【 0 1 4 2 】

ステータ本体 3 5 1 は、第 2 内歯車 6 の第 3 磁石片 4 3 A , 4 3 B と外歯車 7 の第 4 磁石片 5 2 A , 5 2 B との間に配置される。(図 1 4 参照)。このステータ本体 3 5 1 は、第 1 の回転軸 3 の周方向に沿って所定の間隔をあけて配置された複数の第 2 磁性歯部 3 5 5 と、複数の第 2 磁性歯部 3 5 5 の間を埋めた補強部 3 5 6 と、第 2 磁性歯部 3 5 5 の第 4 磁石片 5 2 A , 5 2 B に対向する面を覆う被覆部 3 5 7 とを有している。

10

【 0 1 4 3 】

複数の第 2 磁性歯部 3 5 5 は、ステータ本体 3 5 1 の軸方向に延びる略棒状に形成されている。つまり、複数の第 2 磁性歯部 3 5 5 は、第 1 の回転軸 3 及び第 2 の回転軸 3 0 4 と平行な方向に延びる棒状に形成されている。そして、各第 2 磁性歯部 3 5 5 は、ステータ本体 3 5 1 の軸方向(第 1 の回転軸 3 及び第 2 の回転軸 3 0 4 と平行な方向)に複数の磁性片 3 6 3 を積層することにより形成されている。この磁性片 3 6 3 の材料としては、例えば、電磁鋼板を挙げることができる。

20

【 0 1 4 4 】

図 1 8 に示すように、各第 2 磁性歯部 3 5 5 は、隣り合う第 2 磁性歯部 3 5 5 に対向する面に凹部 3 5 9 を有している。この凹部 3 5 9 は、第 2 磁性歯部 3 5 5 の長手方向(ステータ本体 5 1 の軸方向)に延びる溝状に形成されている。

【 0 1 4 5 】

補強部 3 5 6 及び被覆部 3 5 7 は、非磁性材料によって一体に形成されている。本実施の形態では、複数の磁性片 3 6 3 を積層することで第 2 磁性歯部 3 5 5 を形成しているため、複数の磁性片 3 6 3 間には、僅かな間隙が形成されている。そこで、第 2 磁性歯部 3 5 5 の第 4 磁石片 5 2 A , 5 2 B (図 1 参照)に対向する面を被覆部 3 5 7 で覆うことにより、ステータ本体 3 5 1 の内側の空間と外側の空間を遮断する。その結果、第 1 収納室 3 1 8 と第 2 収納室 3 1 9 (図 1 参照)は、互いに液密又は気密に区画される。

30

【 0 1 4 6 】

なお、第 2 磁性歯部 3 5 5 の第 2 内歯車 6 (第 3 磁石片 4 3 A , 4 3 B)に対向する面は、非磁性材料によって覆われずに露出されている。しかし、本発明に係るステータ部としては、磁性歯部の第 2 内歯車 6 に対向する面を非磁性材料によって覆ってもよい。

【 0 1 4 7 】

本実施の形態では、第 2 磁性歯部 3 5 5 に凹部 3 5 9 を形成している。そのため、第 2 磁性歯部 3 5 5 が第 2 ステータ部 3 0 9 の径方向にずれて補強部 3 5 6 から外れないようにすることができる。

【 0 1 4 8 】

図 1 7 に示すように、蓋側接合部 3 5 2 は、ステータ本体 3 5 1 と同軸の円筒状に形成されている。蓋側接合部 3 5 2 の外径及び内径は、ステータ本体 3 5 1 の外径及び内径と略等しく設定されている。この蓋側接合部 3 5 2 は、第 1 蓋部 3 1 6 と液密又は気密に接合されている(図 1 参照)。

40

【 0 1 4 9 】

支持部側接合部 3 5 3 は、蓋側接合部 3 5 2 と同様に、ステータ本体 3 5 1 と同軸の円筒状に形成されている。支持部側接合部 3 5 3 の外径及び内径は、ステータ本体 3 5 1 の外径及び内径と略等しく設定されている。この支持部側接合部 3 5 3 は、軸支持部 3 1 2 と液密又は気密に接合されている(図 1 参照)。

