

(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2015-106928

(P2015-106928A)

(43) 公開日 平成27年6月8日(2015.6.8)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO2K	5/16	(2006.01)	HO2K	5/16	A	5H601	
HO2K	1/22	(2006.01)	HO2K	1/22	A	5H605	
HO2K	1/27	(2006.01)	HO2K	1/27	501Z	5H615	
HO2K	15/02	(2006.01)	HO2K	15/02	H	5H622	

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2013-246224 (P2013-246224)
 (22) 出願日 平成25年11月28日 (2013.11.28)

(71) 出願人 00006013
 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 100127672
 弁理士 吉澤 憲治
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 考生
 (72) 発明者 鬼橋 隆之
 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

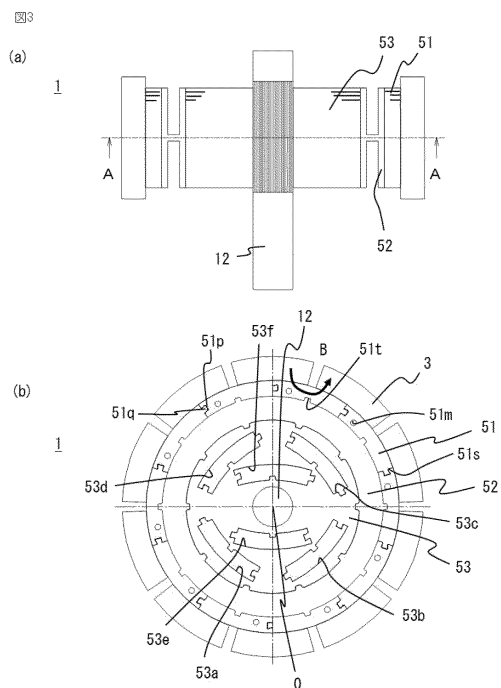
(54) 【発明の名称】 回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材

(57) 【要約】

【課題】 軸受等の電食を抑制でき、外側鉄心と内側鉄心の材料使用量を減少させ、プレス加工費も抑制可能とし、これにより安価な回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を提供する。

【解決手段】 積層鉄心は、回転軸 12 が締結される積層内側鉄心 53 と、積層内側鉄心 53 の周囲を取り囲むように配置され、周方向に複数個の分割積層外側鉄心 51 に分割された積層外側鉄心 50 と、積層内側鉄心 53 と積層外側鉄心 50 の間に形成され、積層内側鉄心 53 と積層外側鉄心 50 を結合する連結部材 52 とからなり、積層内側鉄心 53 の内部には分割積層外側鉄心 51 と同形状の肉抜き部 53 a ~ 53 f が形成されている回転電機の回転子 1 を提供する。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄心片を積層して構成された円筒状の積層回転子鉄心と、前記積層回転子鉄心に、周方向に等間隔に保持した永久磁石と、
 前記積層回転子鉄心の中心に挿入された回転軸を備えた回転電機の回転子において、
 前記積層回転子鉄心は、回転軸が締結される積層内側鉄心と、
 前記積層内側鉄心の周囲を取り囲むように配置され、周方向に複数個の分割積層外側鉄心に分割された積層外側鉄心と、
 前記積層内側鉄心と前記積層外側鉄心の間に形成され、前記積層内側鉄心と前記積層外側鉄心を結合する連結部材とからなり、
 前記積層内側鉄心の内部には前記分割積層外側鉄心と同形状の肉抜き部が形成されている
 回転電機の回転子。

10

【請求項 2】

前記積層内側鉄心は、前記積層内側鉄心の中心に対して点対称である請求項 1 に記載の回転電機の回転子。

【請求項 3】

前記分割積層外側鉄心の内周側には、径方向に向かって形成された凹部または凸部を有する請求項 1 または請求項 2 に記載の回転電機の回転子。

【請求項 4】

前記積層内側鉄心の外周側には、径方向に向かって形成された凹部または凸部を有する請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

20

【請求項 5】

前記積層外側鉄心の外周から求める曲率中心と、
 前記分割積層外側鉄心の内周から求める曲率中心とが異なる請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 6】

前記積層内側鉄心の外周から求める曲率半径と、
 前記分割積層外側鉄心の内周から求める曲率半径とが同一である請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 7】

前記積層内側鉄心の外周から求める曲率中心と、
 前記分割積層外側鉄心の内周から求める曲率中心とが異なる請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

30

【請求項 8】

前記肉抜き部は、前記分割積層外側鉄心の外周側に相当する部分が前記積層内側鉄心の中心側になるように配置されている請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 9】

前記肉抜き部は、2 以上の前記分割積層外側鉄心が、それぞれの前記分割積層外側鉄心の外周部で薄肉連結された分割積層外側鉄心ユニットと同形状である請求項 8 に記載の回転電機の回転子。

40

【請求項 10】

前記肉抜き部は、前記分割積層外側鉄心ユニットの隣接する前記分割積層外側鉄心同士が薄肉連結を頂点として外周側に V 字状に折り曲げられた形状と同形状である請求項 9 に記載の回転電機の回転子。

【請求項 11】

前記積層外側鉄心の積層方向の厚みを H_1 、前記積層内側鉄心の積層方向の厚みを H_2 とするとき、 $H_1 > H_2$ であり、 $H_1 = \quad \times H_2$ ($\quad = 2$ 以上の整数) である請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 12】

50

全ての隣接する前記分割積層外側鉄心同士の接合部が前記永久磁石の周方向中央部に位置するように配置されている請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 1 3】

全ての前記永久磁石の周方向中央部が、隣接する前記分割積層外側鉄心同士の接合部に位置するように配置されている請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 1 4】

隣接する前記分割積層外側鉄心同士は、それぞれの周方向端部に設けられた凹部と凸部により互いに嵌合されている請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

10

【請求項 1 5】

前記凹部は蟻溝であり、前記凸部は、蟻棧である請求項 1 4 に記載の回転電機の回転子。

【請求項 1 6】

前記連結部材は樹脂である請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 1 7】

前記積層内側鉄心の前記肉抜き部内にも前記連結部材が充填されている請求項 1 6 に記載の回転電機の回転子。

【請求項 1 8】

前記永久磁石は、前記積層内側鉄心及び各前記分割積層外側鉄心と、前記樹脂で一体成形されている請求項 1 6 または請求項 1 7 に記載の回転電機の回転子。

20

【請求項 1 9】

前記永久磁石と前記分割積層外側鉄心の間に接着剤を有する請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子。

【請求項 2 0】

請求項 1 から請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の回転電機の回転子と、円環状のヨーク部と、前記ヨーク部から内側に突出するティース部、前記ティース部に巻回した固定子巻線とを有し、前記回転子を、内側に収納する固定子とを有する回転電機。

30

【請求項 2 1】

鉄心片を積層して構成された円筒状の積層回転子鉄心と、前記積層回転子鉄心に、周方向に等間隔に保持された永久磁石と、前記積層回転子鉄心の中心に挿入された回転軸とを備えた回転子の製造方法であって、前記回転軸が締結される積層内側鉄心を構成する内側鉄心片と、前記積層内側鉄心の周囲を取り囲むように配置され、周方向に複数個の分割積層外側鉄心に分割された積層外側鉄心を構成する分割外側鉄心片を同じ板材から切り出す際に、前記分割外側鉄心片を、前記内側鉄心片の内部から肉抜きして切り出す鉄心片切出工程を有する回転子の製造方法。

40

【請求項 2 2】

前記鉄心片切出工程において、前記積層外側鉄心と前記積層内側鉄心の同一層を構成するすべての鉄心片を同時に、同一板材から打ち抜く請求項 2 1 に記載の回転子の製造方法。

【請求項 2 3】

前記鉄心片切出工程において、前記内側鉄心片から全ての前記分割外側鉄心片を打ち抜く請求項 2 2 に記載の回転子の製造方法。

【請求項 2 4】

請求項 2 1 から請求項 2 3 のいずれか 1 項に記載の回転子の製造方法において、前記回転子を収納する固定子の一層分の鉄心片を、前記板材から同時に切り出す回転電機の製造方法。

【請求項 2 5】

50

複数の鉄心片からなる回転子の積層回転子鉄心用の鉄心部材であって、前記積層回転子鉄心のうち、回転軸挿入部を有する積層内側鉄心の一つの層を構成する1枚の内側鉄心片と、前記積層内側鉄心の外周に絶縁性の連結部材を介して結合される積層外側鉄心を、周方向に等分した複数の分割積層外側鉄心の、前記一つの層と同一の層を構成するそれぞれ1枚、全部で前記分割積層外側鉄心の数と同数の分割外側鉄心片からなり、前記分割外側鉄心片の内、少なくとも2枚の前記分割外側鉄心片は、前記内側鉄心片の内部から切り抜かれている回転子の鉄心部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

この発明は、主に空気調和装置や家電製品等に用いられる永久磁石を用いた回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、電気機器の1つとして冷暖房などの空気調和を行う空気調和装置は、送風を行うためのファンおよびそのファンを回転駆動するための回転電機を備えている。近年、このような装置に使用する回転電機として、メンテナンスやエネルギー効率に優位性のあるブラシレスDCモータが採用されることが多くなっている。

20

【0003】

このブラシレスDCモータには、パルス幅変調(Pulse Width Modulation)方式(以下、PWM方式と記載)のインバータが用いられる。回転電機であるブラシレスDCモータが、PWM方式のインバータで駆動される場合、巻線の中性点電位がゼロとならないため、軸受の外輪と内輪間に電位差(以下、軸電圧と記載)を発生させる。軸電圧は、インバータのスイッチングによる高周波成分を含んでおり、軸電圧が軸受内部の油膜の絶縁破壊電圧に達すると、軸受内部に微小電流が流れ、軸受内部に電食が発生する。電食が進行した場合、軸受内輪、軸受外輪または軸受玉に波状摩耗減少が発生し、モータ音が次第に大きくなることが知られている。

【0004】

30

特許文献1に係る回転電機の回転子は、永久磁石、回転子ヨーク、ボスを樹脂でモールドし、これらを固定している。回転子ヨークの内周には一定の距離をおいて出力軸と勘合し、出力伝達部となるボスが設けられている。この構成により、回転子ヨークと出力軸との間が絶縁され、回転子ヨークに発生した電流が出力軸に伝達せず、駆動音の原因となる軸受の電食等が発生しにくくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4552267号公報(4頁[0028]段落、図2)

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1に係る発明では、回転子ヨークと出力軸を勘合し、出力伝達部となるボスは略円弧状をしており、回転子ヨークとボスはそれぞれにおいて一体構造をとって、一つのプレス金型で回転子ヨークとボスを、回転子としたときと同じ配置で打抜いている。

【0007】

このような回転電機の構造および製造方法を採用すると、回転子ヨークとボス間の材料が無駄となってしまう、回転子の製造コスト増を招く。また、永久磁石を回転子ヨークの外周面に貼りつけるSPM(Surface Permanent Magnet)型回

