

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6572914号
(P6572914)

(45) 発行日 令和1年9月11日(2019.9.11)

(24) 登録日 令和1年8月23日(2019.8.23)

(51) Int. Cl. F 1
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501C
H02K 1/22 (2006.01) H02K 1/27 501G
 H02K 1/22 A

請求項の数 5 (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-2784 (P2017-2784) (22) 出願日 平成29年1月11日(2017.1.11) (65) 公開番号 特開2018-113782 (P2018-113782A) (43) 公開日 平成30年7月19日(2018.7.19) 審査請求日 平成30年8月8日(2018.8.8)</p>	<p>(73) 特許権者 000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地 (74) 代理人 110001210 特許業務法人YKI国際特許事務所 (72) 発明者 佐野 新也 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 審査官 池田 貴俊</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機ロータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のコア用鋼板を積層することにより形成されたロータコアであって、軸方向に伸びる磁石孔が形成されたロータコアと、

前記磁石孔に挿入された磁石と、

前記ロータコアの軸方向端面に対向して配置され、第1鋼板により形成される第1エンドプレートと、前記第1エンドプレートの外側に積層され、第2鋼板により形成される第2エンドプレートと、を備え、

前記コア用鋼板、前記第1鋼板及び前記第2鋼板は、材料が同じであり、

前記第1エンドプレートには少なくとも1つの第1漏れ磁束抑制孔が形成され、かつ、前記第1エンドプレートは、前記磁石孔内の前記磁石の軸方向端面を覆い、

前記第2エンドプレートには少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔が形成され、

軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔は、前記磁石孔内の前記磁石と重畳し、

軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔のそれぞれの少なくとも一部は異なる位置に配置される、回転電機ロータ。

【請求項2】

請求項1に記載の回転電機ロータにおいて、

前記ロータコアにおいて、前記磁石孔の前記磁石との間隙の少なくとも一部に配置され軸方向に伸びる樹脂部を備え、

軸方向一方側から見た場合において、前記第 1 漏れ磁束抑制孔及び前記第 2 漏れ磁束抑制孔は、前記樹脂部と重畳し、

軸方向一方側から見た場合において、前記第 1 漏れ磁束抑制孔及び前記第 2 漏れ磁束抑制孔が前記樹脂部と重畳する部分で、前記第 1 漏れ磁束抑制孔及び前記第 2 漏れ磁束抑制孔のそれぞれの少なくとも一部は異なる位置に配置される、回転電機ロータ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の回転電機ロータにおいて、

前記少なくとも 1 つの第 1 漏れ磁束抑制孔は、前記第 1 エンドプレートに形成された複数の第 1 漏れ磁束抑制孔であり、

前記少なくとも 1 つの第 2 漏れ磁束抑制孔は、前記第 2 エンドプレートに形成された複数の第 2 漏れ磁束抑制孔であり、

軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第 1 漏れ磁束抑制孔及び前記複数の第 2 漏れ磁束抑制孔は、前記磁石と重畳する、回転電機ロータ。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の回転電機ロータにおいて、

前記ロータコアにおいて、前記磁石孔の前記磁石との間隙の少なくとも一部に配置され軸方向に伸びる樹脂部を備え、

前記第 1 エンドプレートには、複数の第 3 漏れ磁束抑制孔が形成され、

前記第 2 エンドプレートには、複数の第 4 漏れ磁束抑制孔が形成され、

軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第 3 漏れ磁束抑制孔及び前記複数の第 4 漏れ磁束抑制孔は、前記樹脂部と重畳し、

軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第 3 漏れ磁束抑制孔のそれぞれは、前記複数の第 4 漏れ磁束抑制孔のそれぞれに対し少なくとも一部が異なる位置に配置される、回転電機ロータ。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 に記載の回転電機ロータにおいて、

前記第 1 鋼板及び前記第 2 鋼板は同じ形状であり、

前記第 1 エンドプレート及び前記第 2 エンドプレートは、互いに周方向の位相を異ならせるか、または表裏方向を逆にした状態で積層される、回転電機ロータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロータコアと、ロータコアの磁石孔に挿入された磁石と、エンドプレートとを備える回転電機ロータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から回転電機を構成する回転電機ロータにおいて、ロータコアの磁石孔に磁石を挿入しロータコアに磁石を固定した構成が知られている。

【0003】

特許文献 1 には、複数の電磁鋼板を積層することによりロータコアを形成し、そのロータコアの複数位置に形成した軸方向の孔（磁石孔）に永久磁石である磁石を挿入した構成が記載されている。上記の構成では、ロータコアの軸方向両端にエンドプレートを配置している。エンドプレートは、ロータコアからの磁石の軸方向への飛び出しを防止する機能を有する。エンドプレートは、アルミニウム、アルミ合金等の非磁性材料から形成される。特許文献 1 には、エンドプレートを非磁性材料から形成することにより、磁石の軸方向端部における磁束の漏れを有効に抑制できることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 55775 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載された構成のように、エンドプレートに非磁性材料を用いる場合には、製造コストが上昇しやすい。一方、エンドプレートとして、ロータコアを構成する鋼板と同じ材料の鋼板により形成することにより、製造コストの上昇を抑制することが考えられる。しかしながら、単純にこのような鋼板でエンドプレートを形成する場合には、磁石から出た磁束がステータに向かわずにエンドプレート側に漏れ出る現象である磁束漏れを生じやすい。この磁束漏れが生じると、磁石から出た磁束がエンドプレートを介して短絡する磁束短絡が発生する可能性がある。磁束漏れ及び磁束短絡が発生することは、回転電機10のトルクに寄与する磁束が減少し、かつ、損失が増大する原因となるので望ましくない。エンドプレートに磁石を対向させない構成では磁束漏れが発生しにくくなるが、その場合にはロータコアの孔内からの磁石の飛び出しを抑制できない。

【0006】

本発明の回転電機ロータは、製造コストを抑制し、かつ、磁石の磁束漏れを抑制するとともに磁石の飛び出し防止性能を高くすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の回転電機ロータは、複数のコア用鋼板を積層することにより形成されたロータコアであって、軸方向に伸びる磁石孔が形成されたロータコアと、前記磁石孔に挿入された磁石と、前記ロータコアの軸方向端面に対向して配置され、第1鋼板により形成される第1エンドプレートと、前記第1エンドプレートの外側に積層され、第2鋼板により形成される第2エンドプレートと、を備え、前記コア用鋼板、前記第1鋼板及び前記第2鋼板は、材料が同じであり、前記第1エンドプレートには少なくとも1つの第1漏れ磁束抑制孔が形成され、かつ、前記第1エンドプレートは、前記磁石孔内の前記磁石の軸方向端面を覆い、前記第2エンドプレートには少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔が形成され、軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔は、前記磁石孔内の前記磁石の軸方向端面と重畳し、軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔のそれぞれの少なくとも一部は異なる位置に配置される、回転電機ロータである。

【0008】

本発明によれば、第1エンドプレート及び第2エンドプレートが、ロータコアの鋼板と同じ材料の鋼板で形成されるので、製造コストの上昇を抑制できる。また、第1エンドプレートで磁石の軸方向端面を覆い、かつ、第1エンドプレートの第1漏れ磁束抑制孔で磁石の磁束漏れを抑制できる。また、第2エンドプレートを第1エンドプレートの外側に積層し、軸方向一方側から見た場合に第1漏れ磁束抑制孔及び第2漏れ磁束抑制孔のそれぞれの少なくとも一部は異なる位置に配置されるので、第1漏れ磁束抑制孔の少なくとも一部が塞がれ、かつ、第2漏れ磁束抑制孔により第2エンドプレートでの磁石の磁束漏れを抑制できる。また、磁石の飛び出し防止性能を高くできる。したがって、製造コストを抑制し、かつ、磁石の磁束漏れを抑制するとともに磁石の飛び出し防止性能を高くすることができる。

【0009】

本発明の回転電機ロータにおいて、好ましくは、前記ロータコアにおいて、前記磁石孔の前記磁石との間隙の少なくとも一部に配置され軸方向に伸びる樹脂部を備え、軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔は、前記樹脂部と重畳し、軸方向一方側から見た場合において、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔が前記樹脂部と重畳する部分で、前記第1漏れ磁束抑制孔及び前記第2漏れ磁束抑制孔のそれぞれの少なくとも一部は異なる位置に配置される。

【0010】

この好ましい構成によれば、第1エンドプレート及び第2エンドプレートのうち、樹脂部に対向する部分を流れる漏れ磁束の抑制と、樹脂部の割れによる樹脂の飛び出しの抑制とを両立できる。

【0011】

本発明の回転電機ロータにおいて、好ましくは、前記少なくとも1つの第1漏れ磁束抑制孔は、前記第1エンドプレートに形成された複数の第1漏れ磁束抑制孔であり、前記少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔は、前記第2エンドプレートに形成された複数の第2漏れ磁束抑制孔であり、軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第1漏れ磁束抑制孔及び前記複数の第2漏れ磁束抑制孔は、前記磁石と重畳する。

【0012】

この好ましい構成によれば、各エンドプレートの単位面積に占める漏れ磁束抑制孔の割合を大きくし、かつ、それぞれの漏れ磁束抑制孔を小さくすることにより、漏れ磁束抑制孔の総数を多くすることができる。これにより、漏れ磁束の抑制と、磁石の飛び出し抑制とをより高度に両立できる。