【 0 1 5 0 】

50

本実施の形態では、蓋側接合部 3 5 2 を第 1 蓋部 3 1 6 に接着剤を用いて接合し、支持部側接合部 3 5 3 を軸支持部 3 1 2 と一体成形している。なお、支持部側接合部 3 5 3 は、接着剤を用いて軸支持部 3 1 2 に接合してもよい。また、蓋側接合部 3 5 2 を第 1 蓋部 3 1 6 と一体成形してもよい。

【0151】

また、蓋側接合部 3 5 2 と第 1 蓋部 3 1 6 の接合及び支持部側接合部 3 5 3 と軸支持部 3 1 2 の接合は、接着剤を用いることに限定されず、両者を液密又は気密に接合するその他の方法を用いてもよい。その他の方法としては、例えば、一方に雄ねじ部を設け、他方に雌ねじ部を設けて両者をねじ結合する方法や、両者をテーパ嵌合させる方法を挙げることができる。

10

【0152】

蓋側接合部 3 5 2 及び支持部側接合部 3 5 3 は、ステータ本体 3 5 1 の補強部 3 5 6 及び被覆部 3 5 7 と同様に非磁性材料によって形成されており、補強部 3 5 6 及び被覆部 3 5 7 と共に第 2 磁性歯部 3 5 5 を固定する。これら蓋側接合部 3 5 2、支持部側接合部 3 5 3、補強部 3 5 6 及び被覆部 3 5 7 の材料としては、合成樹脂が好ましい。これにより、第 2 ステータ部 3 0 9 を樹脂と金属の一体成形で簡単に製造することができる。

【0153】

4. 発電装置の第 2 の実施形態の動作

本実施の形態の磁気歯車装置 3 1 0 では、第 1 の回転軸 3 の回転が第 1 内歯車 5 から第 2 内歯車 6 に非接触で伝達される。このとき、第 2 内歯車 6 の回転速度は、第 1 の回転軸 3 (第 1 内歯車 5) の回転速度に対して減速される。また、第 2 内歯車 6 の回転は、外歯車 3 0 7 に非接触で伝達され、外歯車 3 0 7 が固定された第 2 の回転軸 3 0 4 が回転する。このとき、第 2 の回転軸 3 0 4 の回転速度は、第 2 内歯車 6 に対して減速される。これにより、1 組の歯車ユニット (例えば、ハイスピードロータとロースピードロータ) を備える磁気歯車装置よりも、減速比を大きくすることができる。

20

【0154】

また、本実施の形態の磁気歯車装置 3 1 0 では、第 1 内歯車 5、第 2 内歯車 6 が配置される第 1 収納室 3 1 8 と、外歯車 3 0 7 が配置される第 2 収納室 3 1 9 とを遮断して区画するケース 3 0 2 を備えている。第 1 の回転軸 3 は、第 1 内歯車 5 の内側筒 4 1 に接続され、第 2 の回転軸 3 0 4 は、外歯車 3 0 7 の外側筒 3 3 1 に接続されている。そして、第 2 内歯車 6 の第 3 磁石片 4 3 A、4 3 B と外歯車 3 0 7 の第 4 磁石片 5 2 A、5 2 B は、ケース 3 0 2 の第 2 ステータ部 3 0 9 を介して対向している。

30

【0155】

これにより、第 1 内歯車 5、第 2 内歯車 6 及び第 1 の回転軸 3 が配置される側 (例えば、入力側) と、外歯車 3 0 7 及び第 2 の回転軸 3 0 4 が配置される側 (例えば、出力側) との間で気体や液体が出入りすることを防止することができる。したがって、環状パッキンを回転軸 3、3 0 4 に取り付けて入力側と出力側との間をシールする必要が無い。これにより、第 1 及び第 2 の回転軸 3、3 0 4 の回転損失を小さくすることができ、機械効率を向上させることができる。そして、外歯車 3 0 7、第 1 内歯車 1 0 5 及び第 2 内歯車 1 0 6 は非接触で回転を伝達するため、磨耗することが無い。したがって、磁気歯車装置 3 1 0 は、半永久的にメンテナンスを必要としない。