50

転子の場合、回転子ヨークの肉厚は磁気飽和しない程度の厚みでよく、薄肉にしたい要求があると回転子ヨーク内径とボス外径の差が大きくなり、更なる材料の歩留り悪化の原因となる。

【0008】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、軸受等の電食を抑制でき、回転子ヨーク（外側鉄心）とボス部（内側鉄心）の材料使用量を減少させ、プレス加工費も抑制可能とし、これにより安価な回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材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】

【0009】

この発明に係る回転電機の回転子は、
鉄心片を積層して構成された円筒状の積層回転子鉄心と、前記積層回転子鉄心に、周方向に等間隔に保持した永久磁石と、
前記積層回転子鉄心の中心に挿入された回転軸を備えた回転電機の回転子において、
前記積層回転子鉄心は、回転軸が締結される積層内側鉄心と、
前記積層内側鉄心の周囲を取り囲むように配置され、周方向に複数個の分割積層外側鉄心に分割された積層外側鉄心と、
前記積層内側鉄心と前記積層外側鉄心の間に形成され、前記積層内側鉄心と前記積層外側鉄心を結合する連結部材とからなり、
前記積層内側鉄心の内部には前記分割積層外側鉄心と同形状の肉抜き部が形成されている

10

20

【0010】

この発明に係る回転電機は、
上述の回転電機の回転子と、
円環状のヨーク部と、前記ヨーク部から内側に突出するティース部、前記ティース部に巻回した固定子巻線とを有し、
前記回転子を、内側に収納する固定子とを有するものである。

【0011】

この発明に係る回転子の製造方法は、
鉄心片を積層して構成された円筒状の積層回転子鉄心と、前記積層回転子鉄心に、周方向に等間隔に保持された永久磁石と、
前記積層回転子鉄心の中心に挿入された回転軸とを備えた回転子の製造方法であって、
前記回転軸が締結される積層内側鉄心を構成する内側鉄心片と、
前記積層内側鉄心の周囲を取り囲むように配置され、周方向に複数個の分割積層外側鉄心に分割された積層外側鉄心を構成する分割外側鉄心片を同じ板材から切り出す際に、
前記分割外側鉄心片を、前記内側鉄心片の内部から肉抜きして切り出す鉄心片切出工程を有するものである。

30

【0012】

この発明に係る回転電機の製造方法は、
上述の回転子の製造方法において、
前記回転子を収納する固定子の一層分の鉄心片を、前記板材から同時に切り出すものである。

40

【0013】

この発明に係る回転子の鉄心部材は、
複数の鉄心片からなる回転子の積層回転子鉄心用の鉄心部材であって、
前記積層回転子鉄心のうち、回転軸挿入部を有する積層内側鉄心の一つの層を構成する1枚の内側鉄心片と、
前記積層内側鉄心の外周に絶縁性の連結部材を介して結合される積層外側鉄心を、周方向に等分した複数の分割積層外側鉄心の、前記一つの層と同一の層を構成するそれぞれ1枚、全部で前記分割積層外側鉄心の数と同数の分割外側鉄心片からなり、

50

前記分割外側鉄心片の内、少なくとも2枚の前記分割外側鉄心片は、前記内側鉄心片の内部から切り抜かれているものである。

【発明の効果】

【0014】

この発明に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、回転子ヨークと出力軸との間が絶縁され、回転子ヨークに発生した電流が出力軸に伝達せず、回転電機の駆動騒音の原因となる軸受の電食等が発生しにくくなる。

さらに、分割外側鉄心片は、鉄心部材を切り出す磁性材料の内側鉄心片の内側となる部分から切り出されるため、先行例と比べ回転子鉄心の使用材料を低減することができ、安価な回転電機の回転子、回転電機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1に係る回転電機の断面概略図である。

【図2】図1に示す回転電機の回転子の斜視図である。

【図3】図2に示す回転子を回転軸の中心軸を通る平面で切断した断面図と、図3(a)のA-A線での断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係る固定子鉄心を構成する固定子鉄心片の平面図、固定子鉄心片を打ち抜く際の板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図、積層固定子の平面図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係る回転電機の分割積層外側鉄心の平面図と積層外側鉄心の平面図である。

【図6】金型の中で積層して嵌合された積層外側鉄心の平面図と断面図である。

【図7】本発明の実施の形態1に係る積層回転子鉄心の一つの積層を構成する鉄心片をプレスで打ち抜く際の板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図8】複数の分割積層外側鉄心の結合前の配置を示す模式図である。

【図9】本発明の実施の形態1に係る積層回転子鉄心の一つの積層を構成する鉄心片をプレスで打ち抜く際の板材上での各鉄心片のレイアウトを示す他の例図である。

【図10】内側鉄心と、一体型の外側鉄心を有する回転子の断面図等(比較例)である。

【図11】分割外側鉄心片と内側鉄心片を別々のプレス金型で打ち抜く場合の板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図(比較例)である。

【図12】本発明の本実施の形態2に係る回転子の断面図である。

【図13】本発明の本実施の形態2に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図14】本発明の本実施の形態3に係る回転子の断面図である。

【図15】本発明の本実施の形態3に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図16】本発明の実施の形態1に係る分割積層外側鉄心の平面図である。

【図17】本発明の実施の形態4に係る分割積層外側鉄心の平面図である。

【図18】本発明の実施の形態4に係る分割積層外側鉄心の他の例を示す平面図である。

【図19】本発明の本実施の形態5に係る回転子の断面図である。

【図20】本発明の本実施の形態6に係る回転子の断面図と図20(a)のA-A断面図である。

【図21】本発明の本実施の形態7に係る回転子の断面図である。

【図22】本発明の本実施の形態7に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図23】本発明の本実施の形態8に係る回転子の断面図である。

【図24】本発明の本実施の形態8に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図25】本発明の実施の形態9に係る分割積層外側鉄心の平面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 6】本発明の本実施の形態 9 に係る回転子の断面図である。

【図 2 7】本発明の本実施の形態 9 に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図 2 8】本発明の実施の形態 1 0 に係る分割積層外側鉄心の平面図である。

【図 2 9】本発明の本実施の形態 1 0 に係る回転子の断面図である。

【図 3 0】本発明の本実施の形態 1 0 に係る回転子用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【図 3 1】本発明の本実施の形態 1 1 に係る回転電機の分割積層固定子ユニット鉄心の平面図である。

【図 3 2】本発明の本実施の形態 1 1 に係る分割積層固定子ユニット鉄心を 4 個、環状に配置した積層固定子鉄心の平面図である。

10

【図 3 3】本発明の本実施の形態 1 1 に係る回転子の鉄心を構成する一層の鉄心片と分割固定子ユニット鉄心を構成する一層用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 6】

実施の形態 1 .

以下、本発明の実施の形態 1 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて説明する。なお、特に説明しない限り、本明細書で使用する「周方向」、「径方向」、「軸方向」とは、回転子、及び回転電機の「周方向」、「径方向」、「軸方向」をいうものとする。

20

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る回転電機 1 0 0 の断面概略図である。回転電機 1 0 0 は、ブラシレス DC モータである。

図 2 は、回転電機 1 0 0 に使用する回転子 1 の斜視図である。

図 3 (a) は、回転子 1 を回転軸 1 2 の中心軸を通る平面で切断した断面図である。

図 3 (b) は、図 3 (a) の A - A 線で切断した断面図である。

回転電機 1 0 0 (ブラシレス DC モータ) は、PWM 方式で駆動される。また、本実施の形態では、回転子 1 が固定子 2 の内周側に回転自在に配置されたインナーロータ型のブラシレス DC モータの例を挙げて説明する。さらに、本実施の形態では、永久磁石 3 が回転子鉄心の表面に貼り付けられた SPM 型回転子であり、磁石個数が 1 0 個の例である。

30

【0 0 1 7】

図 1 に示すように、分割積層固定子鉄心 2 1 には絶縁材料からなるインシュレータを介して、固定子巻線 2 2 が巻装されている。この固定子巻線 2 2 は、PWM 方式のインバータと電氣的に接続されている。固定子 2 は、積層固定子鉄心 2 0 と固定子巻線 2 2 およびインシュレータが樹脂によってモールド成形され、円筒状の形状をしている。

【0 0 1 8】

図 4 (a) は、積層固定子鉄心 2 0 を構成する固定子鉄心片 4 の平面図である。

図 4 (b) は、複数の固定子鉄心片 4 を磁性鋼板からプレスで打ち抜く際のレイアウトを示す図である。

図 4 (c) は、積層固定子鉄心 2 0 の平面図である。

40

図 4 (b) に示すように、固定子鉄心片 4 は、磁性鋼板 (以後、板材という) からプレスにより二列抜きで打ち抜かれる。このとき、二列の固定子鉄心片 4 が一方の列の互いに隣接するティース部 4 a 分の間に、他方の列のティース部 4 a 部分が、互い違いに向き合っ

て入るように配置される。

【0 0 1 9】

積層固定子鉄心 2 0 は、固定子鉄心片 4 を複数枚積層した分割積層固定子鉄心 2 1 を環状に 1 2 個組み合わせ構成されている。また、各部材は接着や溶接、カシメ等により一体に固定されている。

【0 0 2 0】

分割積層固定子鉄心 2 1 は、全体形状が略 T 字状であり、積層ティース部 2 1 a と積層

50

ヨーク部 2 1 b とから構成される。積層ティース部 2 1 a は、積層ヨーク部 2 1 b の内周側から略直角に径方向に延びていて、積層ヨーク部 2 1 b の外周部は円弧状になっている。また、積層ティース部 2 1 a の内周側の先端部 2 1 c の両側が左右に広がる傘状であり、先端部 2 1 c は、円弧状になっている。

【 0 0 2 1 】

このようにして得られた複数の分割積層固定子鉄心 2 1 に対して固定子巻線 2 2 を施した後、環状に並べ、接触面を接着や溶接等により固着することで、図 1 に示すような固定子 2 を得ることができる。固定子鉄心片 4 の製造時に上述のような配列を採用することで、一列に固定子鉄心片を打ち抜く場合に比べ、積層固定子鉄心 2 0 の製造に使用する材料の量を低減できる。

10

【 0 0 2 2 】

図 1、図 2 に示すように、固定子 2 の内周側には、空隙を介して回転子 1 が挿入されている。回転子 1 は、最外周部から内周側の回転軸 1 2 に向かって、永久磁石 3、積層回転子鉄心 5 の外側部を構成する積層外側鉄心 5 0、樹脂等から成る連結部材 5 2、積層回転子鉄心 5 の内側部を構成する積層内側鉄心 5 3 とから構成されている。

【 0 0 2 3 】

積層内側鉄心 5 3 の中心部には、回転軸 1 2 が挿通されている。回転軸 1 2 にはローレット加工が施されており、これを積層内側鉄心 5 3 に嵌合することで積層内側鉄心 5 3 に結合している。このような構成により、積層外側鉄心 5 0 と回転軸 1 2 との間が絶縁され、積層外側鉄心 5 0 に発生した電流が回転軸 1 2 に伝達せず、音の原因となる軸受の電食等が発生しにくくなる。