【0013】

本発明の回転電機ロータにおいて、好ましくは、前記ロータコアにおいて、前記磁石孔の前記磁石との間隙の少なくとも一部に配置され軸方向に伸びる樹脂部を備え、前記第1エンドプレートには、複数の第3漏れ磁束抑制孔が形成され、前記第2エンドプレートには、複数の第4漏れ磁束抑制孔が形成され、軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第3漏れ磁束抑制孔及び前記複数の第4漏れ磁束抑制孔は、前記樹脂部と重畳し、軸方向一方側から見た場合において、前記複数の第3漏れ磁束抑制孔のそれぞれは、前記複数の第4漏れ磁束抑制孔のそれぞれに対し少なくとも一部が異なる位置に配置される。

【0014】

この好ましい構成によれば、各エンドプレートのうち、樹脂部に対向する部分における単位面積に占める漏れ磁束抑制孔の割合を大きくし、かつ、それぞれの漏れ磁束抑制孔を小さくすることにより、漏れ磁束抑制孔の総数を多くすることができる。これにより、エンドプレートのうち、樹脂部に対向する部分を流れる漏れ磁束の抑制と、樹脂部の割れによる樹脂の飛び出しの抑制とを両立できる。

【0015】

本発明の回転電機ロータにおいて、好ましくは、前記第1鋼板及び前記第2鋼板は同じ形状であり、前記第1エンドプレート及び前記第2エンドプレートは、互いに周方向の位相を異ならせるか、または表裏方向を逆にした状態で積層される。

【0016】

この好ましい構成によれば、第1エンドプレートの第1鋼板及び第2エンドプレートの第2鋼板として同じ形状のものを用いることができるので、エンドプレートの製造コストをより低減できる。

【発明の効果】

【0017】

本発明の回転電機ロータによれば、製造コストを抑制し、かつ、磁石の磁束漏れを抑制するとともに磁石の飛び出し防止性能を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明に係る実施形態の回転電機ロータを含む回転電機の半部断面図(a)と、(a)のA部拡大図(b)である。

【図2】図1の回転電機ロータから2枚のエンドプレートを取り外してロータコア及び複数の磁石の一部を軸方向一方側から見た図である。

【図3】図1の回転電機ロータを構成する第1エンドプレートの一部を軸方向一方側から見た図である。

【図4】図1の回転電機ロータの一部を軸方向一方側から見た透視図である。

【図5】本発明に係る実施形態の回転電機ロータにおいて、磁束漏れを抑制できることを

10

20

30

40

50

説明するための図4のB-B断面図である。

【図6】回転電機ロータの比較例において、磁束漏れが発生することを説明するための図4のB-B断面に対応する図である。

【図7】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。

【図8】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における図7とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。

【図9A】本発明に係る実施形態の別例の回転電機ロータにおいて、図7と周方向の位相が一致する部分を軸方向一方側から見た図である。

【図9B】本発明に係る実施形態の別例の回転電機ロータにおいて、図8と周方向の位相が一致する部分を軸方向一方側から見た図である。

【図10】本発明に係る実施形態の別例の回転電機ロータの一部を軸方向一方側から見た図であって、図9Aに対応する図である。

【図11】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。

【図12】図11のC部拡大図である。

【図13】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における図11とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。

【図14】本発明に係る実施形態の別例の回転電機ロータの一部を軸方向一方側から見た図(a)と、(a)のD部拡大図(b)である。

【図15】一般的な電磁鋼板のB-H特性と、実施形態においてピン孔間隔を所定範囲に制限したときの孔間磁束経路における電磁鋼板のB-H特性とを示す図である。

【図16】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。

【図17】本発明に係る実施形態の別例において、回転電機ロータから第2エンドプレートを取り外して、周方向における一部を軸方向一方側から見た透視図(a)と、(a)のE部拡大図(b)である。

【図18】本発明に係る実施形態の別例において、第1エンドプレートの周方向における図17とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。

【図19】本発明に係る実施形態の別例の回転電機ロータの一部を軸方向一方側から見た透視図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を用いて本発明の実施形態を説明する。以下で説明する形状、材料、及び個数は、説明のための例示であって、回転電機ロータの仕様に応じて適宜変更することができる。以下ではすべての図面において同等の要素には同一の符号を付して説明する。また、本文中の説明においては、必要に応じてそれ以前に述べた符号を用いるものとする。

【0020】

図1(a)は、実施形態の回転電機ロータ10を含む回転電機100の半部断面図であり、図1(b)は図1(a)のA部拡大図である。図2は、回転電機ロータ10から2枚のエンドプレート30、40を取り外してロータコア12及び複数の磁石16の一部を軸方向一方側から見た図である。以下では、回転電機ロータ10は、ロータ10と記載する場合がある。

【0021】

ロータ10は、回転電機100を形成するために用いられる。図1を用いて回転電機100を説明する。回転電機100は、3相交流電流で駆動する永久磁石型同期電動機である。例えば、回転電機100は、ハイブリッド車両を駆動するモータとして、または、発電機として、または、その両方の機能を有するモータジェネレータとして用いられる。

【0022】

回転電機100は、ステータ110と、ステータ110の半径方向内側に配置された口

10

20

30

40

50

ータ10と、回転軸115とを備える。ステータ110は、略筒状のステータコア111と、ステータコア111の内周面から突出する複数のティース112に巻回されたステータコイル114とを含んで構成される。ステータ110は、ケース(図示せず)の内側に固定される。

【0023】

ロータ10は、円筒状の部材であり、使用時には、回転軸115がロータ10の内側に挿入されて固定される。ロータ10は、使用時にケースの内側に配置される。ケースの内側では、ロータ10は、ステータ110の半径方向内側に対向して配置される。この状態で、回転軸115の両端部は、軸受(図示せず)によってケースに対し回転可能に支持される。ロータ10の外周面とステータ110の内周面との間には、半径方向の隙間が形成される。これによって、回転電機が形成される。以下の説明では、「半径方向」は、ロータ10の半径方向である放射方向をいい、「周方向」はロータ10の中心軸を中心とした円形に沿う方向をいう。「軸方向」は、ロータ10の中心軸に沿う方向をいう。

【0024】

ロータ10は、ロータコア12と、ロータコア12の周方向複数位置に埋め込まれた永久磁石である磁石16と、軸方向両側でそれぞれ2枚のエンドプレートである第1エンドプレート30及び第2エンドプレート40とを含んでいる。具体的には、ロータコア12は、磁性材である複数の円板状のコア用鋼板13を軸方向に積層することにより形成される。ロータコア12の中心部には軸孔12aが形成され、軸孔12aの周囲であってロータ10の外周に近い領域には複数の磁石孔14が形成される。軸孔12aの内側には回転軸115が固定される。複数の磁石孔14は、ロータコア12の周方向複数位置において軸方向に伸びるように形成される。磁石孔14には磁石16が挿入されて固定される。そして、ロータコア12の両側に第1エンドプレート30及び第2エンドプレート40を積層して配置し、内側の第1エンドプレート30を磁石16と磁石16の固定のための樹脂部18a、18b(図2)とに対向させる。これにより、磁石16及び樹脂部18a、18bの軸方向への飛び出しを抑制できる。また、第1エンドプレート30のうち、磁石16と対向する部分には、後述の第1スリット32,33(図3)が形成される。さらに、第1エンドプレート30の外側に第2エンドプレート40を積層し、第2エンドプレート40に後述の第2スリット42,43(図4)が形成される。ロータコア12を軸方向一方側から見た場合に第1スリット32及び第2スリット42と、第1スリット33及び第2スリット43とは、それぞれで全部が異なる位置に配置される。これにより、エンドプレート30に非磁性材料を用いる必要がなく、磁石16の磁束漏れを抑制するとともに磁石16の飛び出し防止性能を高くすることができる。これについては後で詳しく説明する。

【0025】

ロータコア12を構成するコア用鋼板13は、円盤形状であり、例えばケイ素電磁鋼板である。コア用鋼板13は、例えば厚みが0.5mm以下の薄板の鋼板素材を環状に打ち抜いて形成される。コア用鋼板13では、その打ち抜きによって中心部の軸孔要素13aと、その周囲の複数の磁石孔要素13bとが形成される。

【0026】

複数のコア用鋼板13の軸孔要素13aが軸方向に接続されることにより、ロータコア12の軸孔12aが形成される。複数のコア用鋼板13の複数の磁石孔要素13bが軸方向に接続されることにより、ロータコア12において、軸方向に伸びる複数の磁石孔14が形成される。

【0027】

図2に示すように、ロータコア12の複数の磁石孔14は、2つを1組として、各組の磁石孔14は2つが組み合わされて半径方向外側(図2の上側)に向かって開くV字形に形成される。各磁石孔14には磁石16が挿入される。磁石16は、軸方向一方側から見た形状が長方形であり、軸方向に長尺な直方体形状である。また、磁石孔14の周方向中間部における軸方向に長尺な直方体形状の空間は、磁石が挿入される磁石挿入部分である

10

20

30

40

50

。磁石孔 1 4 において、磁石 1 6 との間隙の少なくとも一部には軸方向に伸びた樹脂部 1 8 a、1 8 b が配置される。具体的には、磁石孔 1 4 の磁石挿入部分に磁石 1 6 が挿入された直後において、磁石孔 1 4 の両端には空隙が形成される。そして、これらの空隙に磁石固定材である樹脂が溶融した状態で注入されて固化されることによって、軸方向に伸びた樹脂部 1 8 a、1 8 b が配置される。これらの樹脂部 1 8 a、1 8 b によって、ロータコア 1 2 に対し磁石 1 6 が固定される。図 2 では、樹脂部 1 8 a、1 8 b を砂地で示している。