40

【0156】

また、第 1 収納室 3 1 8 と第 2 収納室 3 1 9 とを遮断するケース 3 0 2 は、固定される部材である (回転する部分では無い) ため、第 1 収納室 3 1 8 と第 2 収納室 3 1 9 との間の気密性或いは液密性を容易に高めることができる。

【0157】

5. 変形例

以上、本発明の磁気歯車装置の実施の形態について、その作用効果も含めて説明した。しかしながら、本発明の磁気歯車装置は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変形実施が可能である

50

。

【0158】

例えば、上述の第1及び第2の実施形態では、第1内側筒31の周方向に沿って1つ置きに配置された3つの第1磁石片32を1組とした。そして、各組の第1磁石片32における中央部を第1の回転軸3の径方向において所定の第1磁性歯部8の中央部に順番に一致させる構成とした。しかしながら、本発明の磁気歯車装置としては、第1磁石片の中央部を1つずつ順番に第1磁性歯部8の中央部に一致させる構成であってもよい。また、2つの第1磁石片を1組としてもよく、4つ以上の第1磁石片を1組としてもよい。

【0159】

また、上述の第1及び第2の実施形態では、第2内側筒41の周方向に沿って1つ置きに配置された3つの第3磁石片43を1組とした。そして、各組の第3磁石片43における中央部を第1の回転軸3の径方向において所定の第4磁石片52の中央部に順番に一致させる構成とした。しかしながら、本発明の磁気歯車装置としては、第3磁石片の中央部を1つずつ順番に第4磁石片52の中央部に一致させる構成であってもよい。また、2つの第3磁石片を1組としてもよく、4つ以上の第3磁石片を1組としてもよい。

10

【0160】

また、上述の第1の実施形態では、磁性片61を第1の回転軸3の軸方向に積層して第1磁性歯部8を形成し、磁性片65を第1の回転軸3の軸方向に積層して第2磁性歯部9を形成した。また、第2の実施形態では、磁性片363を第1の回転軸3の軸方向に積層して第2磁性歯部355を形成した。しかしながら、本発明に係る第1磁性歯部及び第2磁性歯部は、磁性片を積層して形成することに限定されるものではなく、1つの棒状部材から形成してもよい。

20

【0161】

また、上述の第1及び第2の実施形態では、第1内側筒31、第2内側筒41及び外側筒51、331を円筒状に形成した。しかしながら、本発明に係る外側筒は、第2内歯車が配置される円形の筒孔を有していればよく、外径は三角形や四角形などの多角形にしてもよい。また、本発明に係る第1内側筒は、円形の外周部を有していればよく、筒孔は三角形や四角形などの多角形であってもよい。

【0162】

また、上述の第1及び第2の実施形態では、第1磁石片32、第2磁石片42、第3磁石片43及び第4磁石片52をそれぞれ配置される筒の周方向に並べる構成とした。しかし、本発明に係る磁石片としては、磁束が集中する磁束収束部を有するものであってもよい。このような構成にすることにより、各歯車間に生じる磁気吸引力を増大させることができる。その結果、大きな伝達トルクを得ることができ、かつ、伝達効率を向上させることができる。

30

【0163】

また、上述の第1の実施形態では、第1内歯車5と、第2内歯車6と、外歯車7を備える構成とした。しかしながら、本発明の磁気歯車装置としては、複数の磁石片が取り付けられた4つ以上の歯車を第1の回転軸の径方向に重ね合わせる構成にしてもよい。

【0164】

つまり、本発明の磁気歯車装置は、第1の回転軸と、内歯車と、複数の中間歯車と、外歯車と、内側磁性歯部と、中間磁性歯部と、外側磁性歯部と、第2の回転軸とを備えていてもよい。