20

【 0 0 2 4 】

積層内側鉄心 5 3 と積層外側鉄心 5 0 は、それぞれ薄板状の鉄心片を複数枚積層することで構成されている。また、これらの鉄心片は接着や溶接、カシメ等により一体に固定されている（図示無し）。積層内側鉄心 5 3 の外周面と積層外側鉄心 5 0 の内周面は、樹脂等から成る連結部材 5 2 を間に挟んでこれと一体に成形することで結合されている。

【 0 0 2 5 】

永久磁石 3 は、積層外側鉄心 5 0 の外周部に接着剤で接着されている。本実施の形態では、永久磁石 3 は、回転軸 1 2 を中心として周方向に均等に 1 0 個配置されている。また、積層外側鉄心 5 0 は、周方向に複数の分割積層外側鉄心 5 1 に分割されている。本実施の形態では、積層外側鉄心 5 0 は、永久磁石 3 の個数と同じ 1 0 個の分割積層外側鉄心 5 1 に分割されている。

30

【 0 0 2 6 】

図 5 (a) は、分割積層外側鉄心 5 1 の平面図である。

図 5 (b) は、複数の分割積層外側鉄心 5 1 を環状に嵌合した積層外側鉄心 5 0 の平面図である。

分割積層外側鉄心 5 1 は、それぞれの周方向端部に設けた蟻溝状の凹部 5 1 p と蟻棧状の凸部 5 1 q とを互いに嵌合している。この凹部 5 1 p は、分割積層外側鉄心 5 1 の内部に軸方向に伸びる蟻溝として形成され、分割積層外側鉄心 5 1 の周方向端部側における径方向の幅（寸法 L 2 ）が、周方向端部から遠い先端部における径方向の幅（寸法 L 1 ）より大きくなるように設定されている。

40

【 0 0 2 7 】

また凸部 5 1 q は、分割積層外側鉄心 5 1 から周方向に突出し、軸方向に伸びる蟻棧として形成され、分割積層外側鉄心 5 1 の根本部における径方向の幅は前述の L 1 とし、先端部における径方向の幅を前述の寸法 L 2 とする。このとき L 1 < L 2 とすれば、各分割積層外側鉄心 5 1 の位置決めが容易となり、さらに回転軸 1 2 の径方向にそれぞれの分割積層外側鉄心 5 1 が抜けることもないという効果がある。

【 0 0 2 8 】

また、分割積層外側鉄心 5 1 の内周側には、径方向外側に向かって形成された周り止め凹部 5 1 t を備える。これにより、樹脂である連結部材 5 2 が噛み合っ

50

周方向の回り止めをすることができる。本例では周り止め凹部 5 1 t としたが凸部としても回り止めの効果を得ることができる。なお、凹部とすると、回転子鉄心歩留まりがより高く、凸部とすると回り止めの力を大きく取ることができる。製造する回転電機にとって有利な方を選択すればよい。さらに、積層内側鉄心 5 3 の外周部にも同様の凹部 5 3 t を軸方向に設けており、連結部材 5 2 の回り止めの力を大きくすることができる。この凹部を凸部としても同様に回り止めの効果を得ることができる。

【 0 0 2 9 】

図 3 (b) に示すように、隣接する分割積層外側鉄心 5 1 同士の接合部 5 1 s は、全て、永久磁石 3 の内周面の周方向中央部分に位置するように配置させている。このように分割積層外側鉄心 5 1 の接合部 5 1 s を配置すると、永久磁石 3 を分割積層外側鉄心 5 1 の外周面に接着する際に、凹部 5 1 p と凸部 5 1 q との間の隙間に接着剤が入り込むため、さらに強固な固定ができる。

10

【 0 0 3 0 】

また、本実施の形態の回転子 1 の場合、永久磁石 3 からでる磁力の通り道 (磁路) は、図 3 (b) の矢印 B に示すように、永久磁石 3 分割積層外側鉄心 5 1 隣接する永久磁石 3 となる。この磁路に分割積層外側鉄心 5 1 の接合部 5 1 s (分割面) がいないため、磁気抵抗の増加を抑制可能な回転子 1 を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

各分割積層外側鉄心 5 1 には 1 個の孔 5 1 m を有している。この孔 5 1 m は、積層内側鉄心 5 3 と各分割積層外側鉄心 5 1 とを連結部材 5 2 で一体に成形する際に、金型内での位置決めとして使用することができ、生産性を高めることができる。

20

図 6 (a) は、金型 7 の中で積層して嵌合された積層外側鉄心 5 0 の平面図である。

図 6 (b) は、その断面図である。

図 6 (a)、(b) に示すように、例えば、積層回転子鉄心 5 を一体に成形する金型 7 に、分割積層外側鉄心 5 1 の孔 5 1 m が挿入されるボス 7 1 を設ける。分割積層外側鉄心 5 1 の外周面 5 1 n を金型 7 の内周面 7 2 に合わせることで積層回転子鉄心 5 の各分割積層外側鉄心 5 1 の同軸を出し、ボス 7 1 と孔 5 1 m を合わせることで周方向の位置決めをすることができる。

【 0 0 3 2 】

また、本実施の形態では孔 5 1 m の位置が全ての分割積層外側鉄心 5 1 について同一位置となる配置としたが、全て異なる配置とすることもできる。このようにすることで、積層回転子鉄心 5 を一体に成形する際の位置決めが容易となることに加え、各分割積層外側鉄心 5 1 を構成する鉄心片の区別をすることができ、部材管理が容易となる。

30

【 0 0 3 3 】

積層内側鉄心 5 3 の内部には分割積層外側鉄心 5 1 と同形状の肉抜き部 5 3 a ~ 5 3 f が形成されている。この肉抜き部 5 3 a ~ 5 3 f は、図 3 (b) における回転軸 1 2 の中心 O を中心として点対称となる形状をしている。このように配置することで、回転子 1 のバランスがとれ、回転軸 1 2 が偏芯しにくくなり、偏芯により発生する音を抑制することができる。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示すように、回転子 1 の回転軸 1 2 には、回転軸 1 2 を支持する 2 つの軸受 3 1 a、3 1 b が設置されている。軸受 3 1 a、3 1 b は複数の鉄製玉を有した円筒形状の軸受であり、軸受の内輪が回転軸 1 2 を回転可能に支持している。図 1 では、回転軸 1 2 がブラシレス DC モータ内部から突出した側となる出力軸側において、軸受 3 1 a が回転軸 1 2 を支持し、その反対側 (以下、反出力軸側と記載) において、軸受 3 1 b が回転軸 1 2 を支持している。そして、これらの軸受 3 1 a、3 1 b は、それぞれハウジングにより外輪が固定されている。図 1 では、出力軸側の軸受 3 1 a の外輪がハウジング部 3 a (絶縁性部材 = 樹脂) により固定されており、反主力軸側の軸受 3 1 b (導電性部材 = 金属) の外輪がハウジング部 3 b により固定されている。以上の構成により、回転軸 1 2 が一對の軸受 3 1 a、3 1 b に支持され、回転軸 1 2 が回転自在に回転する。本実施例では、軸

40

50

受 3 1 a 側に波ワッシャ 3 2 が配置されている。

【 0 0 3 5 】

また、本ブラシレス DC モータには制御回路や駆動回路および永久磁石 3 の位置を検出するための素子等を実装したプリント基板が内蔵されている。例えば、プリント基板には固定子巻線 2 2 に電流を流すためのインバータが実装される。またプリント基板上で、固定子巻線 2 2 の結線接続を行っている（図示無し）。

【 0 0 3 6 】

次に、回転子 1 の製造方法について説明する。

図 7 は、回転子 1 の積層回転子鉄心 5 の一つの積層を構成する鉄心片をプレスで打ち抜く際の板材 1 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

図 7 に示すように、積層回転子鉄心 5 は、一層分の積層外側鉄心 5 0 を構成する全ての分割積層外側鉄心 5 1 用の分割外側鉄心片 8 a ~ 8 j と積層内側鉄心 5 3 用の内側鉄心片 6 を、同一のプレス金型を使用して同一の板材 1 w から順次打ち抜いて積層し、これらを結合して製造する。

【 0 0 3 7 】

このとき、内側鉄心片 6 の内部から 6 枚の分割外側鉄心片 8 a ~ 8 f を打ち抜き、内側鉄心片 6 の外部から 4 枚の分割外側鉄心片 8 g ~ 8 j を打ち抜いている（鉄心片切出工程）。また、図の矢印 D の方向は板材 1 w の圧延方向を示している。矢印 E の方向は、板材 1 w の圧延方向と垂直となる方向である。ところで、分割積層外側鉄心 5 1 の磁路は、図 3 (b) に示す通り、矢印 B に沿う径方向の経路成分が長い。このため、板材 1 w の圧延方向を矢印 D の方向と一致させることで、より磁気抵抗の小さい回転子 1 を得ることができる。これにより、より少材料化が可能な回転子 1 を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

図 8 (a) は、各分割積層外側鉄心 5 1 の結合前の配置を示す図である（分割積層外側鉄心 5 1 は偶数）。

図 8 (b) は、各分割積層外側鉄心 5 1 の結合前の配置を示す図である（分割積層外側鉄心 5 1 は奇数）。

なお、図 8 (a)、(b) は、各分割積層外側鉄心 5 1 a ~ 5 1 j を、回転軸 1 2 を中心として均等に周方向に配置したものを、直線状に表現した模式図である。また、点線で示した最右部の分割積層外側鉄心 5 1 a は、最左部の分割積層外側鉄心 5 1 a と同一物であることを示すことで、周方向配置を模式的に表した。

【 0 0 3 9 】

上述の方法で製造した分割外側鉄心片 8 a ~ 8 j を、内側鉄心片 6 の内部と外部から一旦切り出して積層し、又は金型内でそのまま積層してから取り出して各分割積層外側鉄心 5 1 a ~ 5 1 j を構成する。その後、図 8 (a) に示すように、各分割積層外側鉄心 5 1 a ~ 5 1 j を下、上、下、上・・・と配置し、この状態で凹部 5 1 p (蟻溝) と凸部 5 1 q (蟻棧) の位置を合わせて位置決めし、回転軸 1 2 の軸方向から相互に圧入することで環状の積層外側鉄心 5 0 を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

上述の説明では、分割積層外側鉄心 5 1 a ~ 5 1 j の 1 0 個 (偶数) であったが、これが奇数となった場合について説明する。

図 8 (b) は、分割積層外側鉄心の個数が 1 1 個の場合を示す模式図である。このとき、各分割積層外側鉄心 5 1 a ~ 5 1 k を下、上、下、上・・・と配置すると、分割積層外側鉄心 5 1 k は下側に配置されることになる。

【 0 0 4 1 】

この場合、一方の隣接する分割積層外側鉄心 5 1 j とは上下方向から互いに圧入することが可能である。しかし、もう一方の隣接する分割積層外側鉄心 5 1 a との関係では、いずれも回転軸 1 2 の軸方向位置が図 8 (b) に示す下側となり一致しているため、互いに凹凸部を圧入できない。これを解決するためには、例えば、分割積層外側鉄心 5 1 a と分割積層外側鉄心 5 1 k 同士を先に圧入しておいて、その後、他の分割積層外側鉄心とともに