【 0 0 2 8 】

磁石 1 6 の磁化方向は外周側面及び内周側面に対し直交する方向である。磁石孔 2 0 の空隙に注入された樹脂は、例えば加熱されることにより、磁石孔 2 0 内に磁石 1 6 が固定される。このとき、ロータコア 1 2 が加熱装置（図示せず）で加熱される。溶融状態の樹脂は加熱硬化された後、常温まで冷却されることにより上記の樹脂部 1 8 a、1 8 b を形成する。

10

【 0 0 2 9 】

複数の磁石 1 6 は、隣り合う 2 つの磁石 1 6 を 1 組として、1 組の磁石 1 6 で 1 つの磁極 1 7 を形成する。具体的には、1 組の 2 つの磁石 1 6 は、複数の磁石孔 1 4 の配置にしたがって、ロータコア 1 2 の半径方向外側に向かって間隔が広がるように略 V 字形に対向した状態で配置される。これにより、1 つの磁極 1 7 が構成される。ロータ 1 0 において、図 2 に示す部分では、右側の 2 つの磁石 1 6 からなる磁極 1 7 では、外周側面が N 極であるように磁石 1 6 が磁化されており、左側の 2 つの磁石 1 6 からなる磁極 1 7 では、外周側面が S 極であるように磁石 1 6 が磁化されている。

20

【 0 0 3 0 】

また、ロータコア 1 2 は、1 組の磁石 1 6 に対応して、1 つの中間ブリッジ B 1 と、2 つの外周ブリッジ B 2 とが形成される。中間ブリッジ B 1 は、1 組の磁石 1 6 に対応して、2 つの磁石孔 1 4 の互いに対向する周方向端部の間に形成された幅小磁束通路である。2 つの外周ブリッジ B 2 は、1 組の磁石 1 6 に対応して、2 つの磁石孔 1 4 のそれぞれの半径方向外側端部とロータコア 1 2 の外周面との間に形成された幅小磁束通路である。

【 0 0 3 1 】

図 1 に戻って、ロータコア 1 2 の軸方向両端面にはそれぞれ第 1 エンドプレート 3 0 及び第 2 エンドプレート 4 0 が積層されて、2 つずつのエンドプレート 3 0、4 0 によってロータコア 1 2 が挟まれる。エンドプレート 3 0、4 0 は、回転軸 1 1 5 に締め代を持って嵌合することにより固定するか、またはロータコア 1 2 に積層した状態で軸方向にかしめ治具でエンドプレートの軸方向端面を押圧してかしめ部を形成することによりロータコアに固定することができる。また、ロータコア 1 2 の軸方向両端面には第 1 エンドプレート 3 0 が対向して配置され、その外側に第 2 エンドプレート 4 0 が積層される。

30

【 0 0 3 2 】

図 3 は、第 1 エンドプレート 3 0 の一部を軸方向一方側から見た図である。図 4 は、ロータ 1 0 の一部を軸方向一方側から見た透視図である。

【 0 0 3 3 】

図 3 を用いて第 1 エンドプレート 3 0 を説明する。第 1 エンドプレート 3 0 は、磁性材製の部材である。具体的には、第 1 エンドプレート 3 0 は、円盤状の第 1 鋼板 3 1 により形成される。第 1 鋼板 3 1 の中心部には、回転軸 1 1 5 を挿通するための軸孔 3 1 a が形成される。第 1 鋼板 3 1 は、ロータコア 1 2 を構成するコア用鋼板 1 3 と材料が同じで、かつ厚みが同じである。これにより後述のようにロータ 1 0 の製造コストを低減できる。

40

【 0 0 3 4 】

また、第 1 エンドプレート 3 0 において、磁石 1 6 に対向する部分には、少なくとも 1 つの第 1 漏れ磁束抑制孔が形成される。実施形態では、第 1 エンドプレート 3 0 には少なくとも 1 つの第 1 漏れ磁束抑制孔として、磁石 1 6 毎に 1 つの細長の断面矩形の孔である第 1 スリット 3 2、3 3 が、磁石 1 6 とその磁石 1 6 の両端部に位置する樹脂部 1 8 a、1 8 b とに対向する部分に形成される。

50

【0035】

第1スリット32, 33は、第1エンドプレート30において、同じ組の磁石16で半径方向の同じ側に対向する部分に、磁石16の長手方向に沿うように形成される。これにより、1組の磁石16に対向する2つの第1スリット32, 33を1組として、各組の2つの第1スリット32, 33は、磁石16の配置に応じてV字形に形成される。また、周方向に隣り合う組の第1スリット32, 33は、磁石16の半径方向において異なる側に対向する位置に形成される。図3では、右側の組の第1スリット32は、磁石16の半径方向内側に対向する部分に形成され、左側の組の第1スリット33は、磁石16の半径方向外側に対向する部分に形成される。各第1スリット32, 33は、孔加工用のパンチ(図示せず)を用いて軸方向に打ち抜く打ち抜き加工により形成される。

10

【0036】

また、第1エンドプレート30は、第1スリット32, 33が形成されない部分によって、磁石16の軸方向端面及び樹脂部18a, 18bの軸方向端面を覆っている。例えば、第1スリット32が磁石16の半径方向内側に対向する位置に形成された部分では、第1エンドプレート30において第1スリット32に対し半径方向外側にずれた部分によって、磁石16の軸方向端面及び樹脂部18a, 18bの軸方向端面が覆われる。

【0037】

また、第1スリット33が磁石16の半径方向外側に対向する位置に形成された部分では、第1エンドプレート30において第1スリット33に対し半径方向内側にずれた部分によって、磁石16の軸方向端面及び樹脂部18a, 18bの軸方向端面が覆われる。なお、以下では樹脂部18a, 18bは総称して樹脂部18と記載する場合がある。

20

【0038】

図4に示すように、第2エンドプレート40は、磁性材製の部材である。具体的には、第2エンドプレート40は、円盤状の第2鋼板41により形成される。第2鋼板41は、ロータコア12を構成するコア用鋼板13及び第1エンドプレート30の第1鋼板31と材料が同じで、かつ厚みが同じである。これにより後述のようにロータ10の製造コストを低減できる。第2鋼板41の中心部には、回転軸115を挿通するための軸孔41aが形成される。

【0039】

第2エンドプレート40において、第1エンドプレート30及びロータコア12に積層した状態で、軸方向一方側から見て磁石16に重畳する位置には、少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔が形成される。実施形態では、第2エンドプレート40には、少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔として、磁石16毎に1つの細長の断面矩形の孔である第2スリット42, 43が、磁石16とその磁石16の両端部に位置する樹脂部18とに対向する部分に形成される。図4では、第2エンドプレート40に形成され外側に見える第2スリット42, 43を太線の矩形で示し、第1エンドプレート30に形成され第2エンドプレート40で隠れた内側の第1スリット32, 33を細線の矩形で示している。

30

【0040】

本実施形態では、第1エンドプレート30を形成する第1鋼板31、及び、第2エンドプレート40を形成する第2鋼板41は同じ形状である。具体的には、第2エンドプレート40は、第1エンドプレート30と外形が同じであり、かつ、スリット42, 43の形状及び形成位置も、第1エンドプレート30のスリット32, 33と同じである。そして、2枚のエンドプレート30, 40を積層した状態で、第2スリット42, 43が第1スリット32, 33に対し磁石16の半径方向において異なる側に形成されるように各エンドプレート30, 40の周方向の位相を互いに異ならせる。これにより、図4のように第1エンドプレート及び第2エンドプレート40を積層した状態で、磁石16の各組に対向する位置に、磁石16の半径方向において異なる側にスリット32, 33, 42, 43が形成される。この状態で、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43の周方向中間部は、磁石孔14内の磁石16と重畳する。また、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32,

40

50

33及び第2スリット42, 43の全部が異なる位置に配置される。また、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43の周方向両端部は、磁石孔14内の樹脂部18a、18bと重畳する。また、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43が樹脂部18と重畳する部分で、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43の全部が異なる位置に配置される。

【0041】

上記のロータ10によれば、磁性材製の第1エンドプレート30が磁石孔14内の磁石16に対向して第1スリット32, 33が形成される。これにより、第1エンドプレート30の第1スリット32, 33内に磁気抵抗が大きい空間部分が形成されることにより、
10 エンドプレート30に磁束が流れにくくなる。このため、磁石16から第1エンドプレート30に漏れ出る磁束漏れと、第1エンドプレート30を介した磁石16の磁束短絡とを抑制できる。また、第1エンドプレート30は、磁石16の軸方向端面を覆っている。これにより、エンドプレート30に非磁性材料を用いる必要がなく、かつ、磁石16の磁束漏れの抑制と、磁石16の飛び出し抑制とを両立させることができる。