40

内歯車は、第1の回転軸に同軸に連結された内側筒と、内側筒の外周部に取り付けられた複数の磁石片とを有する。

複数の中間歯車は、内歯車が配置される筒孔を有する中間筒と、中間筒の内周部に取り付けられた複数の磁石片と、中間筒の外周部に取り付けられた複数の磁石片とを有し、第1の回転軸の径方向に間隙をあけて重ね合わされる。

外歯車は、複数の中間歯車が配置される筒孔を有する外側筒と、外側筒の内周部に取り付けられた複数の磁石片とを有する。

50

複数の内側磁性歯部は、内歯車と、複数の中間歯車のうちの最内周の中間歯車との間に配置される。

複数の中間磁性歯部は、複数の中間歯車間に配置される。

複数の外側磁性歯部は、複数の中間歯車のうちの最外周の中間歯車と、外歯車との間に配置される。

第2の回転軸には、複数の外側磁性歯部が固定される。

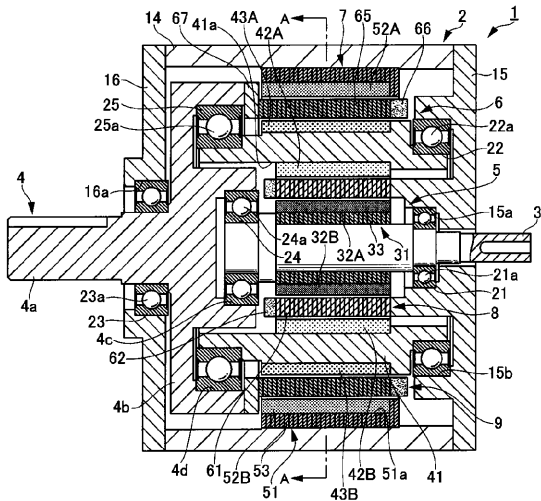
【符号の説明】

【0165】

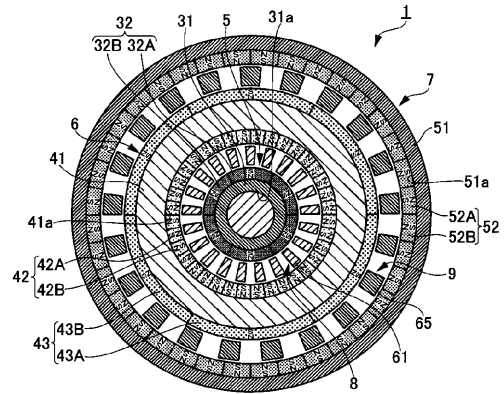
1 ... 磁気歯車装置、 2 ... ケース、 3 ... 第1の回転軸、 4 ... 第2の回転軸、 5 ... 第1内歯車、 6 ... 第2内歯車、 7 ... 外歯車、 8 ... 第1磁性歯部、 9 ... 第2磁性歯部、 10 ... 第3磁性歯部、 11 ... 外装筒、 12 ... 第1蓋部、 13 ... 第2蓋部、 14 ... 第1内側筒、 15 ... 筒孔、 16 ... 第1磁石片、 17 ... 第2内側筒、 18 ... 筒孔、 19 ... 第2磁石片、 20 ... 第3磁石片、 21 ... 外側筒、 22 ... 筒孔、 23 ... 第4磁石片、 24 ... 磁性片、 25 ... 環状部材、 26 ... ブラケット