10

20

30

40

50

に、上下に配置するといった作業が必要となる。これでは生産性が低下してしまう。このため、図 8 (a) のように、1 台の回転子を構成する分割積層外側鉄心の数を偶数とすることにより、回転子 1 及び回転電機 1 0 0 の生産性を高めることが可能である。

【 0 0 4 2 】

図 9 は、回転子 1 の積層回転子鉄心 5 の一つの積層を構成する鉄心片をプレスで打ち抜く際の板材 2 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。図 7 の板材 1 w 上での各鉄心片のレイアウトでは、内側鉄心片 6 の中心 0 を中心として内側鉄心片 6 が点対称な形状となるように内側鉄心片 6 の内部から切り出す分割外側鉄心片 8 a ~ 8 f 及び外部から切り出す分割外側鉄心片 8 g ~ 8 j を配置した。

【 0 0 4 3 】

これに対して図 9 に示す板材 2 w 上での各鉄心片のレイアウトでは、内側鉄心片 6 の内部の形状は、図 7 の場合と同様に中心 0 を中心とした点対称であるが、内側鉄心片 6 の外部で打ち抜く分割外側鉄心片 8 g ~ 8 j は、中心 0 を中心として非点対称であり、板材 2 w の長辺方向の中心線 C - C に対して線対象に、複数の分割外側鉄心 8 g ~ 8 j が並列に並ぶような配置としている。このような配置とすることで図 7 の板材 1 w に比べて材料の使用量を抑制することが可能となると同時に、積層回転子鉄心 5 の回転軸 1 2 に対する重量バランスが保たれる。

【 0 0 4 4 】

次に、どの程度の材料節約効果があるかを説明する。板材 1 w、板材 2 w はいずれも四角形状で供給され、この内部から必要な形状の各鉄心片をプレスにより切り出して形成する。これらを比較例と比較する。

図 1 0 (a) は、内側鉄心片と一体型の外側鉄心を有する回転子 (比較例) の断面図である。

図 1 0 (b) は、図 1 0 (a) の A - A 線での断面図である。

図 1 0 (c) は、回転子を構成する外側鉄心と内側鉄心を同一のプレス金型で打ち抜く場合の板材 3 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【 0 0 4 5 】

図 7、図 9、図 1 0 では外側鉄心片、内側鉄心片、連結部材、回転軸用の穴等、全ての部材の外形寸法を同一としている。図 1 0 に示す外側鉄心片 8 x は、環状の 1 枚物であるため、内側鉄心片 6 x の外部から外側鉄心片 8 x を打ち抜いて製造する。この場合、内側鉄心片 6 x と外側鉄心片 8 x の間の領域は廃材となり、無駄が多い。このとき、必要となる板材 3 w の材料面積 S 3 は、 $S 3 = L 5 a \times L 6 a$ となる。これと同様に、図 7 で必要となる板材 1 w の材料面積 S 1 は $S 1 = L 1 a \times L 2 a$ となり、図 9 で必要となる材料面積 S 2 は $S 2 = L 3 a \times L 4 a$ となる。これらにおいて、S 3 を 1 0 0 % として、S 3 に対する S 1、S 2 の比率を表 1 に示す。(全ての条件で、材料縁から打ち抜き輪郭までの距離 x を一定として試算)

【 0 0 4 6 】

【表 1】

表 1

材料面積の比較

	S3比率 [%]
S3	100.0
S1	61.8
S2	60.2

【 0 0 4 7 】

このように、各板材からの打ち抜きレイアウトを、図 7 のレイアウト、更には図 9 のレイアウトとすることで、材料の使用量を低減することができ、少ない材料で安価な回転電

10

20

30

40

50

機 100 の回転子 1 を提供することができる。

【0048】

次に、分割外側鉄心片と内側鉄心片を別々のプレス金型で打ち抜く場合に使用する板材の使用量とも比較をする。

図 11 (a)、(b) は、分割外側鉄心片 8 y と内側鉄心片 6 y を別々のプレス金型で打ち抜く場合の板材 4 a w、4 b w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図 (比較例) である。

この場合、分割外側鉄心片 8 y を打ち抜くプレスショット数に加え、内側鉄心片 6 y を打ち抜くプレスショット数が必要となる。分割外側鉄心片 8 y だけを考えても、必要なプレスショット数は分割外側鉄心片 8 y の分割数が増加すればするほど増加する。これに対し、本実施の形態では回転子 1 を構成する全ての分割外側鉄心片 8 と内側鉄心片 6 を同一金型で同一の板材から一緒に打ち抜くことができるため、プレスショット数が少なく、生産性の良い安価な回転子 1 と回転電機 100 を提供することができる。

10

【0049】

本発明の実施の形態 1 に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、積層外側鉄心と積層内側鉄心の材料使用量を減少させつつ、回転時における回転子のバランスが取れるので、電食を抑制でき、かつ、生産性の良い安価な回転電機の回転子 1 と、その回転子を使用する回転電機 100 を提供することができる。

20

【0050】

実施の形態 2 .

以下、本発明の実施の形態 2 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

図 12 は、本実施の形態に係る回転子 201 の断面図である。

図 13 は、回転子 201 用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 20 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

回転子 201 の鉄心以外の構成は、回転子 1 と同じであるため説明を省略する。

図 12 に示すように、積層外側鉄心 250 は、周方向に均等に 5 個の分割積層外側鉄心 251 に分割されている。また、回り止め用の凹部 251 t は、各分割積層外側鉄心 251 に 2 個配置されている。また、図 13 に示すように、分割外側鉄心片 208 a、208 b は、内側鉄心片 206 の内部から打ち抜かれ、分割外側鉄心片 208 c ~ 208 e は内側鉄心片 206 の外部から打ち抜かれることで製造される。

30

【0051】

図 13 の配置で各分割外側鉄心片 208 a ~ 208 e と内側鉄心片 206 を打ち抜いて、上述した分割外側鉄心片の積層方法でこれらを積層し、環状に組み立てて積層外側鉄心 250 を製造する。この積層外側鉄心 250 と積層内側鉄心 253 を連結部材 252 で一体化したあと、積層外側鉄心 250 の外周面に永久磁石 3 を接着剤で固定する。そして回転軸 12 を積層内側鉄心 253 の回転子挿入部に入れることで、回転子 201 を得ることができる。

40

【0052】

各分割積層外側鉄心 251 同士の全ての接合部 251 s は、実施の形態 1 と同様に永久磁石 3 の中央部に位置するように配置されているが、接合部 251 s の数は、回転子 1 の場合の半分となっている。

【0053】

本発明の実施の形態 2 に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、実施の形態 1 と同様に回転子 201 の製造に必要な板材の使用量を低減することができる。

また、実施の形態 1 に比べ、分割外側鉄心の接合部 (分割面) の数が少なく、磁気抵抗の増加を抑制することができ、より小型化が可能な (材料使用量が低減可能な) 回転子を得

50

ることができる。さらに、実施の形態 1 に比べ、分割外側鉄心の分割数が少ないため、部品点数が少ない回転子を得ることができる。

【0054】

実施の形態 3 .

以下、本発明の実施の形態 3 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

図 1 4 は、本実施の形態に係る回転子 3 0 1 の断面図である。

図 1 5 は、回転子 3 0 1 用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 3 0 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【0055】

実施の形態 1 との違いは、積層内側鉄心 3 5 3 の外径が大きいことと、それに合わせて連結部材 3 5 2 の外径が小さくなったこと、また、内側鉄心片 3 0 6 の内部に全ての分割外側鉄心片 3 0 8 を配置したことである。本実施の形態では、積層内側鉄心 3 5 3 と積層外側鉄心 3 5 0 を構成する全ての内側鉄心片 3 0 6、分割外側鉄心片 3 0 8 を同一のプレス金型および同一の板材から打ち抜いて回転子を構成できる。

【0056】

このように、回転電機の仕様によっては本実施例のように、回転子 3 0 1 を構成する全ての分割外側鉄心片 3 0 8 を内側鉄心片 3 0 6 の内部から切り出すように配置することが可能であるため、より板材の使用量、プレス加工の工数を低減可能な回転子 3 0 1 を得ることができる。

【0057】

実施の形態 4 .

以下、本発明の実施の形態 4 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

図 1 6 は、実施の形態 1 に係る分割積層外側鉄心 5 1 の平面図である。

図 1 7 は、本実施の形態に係る分割積層外側鉄心 4 5 1 の平面図である。

実施の形態 1 では、図 1 6 に示すように、分割積層外側鉄心 5 1 の外周面の、軸方向に垂直な断面を円弧 R 2 とし、分割積層外側鉄心 5 1 の内周面の、軸方向に垂直な断面を円弧 R 1 とするとき、R 1 と R 2 の曲率中心 0 は一致していた。そのため、分割積層外側鉄心 5 1 の内周面に周り止め凹部 5 1 t を設けていた。

【0058】

本実施の形態では、図 1 7 に示すように、分割積層外側鉄心 4 5 1 の外周面の、軸方向に垂直な断面を円弧 R 4 0 2 とし、分割積層外側鉄心 4 5 1 の内周面の、軸方向に垂直な断面を円弧 R 4 0 1 とするとき、R 4 0 1 と R 4 0 2 の曲率中心は一致しない。これにより、周り止め凹部を設けなくても、周り止めの効果を奏することができるし、周り止め凹部 4 5 1 t を設ければ更に周り止めの効果が高くなる。

【0059】

図 1 8 に示すように内周面の、軸方向に垂直な断面が直線状となるような分割積層外側鉄心 4 5 1 d を用い、周り止め凹部の代わりに周り止め凸部 4 5 1 d u を設けても同様の効果を奏する。

【0060】

実施の形態 5 .

以下、本発明の実施の形態 5 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 ~ 4 と異なる部分を中心に説明する。

図 1 9 は、本実施の形態に係る回転子 5 0 1 の断面図である。

実施の形態 1 では、SPM 型回転子の例を示したが、本実施の形態では IPM (Interior Permanent Magnet) 型の回転子 5 0 1 の例を説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

実施の形態 1 では、永久磁石 3 が積層外側鉄心 5 0 の外周部に保持されていた。本実施の形態は、各永久磁石 3 が各分割積層外側鉄心 5 5 1 の内部に保持される点が実施の形態 1 と異なる。また永久磁石 3 の固定方法も異なる。

【 0 0 6 2 】

永久磁石 3 は、分割積層外側鉄心 5 5 1 の内部にある磁石挿入部 5 5 1 d に配置される。また、分割積層外側鉄心 5 5 1 と永久磁石 3 および積層内側鉄心 5 5 3 は、樹脂等から構成される連結部材 5 5 2 で一体に成形して固定されている。さらに、連結部材 5 5 2 は、分割積層外側鉄心 5 5 1 の軸方向の両端部を覆っている。分割積層外側鉄心 5 5 1 の構成は、実施の形態 1 で挙げた形状から永久磁石 3 が入る磁石挿入部 5 5 1 d (穴) を追加すれば良い。

10

【 0 0 6 3 】

本発明の実施の形態に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、積層外側鉄心 5 5 0 と回転軸 1 2 との間が絶縁され、積層外側鉄心 5 5 0 に発生した電流が回転軸に伝達せず、音の原因となる軸受の電食等が発生しにくくなる。また、接着剤の使用量の削減、接着時間の削減を図ることができ、回転子 5 0 1、回転電機の生産性を向上することができる。このように、IPM 型の回転子 5 0 1 であっても、電食を抑制でき、積層外側鉄心 5 5 0 と積層内側鉄心 5 5 3 の材料使用量を減少させ、かつ、プレス加工費も抑制可能で、安価な回転電機の回転子 5 0 1、回転電機を提供することができる。

20

【 0 0 6 4 】

実施の形態 6 .