【0042】

また、第2エンドプレート40を第1エンドプレート30の外側に積層し、軸方向一方側から見た場合に、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43の全部は異なる位置に配置される。これにより、第1スリット32, 33が第2エンドプレート40で塞がれるので、磁石16の露出を抑制できる。さらに、これにより磁石16の飛び出し防止性能を高くできる。また、各エンドプレート30, 40に、ロータコアを構成するコア用鋼板13と同じ材料の第1鋼板31、第2鋼板41を用いているので、製造コストの上昇を抑制できる。また、各エンドプレート30, 40に、コア用鋼板13と同じ材料の第1鋼板31、第2鋼板41を用いているので、製造コストの上昇をさらに抑制できる。また、第1鋼板31及び第2鋼板41は同じ形状を用い、周方向の位相を異ならせて積層するので、製造コストの上昇をさらに抑制できる。したがって、製造コストを抑制し、かつ、磁石16の磁束漏れ及び磁束短絡を抑制するとともに磁石16の飛び出し防止性能を高くすることができる。磁束漏れ及び磁束短絡を抑制できるので、磁石16から出た多くの磁束をステータに向けて流すことができる。これにより、回転電機100でのトルク低下及び損失増加を抑制できる。
20
30

【0043】

また、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43は樹脂部18と重畳する。また、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43が樹脂部18と重畳する部分で、第1スリット32, 33及び第2スリット42, 43の全部が異なる位置に配置される。これにより、第1エンドプレート30及び第2エンドプレート40のうち、樹脂部18に対向する部分を流れる漏れ磁束の抑制と、樹脂部18の割れによる樹脂の飛び出しの抑制とを両立できる。

【0044】

樹脂部18にエンドプレート30が対向しない場合には、樹脂部18に万が一、樹脂割れが生じた場合にその一部の樹脂が外部に飛び出す可能性がある。実施形態では、樹脂割れが生じた場合でも樹脂の飛び出しを抑制できる。
40

【0045】

図5は、実施形態のロータ10において、磁束漏れを抑制できることを説明するための図4のB-B断面図である。実施形態のロータ10では、軸方向(図5の左右方向)一方側から見た場合に、第1エンドプレート30の第1スリット32と、第2エンドプレート40の第2スリット42とが異なる位置に配置される。これにより、図5に矢印で示すように、磁石16のN極から出た磁束の一部が第1エンドプレート30側に漏れ出る傾向となった場合でも、第1スリット32の存在により、半径方向外側から半径方向内側に向かう漏れ磁束を抑制できる。このため、磁石16の磁束について第1エンドプレート30
50

を介した磁束短絡を抑制できる。

【0046】

一方、図6は、比較例のロータ10aにおいて、磁束漏れが発生することを説明するための図4のB-B断面に対応する図である。図6の比較例では、第1スリット32が形成された第1エンドプレート30の外側に、第2エンドプレート40aが積層されている。第2エンドプレート40aには、中心部に回転軸115を挿通するための軸孔(図示せず)が形成されているだけであり、第2スリット42(図5)を含めて軸方向に貫通する他の貫通孔は形成されていない。このような比較例において、図6に矢印で示すように、磁石16のN極から出た磁束の一部が第1エンドプレート30側に漏れ出る傾向となった場合を考える。この場合には、第1エンドプレート30の第1スリット32より半径方向外側で、漏れ出た磁束が、軸方向外側の第2エンドプレート40を介し第1スリット32を迂回して第1エンドプレート30の半径方向内側に向かう。これにより、磁石の磁束について第1エンドプレートを介した磁束短絡の抑制効果が低くなる。実施形態ではこのような不都合を防止できる。

10

【0047】

なお、上記の実施形態では、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1エンドプレート30の第1スリット32, 33と、第2エンドプレート40の第2スリット42, 43との全部が異なる位置に配置される。一方、ロータ10を軸方向一方側から見た場合において、第1スリットと第2スリットとの一部のみが異なる位置に配置される構成としてもよい。この構成では、第1スリット及び第2スリットの残りの部分が軸方向に重畳されるので、磁石16の一部がその重畳部分を通じて外部に露出した状態となる。一方、この構成では、ロータの軸方向一方側から見て第1スリット及び第2スリットの全部が一致する場合に比べて、磁石の露出を抑制できる。これにより、この構成によっても磁石の飛び出し防止性能を高くできる。

20

【0048】

また、上記の実施形態において、ロータ10を軸方向一方側から見た場合に、各エンドプレート30, 40にスリットを、磁石16及び樹脂部18のうち、磁石16のみに重畳する部分に形成することもできる。この場合にはエンドプレートの樹脂部18に対向する部分に流れる磁束漏れの抑制効果が低くなるが、樹脂部18の飛び出しを抑制する効果を高くできる。

30

【0049】

図7は、実施形態の別例において、第1エンドプレート30の周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。図8は、実施形態の別例において、第1エンドプレート30の周方向における図7とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。図9Aは、実施形態の別例のロータ10bにおいて、図7と周方向の位相が一致する部分を軸方向一方側から見た図である。図9Bは、別例のロータ10bにおいて、図8と周方向の位相が一致する部分を軸方向一方側から見た図である。

【0050】

本例の構成では、図7に示すように、第1エンドプレート30には、軸方向一方側から見た場合に磁石16及びその両側の樹脂部18と重畳する部分に、複数の第1スリット32a、32b、33a、33bが形成される。第1スリット32a、32a、33a、33bは、同じ組の2つの磁石16において半径方向の異なる側に対向する部分に、磁石16の長手方向に沿うように形成される。第1エンドプレート30のうち、図7に示す周方向一部では、1組のスリット32a、32bについて、図7の右側の第1スリット32aは、磁石16の半径方向外側に対向する部分に形成される。図7の左側の第1スリット32bは、磁石16の半径方向内側に対向する部分に形成される。

40

【0051】

一方、図8に示すように、周方向における図7とは異なる位置であって、図7の1組のスリット32a、32bと周方向に隣り合う組のスリット33a、33bのうち、図8の右側の第1スリット33aは、磁石16の半径方向内側に対向する部分に形成される。図

50

8の左側の第1スリット33bは、磁石16の半径方向外側に対向する部分に形成される。

【0052】

これにより、1組の磁石16に対向する2つの第1スリット32a、32b、33a、33bを1組として、各組の2つの第1スリット32a、32b、33a、33bは、磁石16の配置に応じてV字形に形成される。第1エンドプレート30において、2つの第1スリット32a、32bの組と、2つの第1スリット33a、33bの組とは、周方向に交互に配置される。

【0053】

また、第1エンドプレート30の外側には第2エンドプレート40が積層される。図9A、図9Bに示すように、第2エンドプレート40には、軸方向一方側から見た場合に磁石16及びその両側の樹脂部18と重畳する部分に、複数の第2スリット42a、42b、43a、43bが形成される。図9A、図9Bでは、太線の矩形により第2スリット42a、42b、43a、43bを示し、細線の矩形により第1スリット32a、32b、33a、33bを示している。第2スリット42a、42b、43a、43bは、同じ組の磁石16で半径方向の異なる側に対向する部分に、磁石16の長手方向に沿うように形成される。図9Aは、第2エンドプレート40において、第1エンドプレート30の図7に示す周方向一部と位相が一致する部分を示している。図9Bは、第2エンドプレート40において、第1エンドプレート30の図8に示す周方向一部と位相が一致する部分を示している。第2エンドプレート40のうち、図9Aに示す周方向一部では、図9Aの右側の第2スリット42aが磁石16の半径方向内側に対向する部分に形成される。また、図9Aの左側の第2スリット42bが、磁石16の半径方向外側に対向する部分に形成される。

【0054】

また、第2エンドプレート40のうち、図9Bに示す周方向一部では、図9Bの右側の第2スリット43aが磁石16の半径方向外側に対向する部分に形成される。また、図9Bの左側の第2スリット43bが、磁石16の半径方向内側に対向する部分に形成される。

【0055】

また、ロータ10bを軸方向一方側から見た場合に、第1エンドプレート30の第1スリット32a、32b、33a、33b及び第2エンドプレート40の第2スリット42a、42b、43a、43bは磁石及び樹脂部に対向する部分で全部が一致しない。一方、図9A、図9Bの例では、中間ブリッジB1等、磁石16及び樹脂部18とは異なるロータコアの一部に対向する部分で、軸方向一方側から見た場合に第1スリット及び第2スリットの一部が重畳する。この部分で第1スリット及び第2スリットの重畳部があっても磁石及び樹脂部の飛び出し抑制には影響がない。しかもその重畳部によって磁束漏れをさらに抑制できる。

【0056】

また、本例の構成では、第1エンドプレート30を形成する第1鋼板31、及び、第2エンドプレート40を形成する第2鋼板41は同じ形状である。このため、第2エンドプレート40は、第1エンドプレート30と外形が同じであり、かつ、第2スリット42a、42b、43a、43bの形状及び形成位置も、第1エンドプレート30の第1スリット32a、32b、33a、33bと同じである。そして、2枚のエンドプレート30、40を積層した状態で、第2スリットが第1スリットに対し磁石16の半径方向において異なる側に形成されるように各エンドプレート30、40の周方向の位相を互いに異ならせる。

【0057】

上記の構成の場合も、図1から図5の構成と同様の効果を得られる。その他の構成及び作用は、図1から図5の構成と同様である。

【0058】

10

20

30

40

50

図10は、実施形態の別例のロータ10cの一部を軸方向一方側から見た図であって、図9Aに対応する図である。本例の構成では、図7から図9Bの構成において、ロータ10cを軸方向一方側から見た場合に、磁石16毎に対応して、第1エンドプレート30の第1スリット32a、32bと第2エンドプレート40の第2スリット42a、42bとの一部を重畳させている。図10では、斜格子部により、第1スリットと第2スリットとが重畳する部分を示している。したがって、この斜格子部で、磁石16が外部に露出している。このような構成では、磁石16の一部が外部に露出した状態となるが、軸方向一方側から見て第1スリット及び第2スリットの全部が一致する構成の場合に比べて、磁石16の露出を抑制できる。また、この場合には、磁束漏れ及び磁束短絡をさらに抑制できる。その他の構成及び作用は、図7から図9Bの構成と同様である。