10

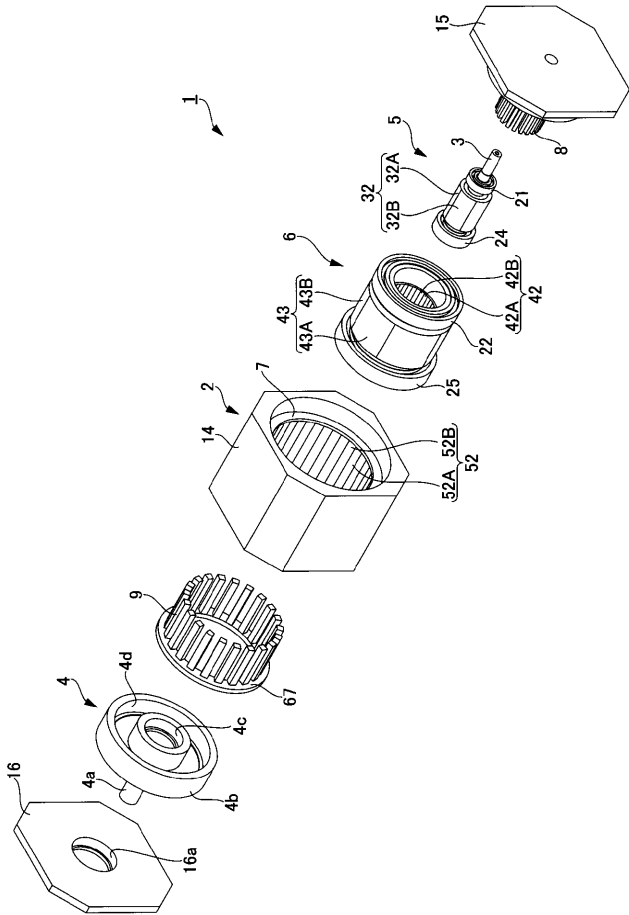
【図1】



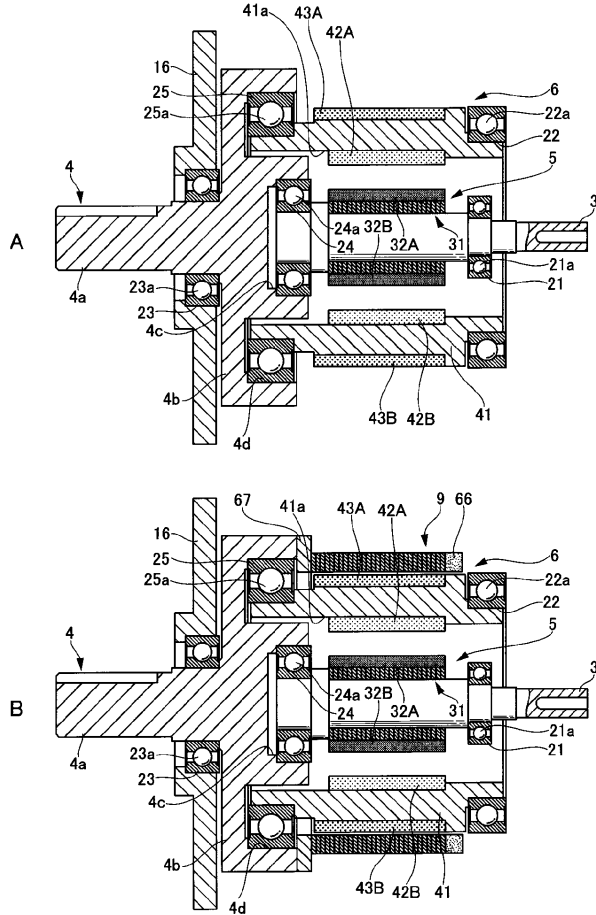
【図2】



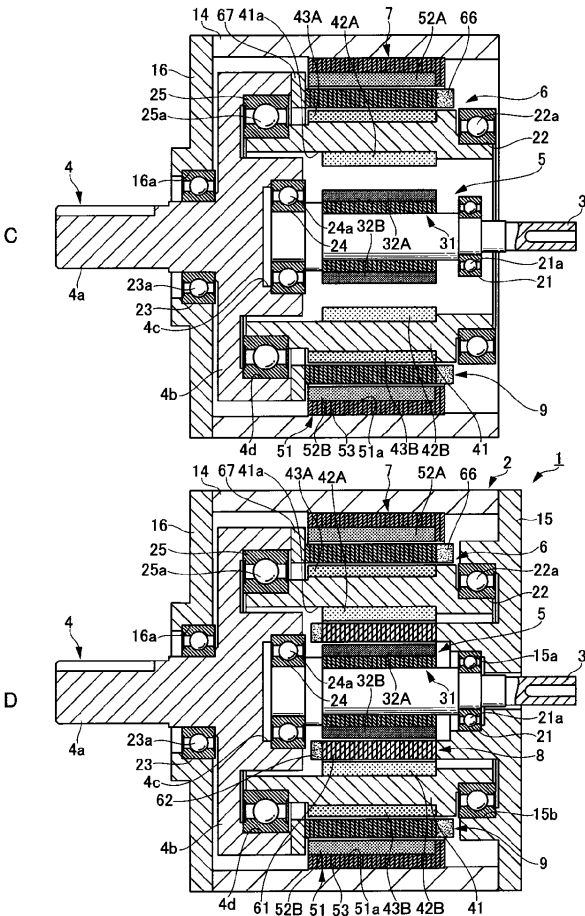
【 図 3 】



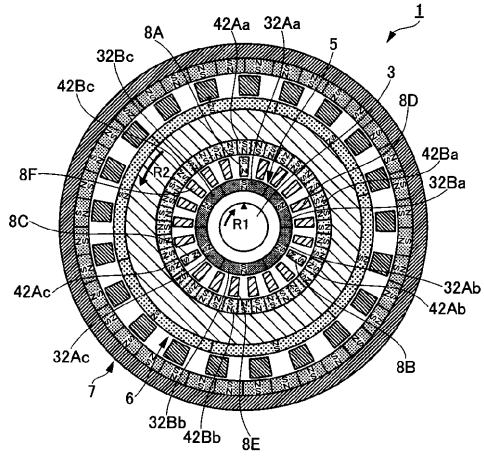
【 図 4 】



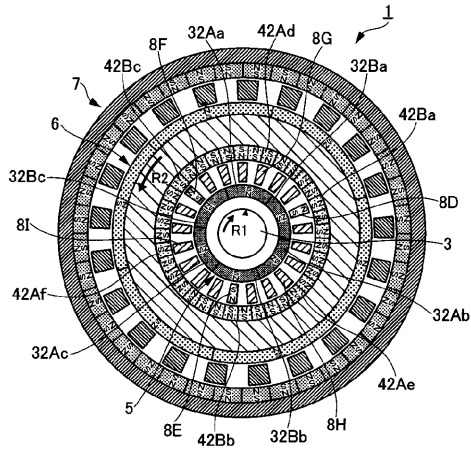