以下、本発明の実施の形態 6 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

図 2 0 (a) は、本実施の形態に係る回転子 6 0 1 の断面図である。

図 2 0 (b) は、図 2 0 (a) の A - A 線での断面図である。

実施の形態 1 に係る回転子 1 と、本実施の形態に係る回転子 6 0 1 では、永久磁石 3 の固定方法および連結部材 6 5 2 の形状が異なる。その他の構造は同じであるため説明を省略する。

30

ただし、説明の簡略化のために、図 2 0 (b) としては、積層内側鉄心 5 3 の内部の肉抜き部 5 3 a ~ 5 3 f が、実施の形態 1 の図 3 (b) に比べて回転軸 1 2 の中心 0 を中心としてやや回転させた状態のものを使用する。

【 0 0 6 5 】

本実施の形態では、連結部材 5 5 2 を用いて、永久磁石 3 の外周全体を覆うことにより積層内側鉄心 5 3 と各分割積層外側鉄心 5 1 および永久磁石 3 を相互に固定している。このようにすることで、接着剤の接着時間の削減を図ることができ、回転子及び回転電機の実産性を向上することができる。また、積層内側鉄心 5 3 の内部の分割外側鉄心片を打ち抜いた部分である肉抜き部 5 3 a、5 3 b、5 3 c、5 3 d の内部に、連結部材 5 5 2 を充填して一体として成形するので、各部材をより強固に結合することができる。

40

【 0 0 6 6 】

実施の形態 7 .

以下、本発明の実施の形態 7 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

図 2 1 は、本実施の形態に係る回転子 7 0 1 の断面図である。

図 2 2 は、回転子 7 0 1 用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 7 0 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。実施の形態 1 と本実施の形態の違いは、積層内側鉄心 7 5 3 の積層厚み H 2 と各分割積層外側鉄心 7 5 1 の積層厚み H 1 が異なることである。本実施の形態では、 $H 1 = \times H 2$ ($= 2$ 以上の整数) の関係が成り立ち、 $= 2$ の例

50

である。

【0067】

また、連結部材752が各分割積層外側鉄心751の軸方向の端部751a、751bと積層内側鉄心753の軸方向の端部の外周部753aにまで一体に成形されていることが異なる。また、分割積層外側鉄心751と積層内側鉄心753を同時に打ち抜く板材上での各鉄心片のレイアウトも異なる。さらに、分割積層外側鉄心751から積層外側鉄心750を構成する製造方法が異なる。

【0068】

本実施の形態では、積層外側鉄心750の周方向の分割数、すなわち分割積層外側鉄心751の数は10であるが、それぞれの分割積層外側鉄心は、軸方向にもさらに2グループに分割されている（積層外側鉄心750Xの軸方向上方に、積層外側鉄心750Yが重ねて配置される）。積層外側鉄心750Xと積層外側鉄心750Yの軸方向の分割面は、カシメや溶接、接着等で固定されておらず、連結部材を一体に成形することで結合している。

10

【0069】

図22に示すように、本実施の形態の回転子701では、1つの内側鉄心片706と、積層外側鉄心750を周方向に分割した数（10個）より多い（倍の）20個の分割外側鉄心片708を同一プレス金型を用いて同一の板材70wから打ち抜く。このとき、カシメや溶接や接着等により各鉄心片を固定した状態の積層の厚みを、各分割積層外側鉄心751も積層内側鉄心753もH2とする。このようにして製造した分割積層外側鉄心751a1～751j1、751a2～751j2を、積層内側鉄心753の内部と外部から一旦取り出す。

20

【0070】

その後、図8(a)と同様に、各分割積層外側鉄心751a1～751j1を下、上、下、上・・・と配置し、この状態で周方向の凹部と凸部を位置決めし、軸方向から上側の分割積層外側鉄心群と下側の分割積層外側鉄心群を互いに圧入することで1個の環状の積層外側鉄心750X（積層厚みはH2）を得ることができる。同様にこれを繰り返し、各分割積層外側鉄心751a2～751j2を環状に組み立てて、積層外側鉄心750Y（積層厚みはH2）を得ることができる。さらに、これらの2つの積層外側鉄心750X、750Y（それぞれ積層厚みはH2）を軸方向に重ねることで、一台分に必要な積層厚みH1の積層外側鉄心750を得ることができる。

30

【0071】

そして、各積層外側鉄心750X、750Yを出力軸方向に2段に重ねた状態で、連結部材752により積層内側鉄心753と一体に成形することで、2つの積層外側鉄心750X、750Yの積層方向に分割された箇所についても固定することができる。

【0072】

このように、積層外側鉄心750の積層厚みをH1、積層内側鉄心753の積層厚みH2とすると、 $H1 > H2$ であり、 $H1 = \times H2$ （2以上の整数、本例では $\times = 2$ ）としたことにより、積層内側鉄心753の積層厚みを半分にできる。これにより、回転子701の材料使用量を低減することができプレス回数を低減して安価な回転電機の回転子701を提供することができる。

40

【0073】

以上から、本例では、電食を抑制でき、積層外側鉄心と積層内側鉄心の材料使用量を減少させ、かつ、生産性の悪化の抑制が可能で安価な回転電機の回転子701を提供することができる。

【0074】

実施の形態8 .

以下、本発明の実施の形態8に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態1と異なる部分を中心に説明する。

50

図 2 3 は、本実施の形態に係る回転子 8 0 1 の断面図である。

図 2 4 は、回転子 8 0 1 用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 8 0 w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。実施の形態 1 とは、積層外側鉄心 8 5 0 の分割数と、分割積層外側鉄心 8 5 1 の形状、そのプレス金型におけるレイアウトが異なる。

その他は、実施の形態 1 と同じであるため説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

本実施の形態では、実施の形態 1 で示した 2 個の分割積層外側鉄心 8 5 1 の外周部の間に薄肉の連結部 5 1 v を設けた分割積層外側ユニット鉄心 5 5 a ~ 5 5 e を使用する。連結部 5 1 v は、薄肉で構成されているので、2 個の分割積層外側鉄心 8 5 1 の外周面が連続する曲面となるように同一平面状で折り曲げることが可能な形状となっている。

10

【 0 0 7 6 】

積層内側鉄心 8 5 3 には、図 2 3 に示すように、軸方向の断面が分割積層外側ユニット鉄心を連結部 5 1 v で略 V 字形状となるように外周側に折曲げた形状と同じ形状をした肉抜き部 8 5 3 a ~ 8 5 3 d が形成されている。また、図 2 4 に示すように、プレス金型での鉄心片のレイアウトでは、内側鉄心片 8 0 6 の内部からは、前述した略 V 字形状の分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 a ~ 8 0 8 d が打ち抜かれ、内側鉄心片の外部からは分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 e が打ち抜かれる。このとき分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 e は略 V 字状ではなく、2 枚の分割外側鉄心片 8 0 8 が連結部を介して直線状になるようにして配置されている。

【 0 0 7 7 】

20

次に、回転子 8 0 1 の製造方法を説明する。

図 2 4 の状態で打ち抜いて積層された各分割積層外側ユニット鉄心 5 5 a ~ 5 5 e と、積層内側鉄心 8 5 3 を金型から抜き出す。次に、各分割積層外側ユニット鉄心 5 5 a ~ 5 5 e を中間の連結部 5 1 v において、2 個の分割積層外側鉄心 8 5 1 の隣接する周方向の端面同士が（図 2 4、分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 d、端部 a、b 参照）が密着するように折り曲げ、このように変形した 5 個の分割積層外側ユニット鉄心 5 5 a ~ 5 5 e を使って、実施の形態 1 で説明した組み立て方法で組み立てることにより、環状の積層外側鉄心 8 5 0 を得ることができる。

【 0 0 7 8 】

30

次に、積層外側鉄心 8 5 0 と積層内側鉄心 8 5 3 を連結部材 8 5 2 で一体化したあと、積層外側鉄心 8 5 0 の外周部に永久磁石 3 を接着剤で固定する。そして回転軸 1 2 を内側鉄心の回転子挿入部 8 5 4 に入れることで、回転子 8 0 1 を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

本発明の実施の形態に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、実施の形態 1 に比べ、分割積層外側鉄心 8 5 1 を連結部 5 1 v を介して複数個連結したため、部品点数が少ない回転子 8 0 1 を得ることができる。

【 0 0 8 0 】

また、回転子 8 0 1 を構成する各鉄心片を打ち抜く際の各鉄心片のレイアウトでは、内側鉄心片 8 0 6 の内部においては回転軸挿入穴 8 0 6 h を取り囲むように略 V 字状の分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 a ~ 8 0 8 d を配置して打ち抜くことができ、材料歩留まりを向上することができる。さらに内側鉄心片 8 0 6 の外部においても、連結部 5 1 v を介して直線状に分割外側鉄心片 8 0 8 を並べた分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 e が打ち抜かれるため、略 V 字状の分割外側ユニット鉄心片を打ち抜く場合に比べて材料歩留まりを高めることができる。

40

【 0 0 8 1 】

さらに、分割外側ユニット鉄心片 8 0 8 a ~ 8 0 8 e の折り曲げ可能な連結手段として単純な薄肉部を形成するだけで済むために製造が容易である。

以上から、電食を抑制でき、積層外側鉄心 8 5 0 と積層内側鉄心 8 5 3 の材料使用量を減少させ、かつ、生産性の悪化を抑制可能で、安価な回転電機の回転子 8 0 1 を提供するこ

50

とができる。

【0082】

実施の形態9.