10

【0059】

図11は、実施形態の別例において、第1エンドプレート30の周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。図12は、図11のC部拡大図である。図13は、実施形態の別例において、第1エンドプレート30の周方向における図11とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。図14(a)は、実施形態の別例のロータ10dの一部を軸方向一方側から見た図であり、図14(b)は図14(a)のD部拡大図である。

【0060】

本例の構成では、各エンドプレート30、40にスリットは形成されない。その代わりに、本例では、第1エンドプレート30において、磁石16に対向する部分には、少なくとも1つの第1漏れ磁束抑制孔として、複数の第1ピン孔36が、磁石16に対向する部分に形成される。また、第2エンドプレート40において、磁石16に対向する部分には、少なくとも1つの第2漏れ磁束抑制孔として、複数の第1ピン孔46(図14)が、磁石16に対向する部分に形成される。

20

【0061】

具体的には、図11、図13に示すように、第1エンドプレート30の周方向複数位置には、第1V字形孔群34a及び第2V字形孔群34bが形成される。図11に示す第1V字形孔群34aは、ロータコア12のV字形の磁石孔14(図2)の配置位置に沿うように、2つのピン孔群35a、35bがV字形に配置されることにより形成される。図13に示す第2V字形孔群34bは、ロータコア12のV字形の磁石孔14の配置位置に沿うように、2つのピン孔群35c、35dがV字形に配置されることにより形成される。以下では、ピン孔群35a、35b、35c、35dは総称してピン孔群35と記載する場合がある。各ピン孔群35は、長方形領域に複数の微小な円形孔であるピン孔が整列することにより形成される。具体的には、各ピン孔群35は、複数の第1ピン孔36、複数の第2ピン孔37、及び複数の第3ピン孔38を含む。複数の第1ピン孔36は、ピン孔群35の長手方向中間部であって、第1エンドプレート30において磁石16に対向する部分に形成される。複数の第2ピン孔37は、ピン孔群35の長手方向端部であって、第1エンドプレート30において樹脂部18a、18bの少なくとも1つに対向する部分に形成される。複数の第3ピン孔38は、ピン孔群35の長手方向端部であって、第1エンドプレート30において、磁石16及び樹脂部18a、18bのいずれにも対向しない部分に形成される。実施形態では、第1ピン孔36が第1漏れ磁束抑制孔に相当し、第2ピン孔37が第3漏れ磁束抑制孔に相当する。

30

40

【0062】

ピン孔群35を構成する複数のピン孔36、37、38は、ピン孔群35の長手方向と、長手方向に対し直交する幅方向とに複数ずつが略等間隔で整列した状態で配置される。各ピン孔36、37、38は、第1エンドプレート30を軸方向に貫通し、すべてのピン孔36、37、38で同じ直径を有する。これにより、エンドプレート30の各ピン孔36、37、38を形成した部分が、網目状となっている。各ピン孔36、37、38は、エンドプレート30の複数位置を、複数の孔加工用パンチ(図示せず)で軸方向に打ち抜くことにより形成される。

【0063】

50

第1エンドプレート30において、第1V字形孔群34a及び第2V字形孔群34bは、周方向に交互に配置される。隣り合うV字形孔群34a、34bの間では、V字形孔群34a、34bの各ピン孔36、37、38における磁石孔14の長手方向についての位置が異なっている。図11の第1V字形孔群34aでは、図13の第2V字形孔群34bに比べて、磁石孔14に対し周方向一方側である長手方向一方側(図11、図13の左側)に、ピン孔の間隔の略半ピッチ分ずれている。

【0064】

また、第1エンドプレート30は、各ピン孔36、37、38が形成されない部分によって、磁石16の軸方向端面及び樹脂部18a、18bの軸方向端面を覆っている。

【0065】

図12に示すように、ピン孔群35において、隣り合うピン孔36、37、38の間には孔間磁束経路39が形成される。孔間磁束経路39は、使用時に磁石16から第1エンドプレート30側に漏れ出た漏れ磁束が通過する可能性がある経路である。

【0066】

図14に示す第2エンドプレート40にも、第1エンドプレート30と同様に、周方向複数位置には、第1V字形孔群34c及び第2V字形孔群(図示せず)が形成され、周方向において第1V字形孔群34c及び第2V字形孔群が交互に配置される。図14は、第2エンドプレート40において、第1エンドプレートの図11に示す周方向一部と周方向の位相が一致する部分を示している。第2エンドプレート40の第1V字形孔群34cは、複数の第1ピン孔46、複数の第2ピン孔47、及び複数の第3ピン孔48を含む。第1ピン孔46は、第2漏れ磁束抑制孔に相当し、第2ピン孔47は第4漏れ磁束抑制孔に相当する。図14(a)では、各ピン孔46、47、48を黒丸で示している。図14(b)では、各ピン孔46、47、48は、斜格子を付した丸で示している。

【0067】

本例の構成では、第1エンドプレート30を形成する第1鋼板31、及び、第2エンドプレート40を形成する第2鋼板41は同じ形状であり、ピン孔の形状及び形成位置も、第1鋼板31及び第2鋼板41で同じである。第2エンドプレート40において、図14に示す第1V字形孔群34cの磁石孔14に対する配置位置は、第1エンドプレート30において図13に示す第2V字形孔群34bと同じである。第2エンドプレート40において、第2V字形孔群(図示せず)の磁石孔に対する配置位置は、第1エンドプレート30において図11に示す第1V字形孔群34aと同じである。

【0068】

そして、2枚のエンドプレート30、40を積層した状態で、互いの第1V字形孔群34a、34c及び互いの第2V字形孔群34bがそれぞれ周方向の位置が一致するように、各エンドプレート30、40の周方向の位相を互いに異ならせる。この状態で、ロータを軸方向一方側から見た場合に、V字形孔群34a、34b、34cのピン孔の形成位置が第1エンドプレート30と第2エンドプレート40とでずれる。また、ロータを軸方向一方側から見た場合において、第1エンドプレート30及び第2エンドプレート40の複数の第1ピン孔36、46は磁石16と重畳する。また、ロータを軸方向一方側から見た場合において、第1エンドプレート30の各第1ピン孔36は、第2エンドプレート40の各第1ピン孔46に対し少なくとも一部が異なる位置に配置される。

【0069】

さらに、ロータを軸方向一方側から見た場合において、各エンドプレート30、40の複数の第2ピン孔37、47は樹脂部18と重畳する。また、ロータを軸方向一方側から見た場合において、第1エンドプレート30の各第2ピン孔37は、第2エンドプレート40の各第2ピン孔47に対し少なくとも一部が異なる位置に配置される。

【0070】

上記の構成の場合には、第1エンドプレート30に磁石16に対向して第1ピン孔36が形成されるので、第1エンドプレート30の第1ピン孔36内に磁気抵抗が大きい空間部分が形成されることにより、第1エンドプレート30に磁束が流れにくくなる。これに

10

20

30

40

50

より、磁束漏れと磁束短絡とを抑制できる。また、第1エンドプレート30に非磁性材料を用いる必要がなく、かつ、磁石16の磁束漏れの抑制と、磁石16及び樹脂の飛び出し抑制とを両立させることができる。

【0071】

また、第1エンドプレート30において磁石16に対向する部分には、複数の第1ピン孔36が形成される。これにより、第1エンドプレート30の単位面積に占める第1ピン孔36の割合を大きくし、かつ、それぞれの第1ピン孔36を小さくすることにより、第1ピン孔36の総数を多くすることができる。このため、磁石対向部分に形成される空間部分を多くすることによる磁束漏れの抑制と、磁石16の飛び出し抑制とをより高度に両立できる。また、各第1ピン孔36は円形孔であるので、第1ピン孔36それぞれの大きさを小さくしやすい。

10

【0072】

さらに、第1エンドプレート30において樹脂部18に対向する部分には、複数の第2ピン孔37が形成される。これにより、第1エンドプレート30の単位面積に占める第2ピン孔37の割合を大きくし、それぞれの第2ピン孔37を小さくすることにより、第2ピン孔37の総数を多くすることができる。このため、第1エンドプレート30のうち、樹脂部18に対向する部分を流れる漏れ磁束の抑制と、樹脂部18の割れによる樹脂の飛び出しの抑制とを両立できる。

【0073】

なお、上記では、各ピン孔36, 37, 38, 46, 47, 48を円形の孔とした場合を説明したが、各ピン孔は、矩形等の非円形の孔としてもよい。

20

【0074】

また、実施形態では各エンドプレート30, 40の複数のピン孔36, 37, 38, 46, 47, 48について、孔間磁束経路39の幅に相当するピン孔間隔 d (図12)を小さくすることができる。これにより、磁束漏れを抑制し、かつ、ステータ110(図1)を介さずに孔間磁束経路39を通過して短絡する磁束短絡を抑制できる。好ましくは、ピン孔間隔 d は、所定範囲である、エンドプレート30を構成する第1鋼板31の厚みの2~6倍の範囲に制限することが好ましい。ピン孔間隔 d を第1鋼板31の厚みの6倍以下に制限することにより、ピン孔36, 37, 38を打ち抜き加工によって形成する場合において、孔間磁束経路39におけるエンドプレート30の磁気特性を大きく低下させることができる。これにより、孔間磁束経路39に漏れ磁束が通過しにくくなるので、磁束短絡の抑制効果を高くできる。