【 図 5 】



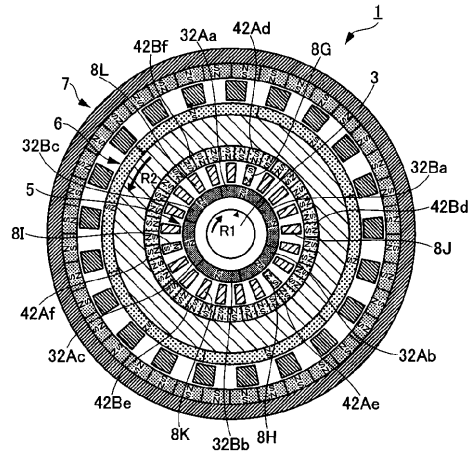
【 図 6 】



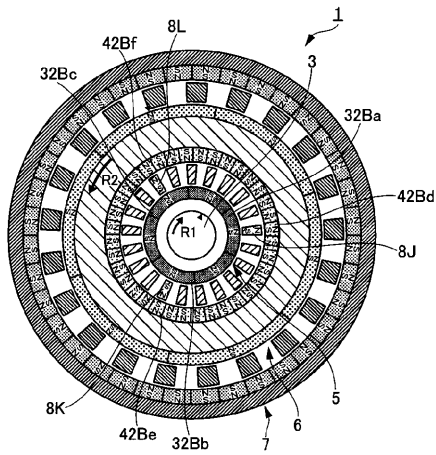
【 図 7 】



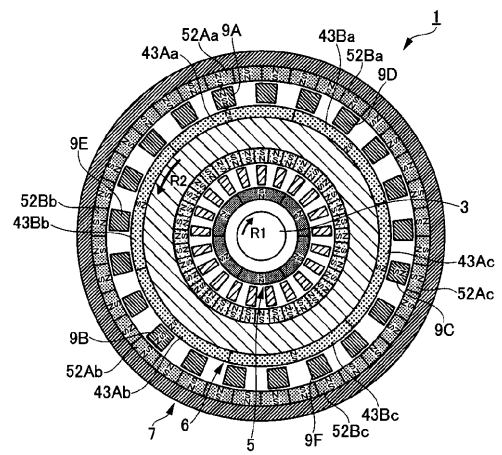
【 図 8 】



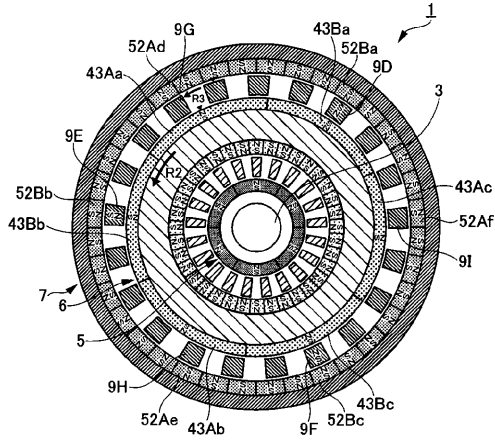
【 図 9 】