以下、本発明の実施の形態9に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態1と異なる部分を中心に説明する。

図25は、分割積層外側鉄心951の平面図である。

図26は、本実施の形態に係る回転子901の断面図である。

図27は、回転子901用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材90w上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

10

【0083】

実施の形態1とは、分割外側鉄心の形状と、そのプレス金型での鉄心片のレイアウトが異なる。その他は、実施の形態1と同じであるため説明を省略する。

図25～図27に示すように、分割積層外側鉄心951の外周面の、軸方向に垂直な断面を円弧R902とし、分割積層外側鉄心951の内周面の、軸方向に垂直な断面を円弧R901とすると、円弧R902の曲率中心は、回転軸12の中心軸上の点0と一致し、円弧R901の曲率中心は、回転軸12の中心軸上の点0と一致せず点0より外周側に位置する。また、回り止めとして径方向内側に突出する凸部951uを有する。

【0084】

図27に示すように、プレス金型では同一の板材90wから積層内側鉄心953と積層外側鉄心950の同一の積層を構成する全ての鉄心片を同時に打ち抜いている。内側鉄心片906の内部から分割外側鉄心片908a～908fが打ち抜かれ、内側鉄心片906の外部から分割外側鉄心片908g～908jが打ち抜かれる。このとき、実施の形態1では、内側鉄心片6と、分割外側鉄心片8g～8jの間には隙間があった。本例ではこの隙間をなくし、内側鉄心片906の外周部と分割外側鉄心片の内周部の境界をそれぞれ同形状の円弧R903、R901となるように一度で打ち抜いて構成する。このとき、分割外側鉄心片908g～908jの外周部の円弧R902の曲率中心は、回転子挿入穴906hの中心0とは異なる位置(積層外側鉄心950として組み立てたときに回転軸12の中心となるよう)に配置される。これにより、円弧R903と円弧R901の曲率半径は等しく、円弧R902と、円弧R903及び円弧R901の曲率半径は異なることになる。

20

30

このようにすることで、実施の形態1と比べてプレス打ち抜き時の鉄心片の隙間をなくすことができるため、板材90wの歩留まりをさらに向上することができる。

【0085】

また、分割外側鉄心の回り止めの凸部951uについても、鉄心片をプレス打ち抜きする際に、同じ形状を有する凹部を内側鉄心片906に同時に構成することができるため、より生産性の高い回転子901を得ることができる。さらに、実施の形態1で示した回転子(図3(b))では、連結部材52の外周の軸方向に垂直な断面が円形状(回り止め部を除く)であることに対し、本実施の形態では、図26に示すように曲率中心の異なる円弧が、連続する形状となっている。このため、より回り止めの効果を大きくすることができる。

40

【0086】

なお、本構造の回転子901では、積層内側鉄心953の外周部と、積層外側鉄心950の内周部は樹脂等から構成される連結部材952で一体化するため、高い寸法精度は必要とされない。このため、本実施例のように、内側鉄心片906の外周部と、分割外側鉄心片908の内周部を境界として打ち抜いて両鉄心片を構成したとしても、回転電機として必要な精度には影響しない。

【0087】

実施の形態10.

以下、本発明の実施の形態10に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法

50

、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 9 と異なる部分を中心に説明する。

図 28 は、分割積層外側鉄心 1051 の平面図である。

図 29 は、本実施の形態に係る回転子 1001 の断面図である。

図 30 は、回転子 1001 用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 100w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【0088】

本実施の形態は、実施の形態 9 とは、積層外側鉄心 1050 を構成する分割積層外側鉄心の数と形状、およびプレス金型での鉄心片のレイアウトが異なる。その他は、実施の形態 9 と同じであるため説明を省略する。図 29 に示すように、積層外側鉄心 1050 は、周方向に均等に 6 個の分割積層外側鉄心 1051 に分割されている。また、回り止め凸部 1051u は、各分割積層外側鉄心に 2 個ずつ配置している。

10

【0089】

図 30 に示すように、4 枚の分割外側鉄心片 1008a ~ 1008d は、内側鉄心片 1006 の内部から打ち抜かれ、2 枚の分割外側鉄心片 1008e ~ 1008f は、内側鉄心片 1006 の外部から打ち抜かれることで製造される。

図 30 の配置で打ち抜かれた各分割外側鉄心片 1008 と内側鉄心片 1006 を金型内で積層して抜き出し、実施の形態 1 で示した分割積層外側鉄心の組み立て方法で環状に組み立てて積層外側鉄心 1050 を製造する。

【0090】

この積層外側鉄心 1050 と積層内側鉄心 1053 を連結部材 1052 で一体化したあと、積層外側鉄心 1050 の外周面に永久磁石 3 を接着剤で固定する。そして回転軸 12 を積層内側鉄心 1053 の中心に入れることで、回転子 1001 を得ることができる。

20

【0091】

各分割外側鉄心の接合部 1051s の数は、実施の形態 1 の接合部に比べて半分となっている。このようにすることで、従来例に比べ回転子鉄心の製造に必要な板材使用量を低減することができる。さらに、実施の形態 1 に比べ、積層外側鉄心 1050 の分割数が少ないため、部品点数が少ない回転子 1001 を得ることができる。

【0092】

また、実施の形態 1 に比べ、積層外側鉄心 1050 の分割面数が少なく、磁気抵抗の増加を抑制することができ、より小型化が可能な（材料使用量が低減可能な）回転子 1001 を得ることができる。このように、本発明の実施の形態に係る、回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材によれば、電食を抑制でき、積層外側鉄心 1050 と積層内側鉄心 1053 の材料使用量を減少させ、かつ、生産性の悪化を抑制可能で、安価な回転電機の回転子 1001 を提供することができる。

30

【0093】

実施の形態 11 .

以下、本発明の実施の形態 11 に係る回転電機の回転子、回転電機、回転子の製造方法、回転電機の製造方法、回転子の鉄心部材を、図を用いて実施の形態 1 ~ 10 と異なる部分を中心に説明する。

40

図 31 は、回転電機の分割積層固定子ユニット鉄心 1125 の平面図である。

図 32 は、分割積層固定子ユニット鉄心 1125 を 4 個、環状に配置した積層固定子鉄心 1120 の平面図である。

図 33 は、回転子の鉄心を構成する一層の鉄心片と分割固定子ユニット鉄心を構成する一層用の鉄心片を打ち抜くプレス金型における板材 1100w 上での各鉄心片のレイアウトを示す図である。

【0094】

本実施の形態では、積層外側鉄心を構成する全ての分割積層外側鉄心と積層内側鉄心および積層固定子鉄心を構成する全ての分割積層固定子ユニット鉄心 1125 の同一層を形成する鉄心片を、同一プレス金型および同一板材から同時に打ち抜く。

50

分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 は、同一平面上で折り曲げ可能な連結部 1 1 2 5 v を介して複数の分割積層固定子鉄心 1 1 2 1 を連結している。連結部 1 1 2 5 v は薄肉によって構成している。また分割積層固定子鉄心 1 1 2 1 の連結数は 3 個として 1 個の分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 を構成し、4 個の分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 を環状に配置することで積層固定子鉄心 1 1 2 0 を構成する。

【0095】

また、分割積層固定子鉄心 1 1 2 1 のヨークの外周側は円弧状ではなく、直線状になっている。図 3 3 に示すように、この分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 用の鉄心片は、二列抜きで打ち抜かれる。このとき、二列の分割固定子ユニット鉄心片 1 1 0 4 が、一方の列の互いに隣接するティース部 1 1 0 4 a の間に、他方の列のティース部 1 1 0 4 a が向き合って入るように配置される。このようにすることで、一列で打ち抜く場合に比べ、固定子鉄心の材料使用量を低減している。また、ヨークの外周側を円弧状ではなく、直線状としたことにより、プレスで打ち抜かれる材料幅を小さくできるため、材料使用量を低減することができる。また、回転電機の製造時に必要となるプレス回数を減少させることができる。

10

【0096】

実施の形態 1 に係る製造方法では、固定子鉄心片を打ち抜くプレス回数に加え、回転子鉄心片を打ち抜く回数が必要となるが、本実施の形態では、固定子鉄心と回転子鉄心を構成する鉄心片を同一プレス金型で製造するため、プレス回数を一度に集約でき、生産性が向上する。また、分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 の折り曲げ可能な連結手段として単純な薄肉部を形成するだけで済むために製造が容易となる。

20

【0097】

このようにして得られた複数の分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 に対して巻線を施した後、ヨークが外周側にティースが内周側になるように連結部 1 1 2 5 v を同一平面上で折り曲げ、環状に並べ、隣接する分割積層固定子ユニット鉄心 1 1 2 5 の接合面を接着や溶接等により固着することで、図 3 2 に示すような積層固定子鉄心 1 1 2 0 を得ることができる。(巻線やインシュレータは省略し、固定鉄心の状態のみを図示した)

【0098】

尚、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

30

【符号の説明】

【0099】

100 回転電機、
 1, 201, 301, 501, 601, 701, 801, 901, 1001 回転子、
 12 回転軸、
 1w, 2w, 3w, 4aw, 20w, 30w, 70w, 80w, 90w, 100w, 1100w 板材、
 2 固定子、20, 1120 積層固定子鉄心、21, 1121 分割積層固定子鉄心、
 21a 積層ティース部、21b 積層ヨーク部、21c 先端部、22 固定子巻線、
 3 永久磁石、3a ハウジング部、3b ハウジング部、31a 軸受、
 31b 軸受、32 波ワッシャ、4 固定子鉄心片、4a ティース部、
 5 積層回転子鉄心、
 50, 250, 350, 550, 750, 750X, 750Y 積層外側鉄心、
 51, 51a~51k, 251, 451d, 551, 751, 751a1~751j1, 751a2~751j2, 851, 951, 1051 分割積層外側鉄心、
 51m 孔、51n 外周面、51p 凹部、
 51q, 451du, 951u, 1051u 凸部、51s 接合部、
 51t, 53t, 251t, 451t 凹部、51v 連結部、
 52, 252, 352, 552, 652, 752, 852, 952, 1052 連結部材、

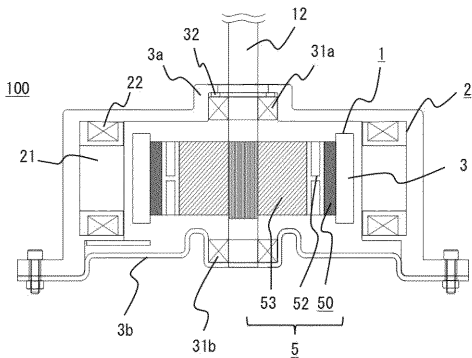
40

50

53, 253, 353, 553, 753, 853, 953, 1053 積層内側鉄心、
 53a~53f 肉抜き部、55a~55e 分割積層外側ユニット鉄心、
 6, 6x, 206, 306, 706, 806, 1006 内側鉄心片、7 金型、
 71 ボス、72 内周面、
 8, 8a~8g, 8y, 208a, 308, 708, 808, 908, 908a~908g, 1008 分割外側鉄心片、
 8x 外側鉄心片、808a~808e 分割外側ユニット鉄心片、
 251s, 1051s 接合部、551d 磁石挿入部、751a 端部、
 753a 外周部、806h 回転軸挿入穴、854 回転子挿入部、
 906h 回転子挿入穴、1104 分割固定子ユニット鉄心片、
 1104a ティース部、1125 分割積層固定子ユニット鉄心、1125v 連結部。