30

【0075】

図15は、一般的な電磁鋼板の磁場 H と磁束密度 B との関係を表す $B-H$ 特性と、実施形態においてピン孔間隔 d を上記の所定範囲に制限したときの孔間磁束経路39における電磁鋼板である第1鋼板31の $B-H$ 特性とを示す図である。図15に示すように、 $B-H$ 特性は、磁場 H と、その磁場 H によって磁化される鋼板の磁束密度 B との関係で表される。一般的な電磁鋼板の $B-H$ 特性に比べて、ピン孔間隔 d を所定範囲に制限したときの実施形態における $B-H$ 特性では、特に磁場の小さい領域で、磁場 H の増大に対し磁束密度 B の増大が緩やかであり、透磁率が低い。これによりピン孔間隔 d を所定範囲に制限することにより、磁束短絡の抑制効果を高くできることが分かる。

40

【0076】

また、上記のピン孔間隔 d を第1鋼板31の厚みの2倍以上とすることにより、各ピン孔36, 37, 38の形状精度を十分に高くできる。上記では第1エンドプレート30を形成する第1鋼板31について説明したが、第2エンドプレート40を形成する第2鋼板41の場合も同様である。

【0077】

図16は、実施形態の別例において、第1エンドプレート30の周方向における一部を軸方向一方側から見た図である。本例の構成では、図11から図14に示した構成に比べて、第1エンドプレート30に形成された第1V字形孔群34dの各第1ピン孔36aの

50

最大内側長さである直径を大きくしている。そして、各第2ピン孔37aの最大内側長さである直径を、各第1ピン孔36aの直径より小さくしている。図16の構成では、第3ピン孔38(図11参照)を省略しているが、第3ピン孔を形成してもよい。

【0078】

また、第1エンドプレート30において、ピン孔群35e、35fの磁石孔についての長手方向L1に隣り合う第1ピン孔36aの間隔は、ピン孔群35e、35fの長手方向L1に隣り合う第2ピン孔37aの間隔より大きい。

【0079】

また、複数の第1ピン孔36aは、いわゆる千鳥状に配置される。具体的には、複数の第1ピン孔36aは、磁石16の軸方向端面に対向し、その軸方向端面の形状に沿った長方形領域(図16に斜格子で示す部分)において、長手方向L1に直線上に並んで、1つのピン孔組C1、C2、C3を形成する。そして、複数のピン孔組C1、C2、C3が長手方向L1に対し直交する方向に複数列に分かれて配置される。各ピン孔組C1、C2、C3では、複数の第1ピン孔36aがほぼ等間隔で配置される。また、複数のピン孔組C1、C2、C3は、互いに隣り合うピン孔組C1、C2、C3の間で第1ピン孔36aの長手方向L1に沿う位置がずれている。例えば、複数のピン孔組C1、C2、C3は、隣り合うピン孔組C1、C2、C3の間で、第1ピン孔36aの長手方向L1に沿う位置が略半ピッチ分ずれている。これにより複数の第1ピン孔36aが千鳥状に配置される。

【0080】

また、ピン孔群35e、35fの外径側端部に位置する複数の第2ピン孔37aも、複数のピン孔組C1、C2、C3の方向に沿った複数のピン孔組D1、D2、D3に並んで配置される。また、隣り合うピン孔組D1、D2、D3の間で、第2ピン孔37aの長手方向L1に沿う位置がずれている。

【0081】

図16では、第1エンドプレート30の周方向一部の第1V字形孔群34dを示しているが、第1V字形孔群34dと交互に形成される第2V字形孔群(図示せず)は、各ピン孔の位置が磁石孔の長手方向一方側にずれる。第2V字形孔群において、それ以外のピン孔の形状及び配置は、図16の第1V字形孔群34dと同様である。

【0082】

また、図示を省略する第2エンドプレートにも第1エンドプレート30と同様に第1V字形孔群及び第2V字形孔群が形成される。第1エンドプレート30を形成する第1鋼板31、及び、第2エンドプレートを形成する第2鋼板は同じ形状であり、ピン孔の形状及び形成位置も、第1鋼板31及び第2鋼板で同じである。第2エンドプレートにおいて、第1V字形孔群の磁石孔に対する配置位置は、第1エンドプレート30の第2V字形孔群と同じである。第2エンドプレートにおいて、第2V字形孔群の磁石孔に対する配置位置は、第1エンドプレート30の第1V字形孔群34dと同じである。2枚のエンドプレート30を積層した状態で、互いの第1V字形孔群34d及び互いの第2V字形孔群がそれぞれ周方向の位置が一致するように、各エンドプレート30、40の周方向の位相を互いに異ならせる。

【0083】

上記の構成によれば、樹脂部18の割れによる樹脂の飛び出しの抑制を図れるとともに、第1ピン孔36aの孔加工用パンチの数を抑制し、かつ、磁束漏れを抑制できる。一方、本例の構成と異なり各エンドプレート30が樹脂部18に対向しない構成では、樹脂割れが生じた場合に、樹脂の小片が磁石孔14から飛び出す可能性がある。このため、第1エンドプレート30の樹脂部18に対向する部分には、できるだけ小さい第2ピン孔37aを形成することが、樹脂の飛び出し抑制の面から好ましい。一方、磁石16が割れて飛び出す可能性は、樹脂部18の場合に比べてかなり低い。これにより、磁石16の飛び出し抑制を図る面からは、磁石16に対向する第1ピン孔36aは、磁石16の軸方向端面の形状より小さくすることを前提に、比較的大きくできる。また、第1ピン孔36aを比較的大きくできるので、磁束漏れを抑制するために必要な単位面積当たりの第1ピン孔3

10

20

30

40

50

6 a が占める割合を確保しながら、第 1 ピン孔 3 6 a の孔加工用パンチの総数を抑制できる。これにより、各エンドプレート 3 0 の加工コストを低減しやすい。

【 0 0 8 4 】

また、第 1 エンドプレート 3 0 において、ピン孔群 3 5 e、3 5 f の磁石孔についての長手方向 L 1 に隣り合う第 1 ピン孔 3 6 a の間隔が、ピン孔群 3 5 e、3 5 f の磁石孔についての長手方向に隣り合う第 2 ピン孔 3 7 a の間隔より大きい。これにより、第 1 エンドプレート 3 0 のうち、磁石 1 6 に押される可能性がある、磁石 1 6 に対向する部分で強度を高くできるとともに、高い強度を必要としない樹脂部 1 8 に対向する部分で磁束漏れの抑制効果を高くできる。その他の構成及び作用は、図 1 1 から図 1 5 の構成と同様である。なお、エンドプレート 3 0 において、ピン孔群 3 5 e、3 5 f の長手方向 L 1 に対し直交する方向に隣り合う第 1 ピン孔 3 6 a の間隔を、ピン孔群 3 5 e、3 5 f の長手方向 L 1 に対し直交する方向に隣り合う第 2 ピン孔 3 7 a の間隔より大きくしてもよい。また、図 1 6 の構成において、各第 2 ピン孔 3 7 a の直径を各第 1 ピン孔 3 6 a の直径より小さくする構成と、第 1 ピン孔 3 6 a の間隔を第 2 ピン孔 3 7 a の間隔より大きくする構成とのうち、一方の構成のみを備えるようにすることもできる。

10

【 0 0 8 5 】

また、図 1 6 の構成では、複数の第 1 ピン孔 3 6 a が千鳥状に配置される。これにより、隣り合うピン孔組 C 1、C 2、C 3 間での第 1 ピン孔 3 6 a の間隔をより小さくできる。このため、第 1 ピン孔 3 6 a のピン孔間隔を第 1 鋼板 3 1 の厚みの 2 ~ 6 倍の範囲に制限しやすい。したがって、第 1 ピン孔 3 6 a を打ち抜き加工で形成した場合に、第 1 ピン孔 3 6 a 間の磁気特性を低下させやすい。さらに、図 1 6 に矢印で示すように第 1 エンドプレート 3 0 において、複数の第 1 ピン孔 3 6 a の間を通る漏れ磁束の経路が、複数の曲げ部で曲げられた非直線状の経路になる。これにより、第 1 エンドプレート 3 0 において、複数の第 1 ピン孔 3 6 a の間を通る漏れ磁束の経路長を大きくできる。このため、第 1 エンドプレート 3 0 を介した磁束短絡の発生をより抑制できるので、回転電機のトルク低下及び損失増大をより抑制できる。

20

【 0 0 8 6 】

さらに、ピン孔群 3 5 e、3 5 f の外径側端部に位置する複数の第 2 ピン孔 3 7 a も千鳥状に配置されるので、第 1 ピン孔 3 6 a の場合と同様に、隣り合う第 2 ピン孔 3 7 a の間隔をより小さくできる。このため、第 2 ピン孔 3 7 a 間の磁気特性を低下させやすくなり、かつ、漏れ磁束の経路長を大きくできるので、エンドプレート 3 0 を介した磁束短絡の発生をさらに抑制できる。その他の構成及び作用は、図 1 1 から図 1 5 に示した構成と同様である。なお、本例の構成において、第 1 ピン孔及び第 2 ピン孔の大きさ及び間隔をそれぞれ同じとすることもできる。