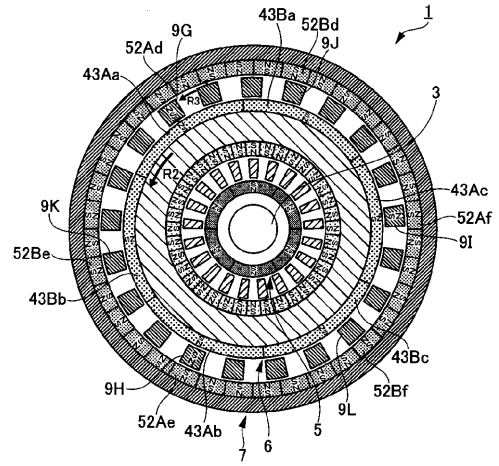
【 図 10 】



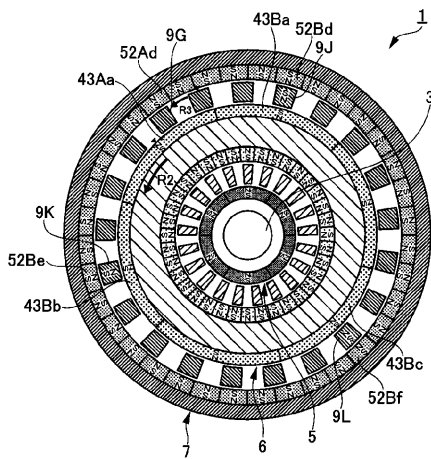
【 図 1 1 】



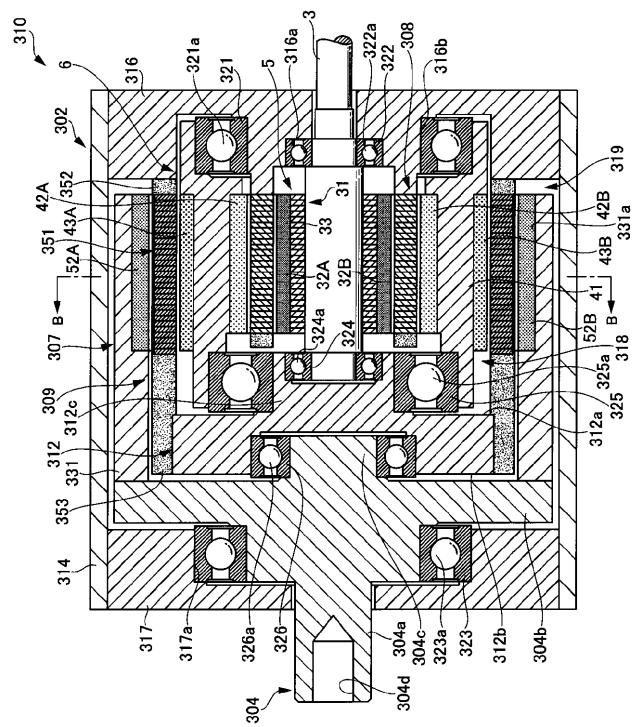
【 図 1 2 】



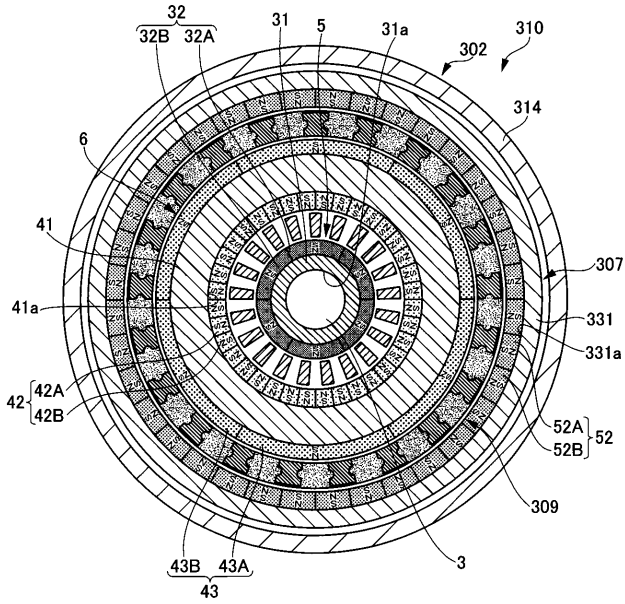
【 図 1 3 】