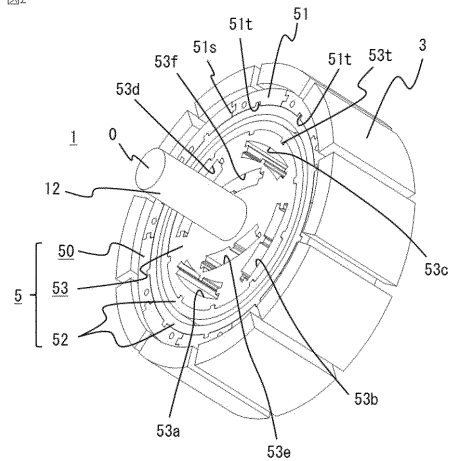
【図1】

図1

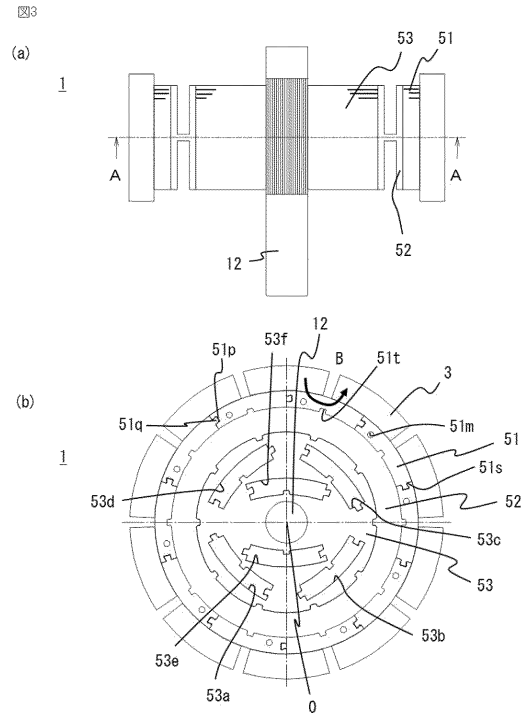


【図2】

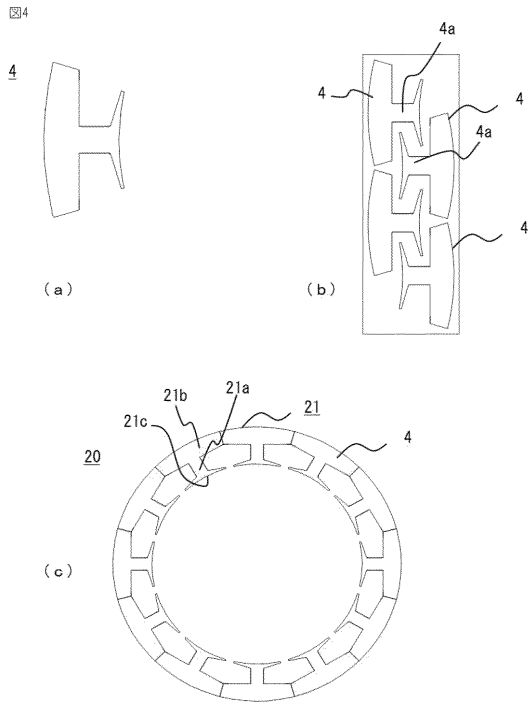
図2



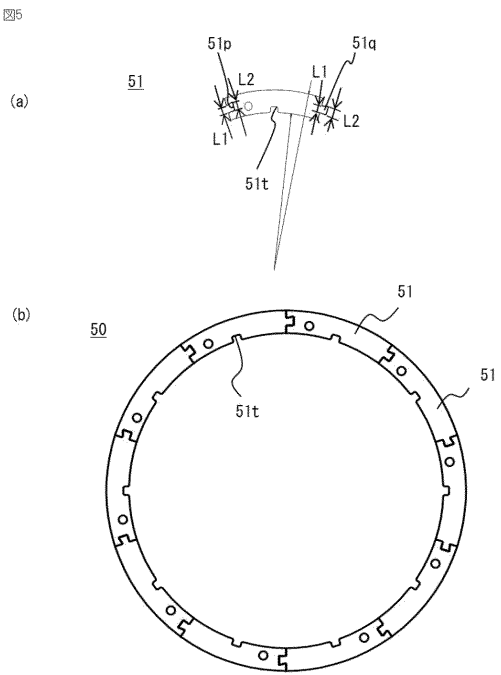
【 図 3 】



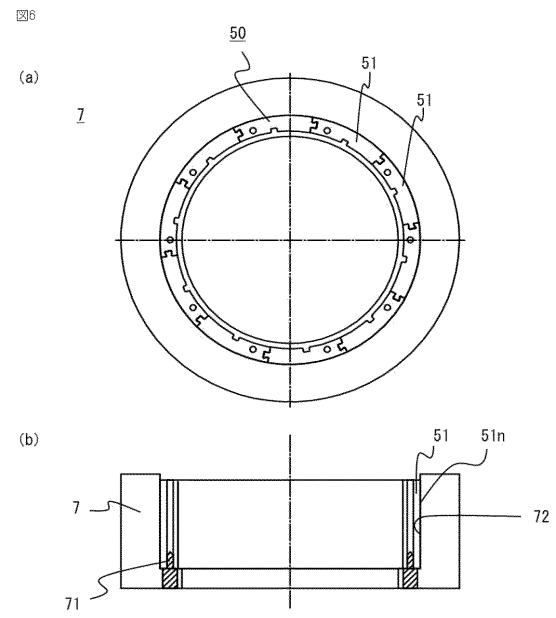
【 図 4 】



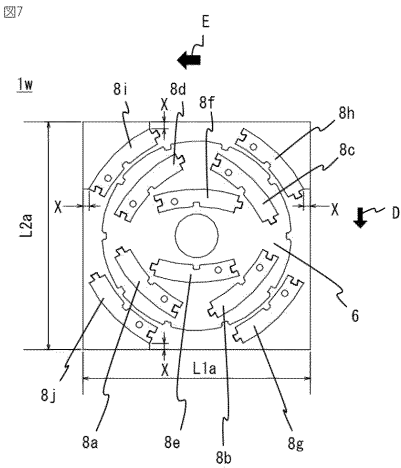
【 図 5 】



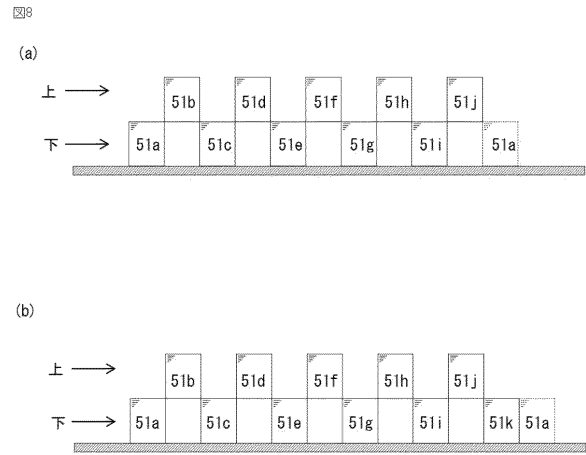
【 図 6 】



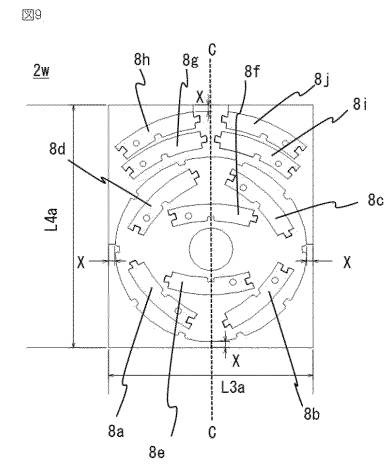
【 図 7 】



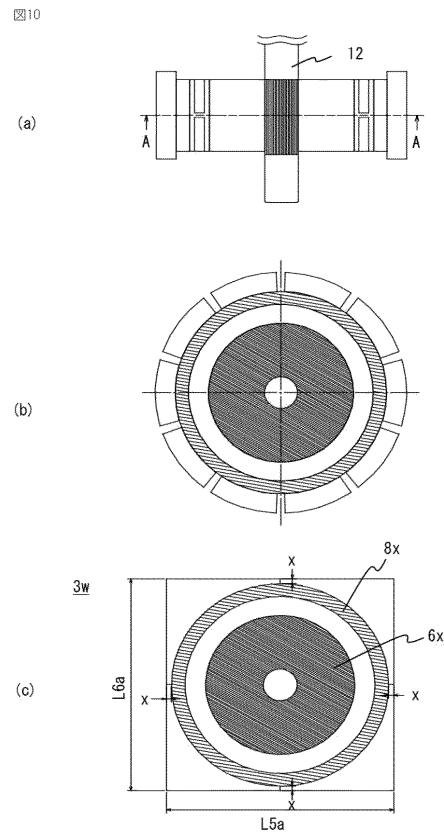
【 図 8 】



【 図 9 】

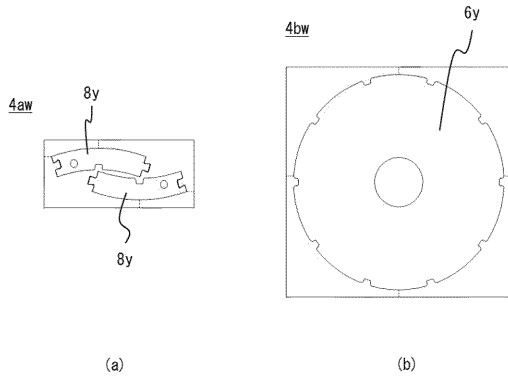


【 図 10 】



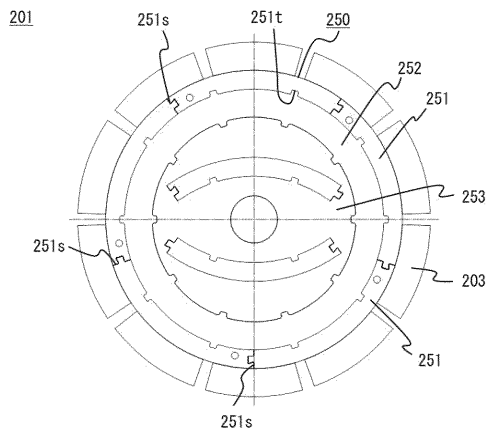
【 図 1 1 】

図11



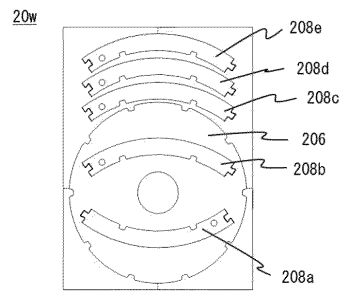
【 図 1 2 】

図12



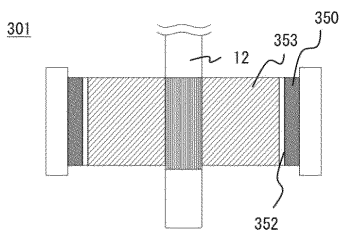
【 図 1 3 】

図13