30

【 0 0 8 7 】

図 1 7 (a) は、実施形態の別例において、ロータから第 2 エンドプレート 4 0 を取り外して、周方向における一部を軸方向一方側から見た透視図であり、図 1 7 (b) は図 1 7 (a) の E 部拡大図である。図 1 8 は、実施形態の別例において、第 1 エンドプレート 3 0 の周方向における図 1 7 とは異なる部分を軸方向一方側から見た図である。図 1 9 は、実施形態の別例のロータ 1 0 e の一部を軸方向一方側から見た透視図である。

40

【 0 0 8 8 】

本例の構成では、上記の各例の構成とは異なり、図 1 7、図 1 8 に示す第 1 エンドプレート 3 0 には、複数の第 1 漏れ磁束抑制孔として、複数の細長の孔である第 1 スリット 5 0 が形成される。また、図 1 9 に示す第 2 エンドプレート 4 0 には、複数の第 2 漏れ磁束抑制孔として、複数の第 2 スリット 6 0 が形成される。具体的には、第 1 エンドプレート 3 0 には、周方向複数位置に第 1 V 字形孔群 5 1 及び第 2 V 字形孔群 5 3 が形成される。第 1 V 字形孔群 5 1 及び第 2 V 字形孔群 5 3 は、第 1 エンドプレート 3 0 の周方向に交互に配置される。図 1 7 は、第 1 エンドプレート 3 0 の第 1 V 字形孔群 5 1 を示し、図 1 8 は、第 1 エンドプレート 3 0 の第 2 V 字形孔群 5 3 を示している。各 V 字形孔群 5 1、5 3 では、ロータコア 1 2 (図 2) の V 字形の磁石孔 1 4 の配置位置に沿って、2 つのスリ

50

ット群 5 2 , 5 4 が V 字形に配置される。それぞれのスリット群 5 2 , 5 4 は、複数の第 1 スリット 5 0 を含み、それぞれの第 1 スリット 5 0 は、第 1 エンドプレート 3 0 において磁石 1 6 に対向する部分に形成される。

【 0 0 8 9 】

各スリット群 5 2 , 5 4 において、複数のスリット 5 0 は、長手方向 L 2 に直線上に並んで 1 つのスリット組 E 1、E 2 . . . E 6 を形成する。複数のスリット組 E 1、E 2 . . . E 6 が長手方向 L 2 に対し直交する方向に複数列に分かれて配置され、互いに隣り合うスリット組 E 1、E 2 . . . E 6 におけるスリット 5 0 の長手方向の位置がずれている。これにより、それぞれのスリット組 E 1、E 2 . . . E 6 において長手方向 L 2 に隣り合うスリット 5 0 間に形成される磁束通路 T が、隣り合うスリット組 E 1、E 2 . . . E 6 間でスリット 5 0 が位置する直線と平行な方向において異なる位置に配置される。長手方向 L 2 に沿うスリット 5 0 の間の磁束通路 T の間隔は、略同じである。また、複数のスリット 5 0 のうち、一部のスリット 5 0 は、エンドプレート 3 0 において、樹脂部 1 8 に対向する部分にも配置される。各スリット 5 0 は、孔加工用のパンチを用いた打ち抜き加工により形成できる。

10

【 0 0 9 0 】

また、図 1 7 に示す第 1 V 字形孔群 5 1 と図 1 8 に示す第 2 V 字形孔群 5 3 とでは、各スリット群における長手方向 L 2 に沿うスリット 5 0 の位置が異なっている。

【 0 0 9 1 】

また、第 2 エンドプレート 4 0 にも、第 1 エンドプレート 3 0 と同様に、周方向複数位置には、第 1 V 字形孔群 6 1 及び第 2 V 字形孔群 (図示せず) が形成され、周方向において第 1 V 字形孔群 6 1 及び第 2 V 字形孔群が交互に配置される。図 1 9 は、第 2 エンドプレート 4 0 において、第 1 エンドプレート 3 0 の図 1 7 に示す周方向一部と周方向の位相が一致する部分を示している。第 2 エンドプレート 4 0 の第 1 V 字形孔群 6 1 は、2 つのスリット群 6 2 を含み、各スリット群 6 2 は、複数の第 2 スリット 6 0 を含んでいる。図 1 9 では、第 2 エンドプレート 4 0 の各第 2 スリット 6 0 を太線の矩形で示しており、第 1 エンドプレート 3 0 の各第 1 スリット 5 0 を細線の矩形で示している。

20

【 0 0 9 2 】

第 1 エンドプレート 3 0 を形成する第 1 鋼板 3 1、及び、第 2 エンドプレート 4 0 を形成する第 2 鋼板 4 1 は同じ形状であり、スリットの形状及び形成位置も、第 1 鋼板 3 1 及び第 2 鋼板 4 1 で同じである。第 2 エンドプレート 4 0 において、第 1 V 字形孔群 6 1 の磁石孔に対する配置位置は、第 1 エンドプレート 3 0 の第 2 V 字形孔群 5 3 と同じである。第 2 エンドプレート 4 0 において、第 2 V 字形孔群 (図示せず) の磁石孔に対する配置位置は、第 1 エンドプレート 3 0 の第 1 V 字形孔群 5 1 と同じである。2 枚のエンドプレート 3 0 を積層した状態で、互いの第 1 V 字形孔群 5 1、6 1 及び互いの第 2 V 字形孔群 5 3 がそれぞれ周方向の位置が一致するように、各エンドプレート 3 0、4 0 の周方向の位相を互いに異ならせる。この状態で、V 字形孔群 5 1、6 1、5 3 のスリット 5 0、6 0 の形成位置が第 1 エンドプレート 3 0 と第 2 エンドプレート 4 0 とでずれる。これにより、ロータを軸方向一方側から見た場合において、各エンドプレート 3 0、4 0 の複数のスリット 5 0、6 0 は磁石 1 6 と重畳する。また、ロータを軸方向一方側から見た場合において、第 1 エンドプレート 3 0 の各スリット 5 0 は、第 2 エンドプレート 4 0 の各スリット 6 0 に対し少なくとも一部が異なる位置に配置される。図 1 9 では、斜格子部により、ロータを軸方向一方側から見た場合に、第 1 エンドプレート 3 0 及び第 2 エンドプレート 4 0 のスリット 5 0、6 0 が重畳する部分を示している。また、ロータを軸方向一方側から見た場合に、各第 1 エンドプレート 3 0、4 0 のスリット 5 0、6 0 が樹脂部 1 8 と重畳する部分で、第 1 エンドプレート 3 0 の各第 1 スリット 5 0 は、第 2 エンドプレート 4 0 の各第 2 スリット 6 0 に対し異なる位置に配置される。

30

40

【 0 0 9 3 】

上記の構成によれば、上記の各例の構成と同様に、磁石 1 6 の磁束漏れ及び磁束短絡を抑制できる。また、磁石 1 6 及び樹脂の飛び出し抑制効果を高くできる。

50

【0094】

さらに、図17に破線矢印で示すように、漏れ磁束が第1エンドプレート30の複数の第1スリット50の間を通るときにその磁束の経路が磁束の進行方向前側の第1スリット50に遮られて屈曲する。これにより、漏れ磁束の経路長が大きくなるので、磁束短絡をより効率的に抑制できる。上記の効果は、第2エンドプレート40の第2スリット60の場合も同様である。その他の構成及び作用は、図1から図5の構成と同様である。

【0095】

なお、上記の各例の構成では、第1エンドプレート30及び第2エンドプレート40を、互いに周方向の位相を異ならせた状態で積層する場合を説明した。一方、第1エンドプレート及び第2エンドプレートを、互いに表裏を逆にした状態で積層、すなわち反転させて積層してもよい。例えば、図7から図9Bに示した構成で、第1エンドプレート30において、図7に示したスリット32a、32bのV字形配置を、周方向の複数位置に形成してもよい。このとき、第2エンドプレート40では、図8に示したスリット33a、33bのV字形配置と同様のV字形配置を、周方向の複数位置に形成してもよい。図7及び図8のスリット32a、32b、33a、33bのV字形配置は、第1エンドプレート30の表裏を逆にした状態で一致する。このため、第1エンドプレートを構成する第1鋼板及び第2エンドプレートを形成する第2鋼板に同じ形状のものを用いて、互いに表裏を逆にした状態で積層する。これにより、図9Aに示したように軸方向一方側から見た場合に互いのスリットの全部が異なる位置に配置されるようにすることができる。このとき、互いのスリットの一部が重なってもよい。

【0096】

この構成と同様に、図11から図14に示した構成で、第1エンドプレートにおいて、図11に示したピン孔のV字形配置を、周方向の複数位置に形成してもよい。このとき、第2エンドプレート40において、図13に示したピン孔のV字形配置と同様のV字形配置を、周方向の複数位置に形成してもよい。図11及び図13のピン孔のV字形配置は、第1エンドプレート30の表裏を逆にした状態で一致する。このため、第1エンドプレートを構成する第1鋼板及び第2エンドプレートを形成する第2鋼板に同じ形状のものを用いて、互いに表裏を逆にした状態で積層する。このとき、図14に示したように軸方向一方側から見た場合に互いのピン孔の少なくとも一部が異なる位置に配置されるようにしてもよい。また、互いのピン孔の全部が異なる位置に配置されてもよい。また、図17から図19に示した構成で、表裏を反転させたときに各スリットの少なくとも一部の位置が異なるように2枚のエンドプレートを形成し、1枚の表裏を反転させて2枚のエンドプレートを積層してもよい。このような構成では、同じ形状の2枚のうち、1枚のエンドプレートの表裏を反転させて積層することにより、エンドプレートの積層構造を形成できるので、製造コストを低減できる。