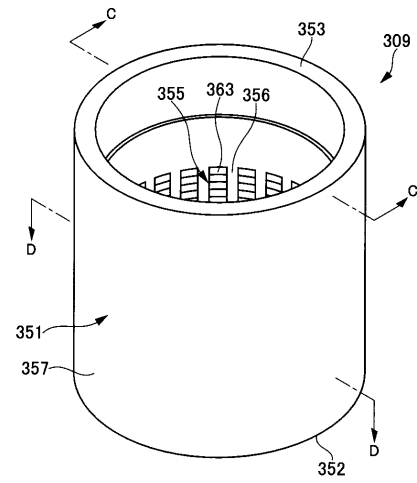
【 図 1 4 】



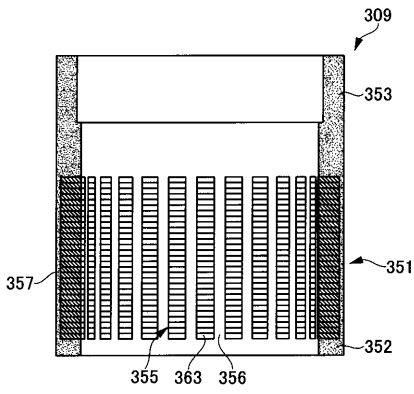
【 図 1 5 】



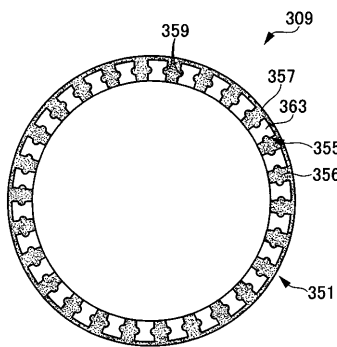
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 戸高 孝

大分県大分市東春日町17番20号 公益財団法人大分県産業創造機構内