【0097】

なお、上記の各例の構成では、2つの磁石16がV字形に配置される場合を説明したが、ロータ10において各磁石が周方向に沿う直線方向に配置された構成としてもよい。

【符号の説明】

【0098】

10, 10a, 10b, 10c, 10d 回転電機ロータ(ロータ)、12 ロータコア、12a 軸孔、13 コア用鋼板、13a 軸孔要素、13b 磁石孔要素、14 磁石孔、16 磁石、17 磁極、18a, 18b 樹脂部、30 第1エンドプレート、31 第1鋼板、31a 軸孔、32, 32a, 32b 第1スリット、33, 33a, 33b 第1スリット、34a 第1V字形孔群、34b 第2V字形孔群、34c 第1V字形孔群、35a, 35b, 35c, 35d ピン孔群、36, 36a 第1ピン孔、37, 37a 第2ピン孔、38 第3ピン孔、39 孔間磁束経路、40, 40a 第2エンドプレート、41 第2鋼板、41a 軸孔、42, 42a, 42b 第2スリット、43, 43a, 43b 第2スリット、46 第1ピン孔、47 第2ピン孔、48 第2ピン孔、50 第1スリット、51 第1V字形孔群、52 スリット群、5

10

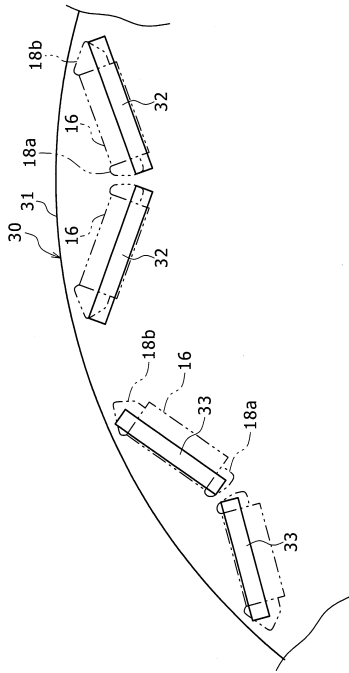
20

30

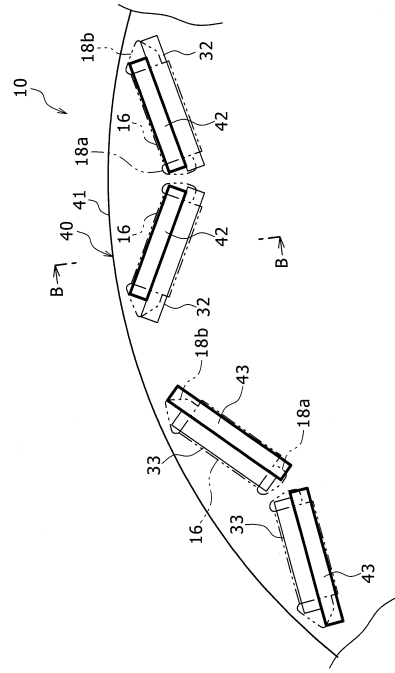
40

50

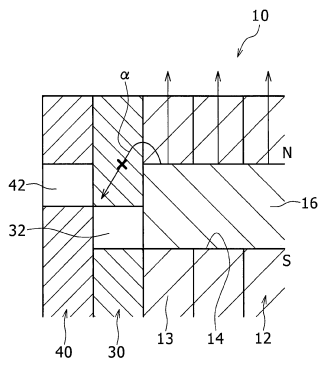
【 図 3 】



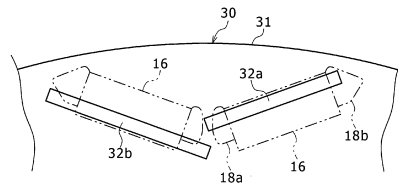
【 図 4 】



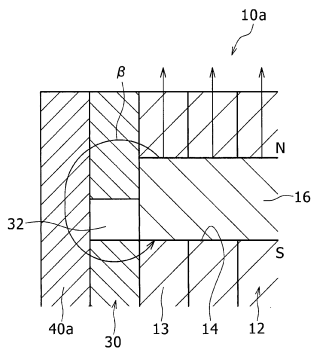
【 図 5 】



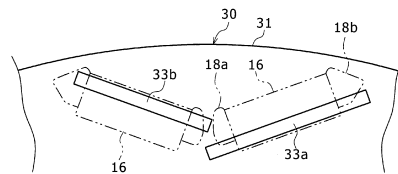
【 図 7 】



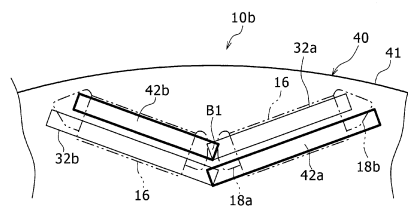
【 図 6 】



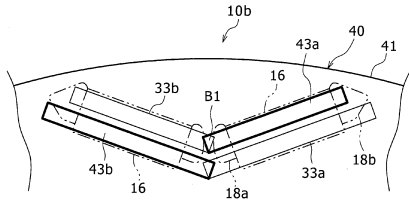
【 図 8 】



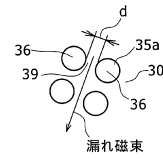
【 図 9 A 】



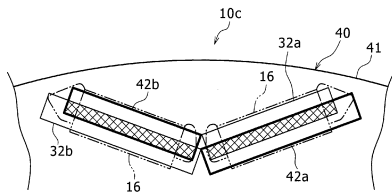
【図9B】



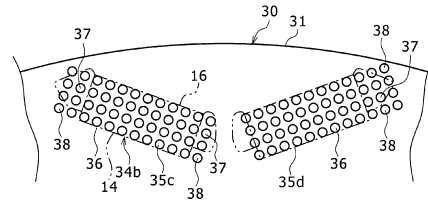
【図12】



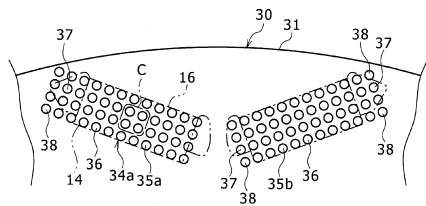
【図10】



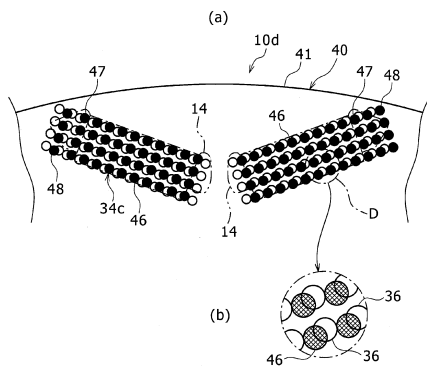
【図13】



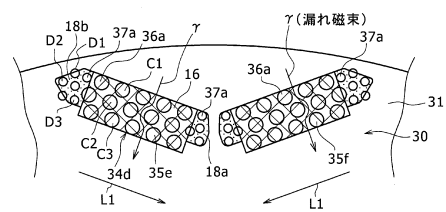
【図11】



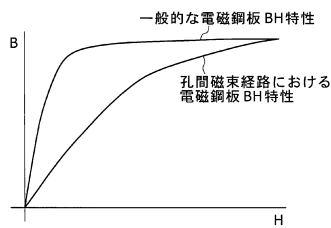
【図14】



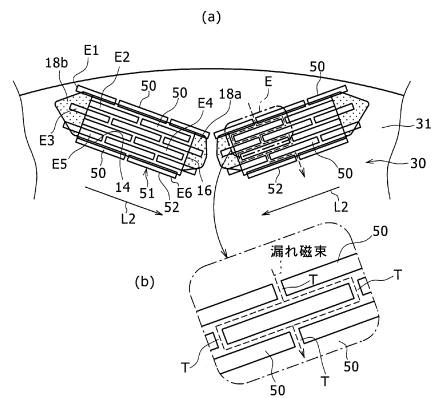
【図16】



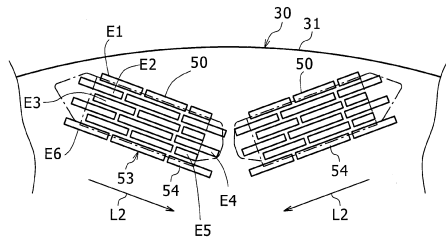
【図15】



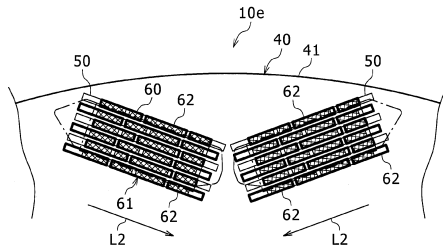
【図17】



【 18 】



【 19 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-037119(JP,A)
中国実用新案第201374597(CN,Y)
米国特許出願公開第2008/0224558(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27
H02K 1/22