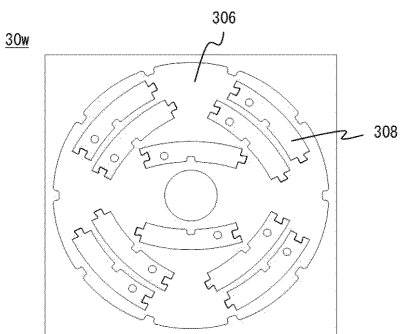
【 図 1 4 】

図14



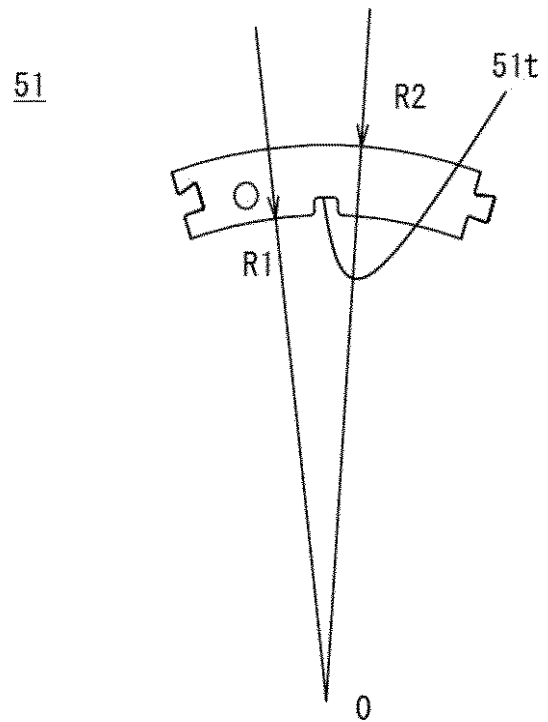
【 図 1 5 】

図15



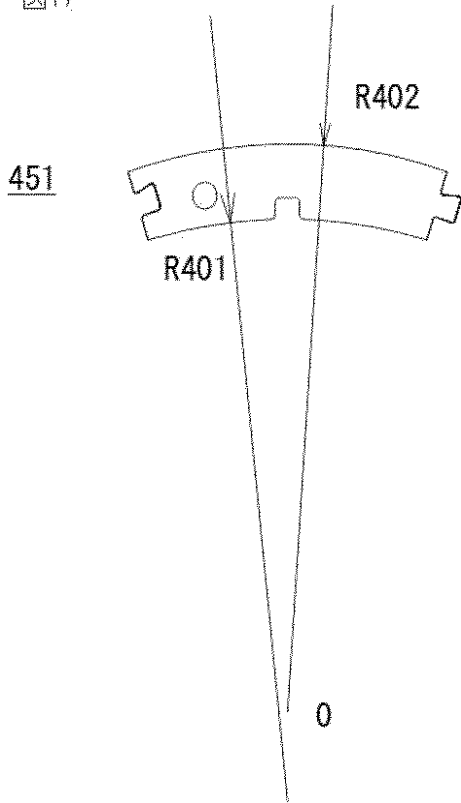
【 図 1 6 】

図16



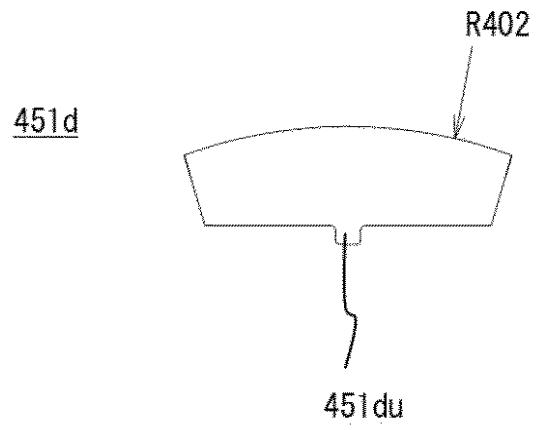
【図17】

図17



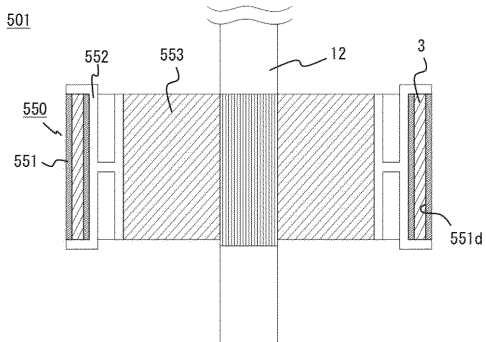
【図18】

図18



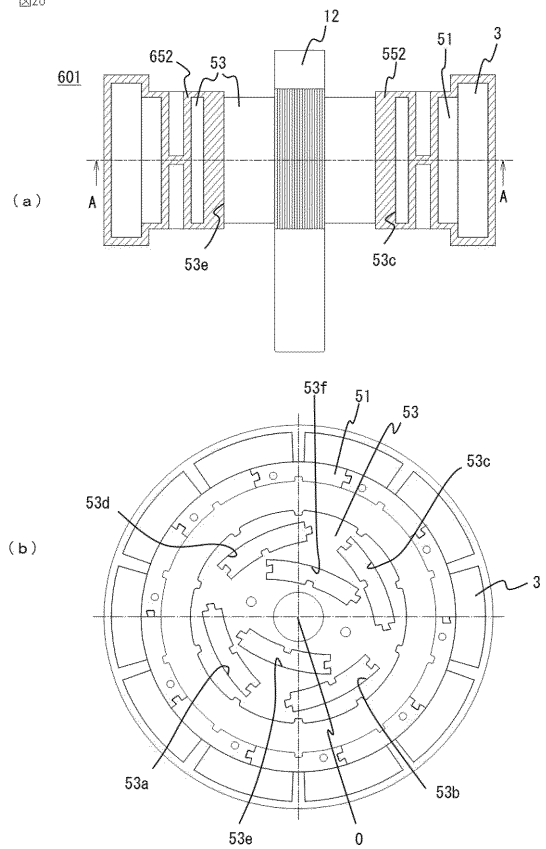
【図19】

図19

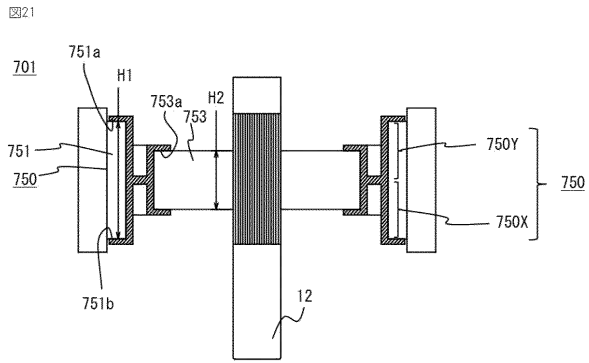


【図20】

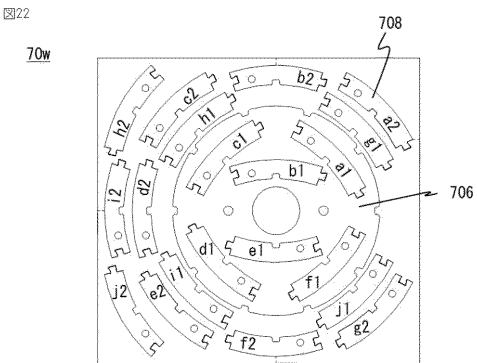
図20



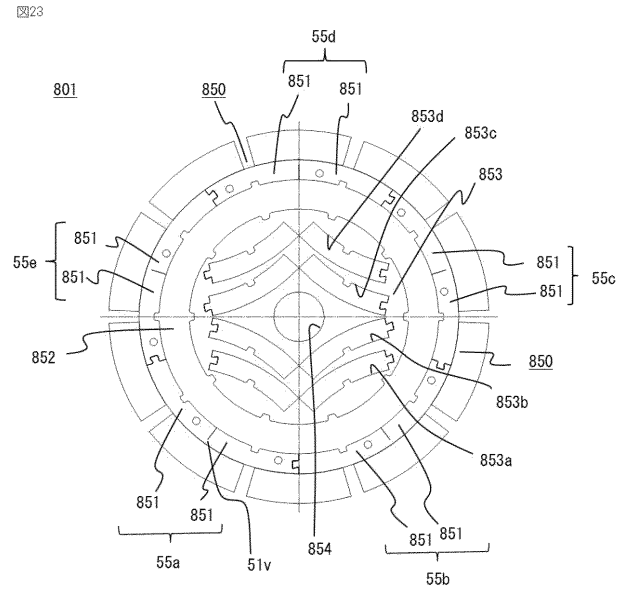
【 図 2 1 】



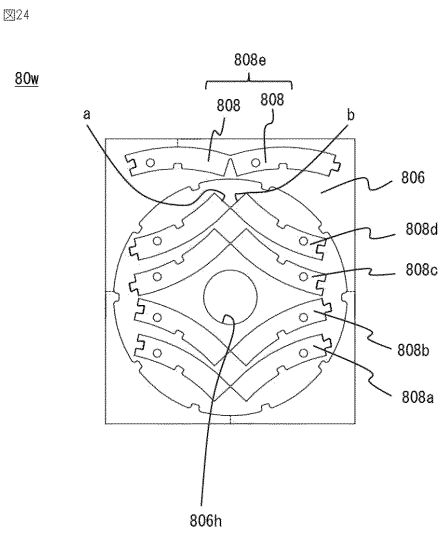
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



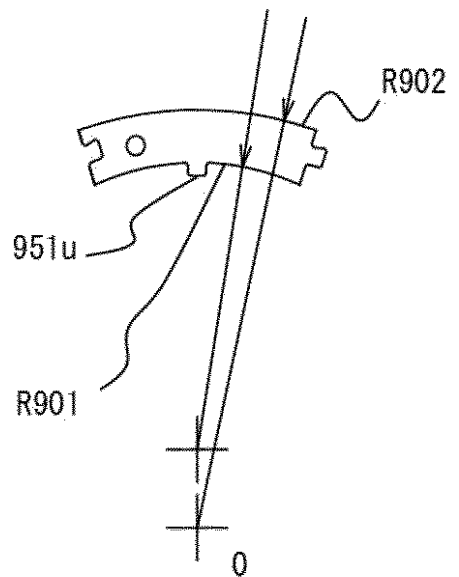
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】

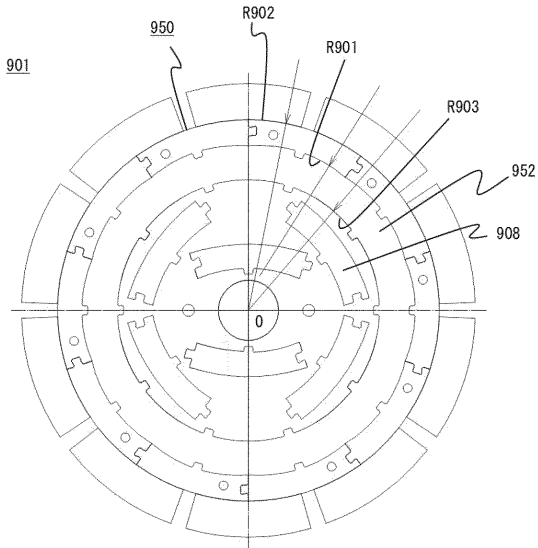
図 25

951



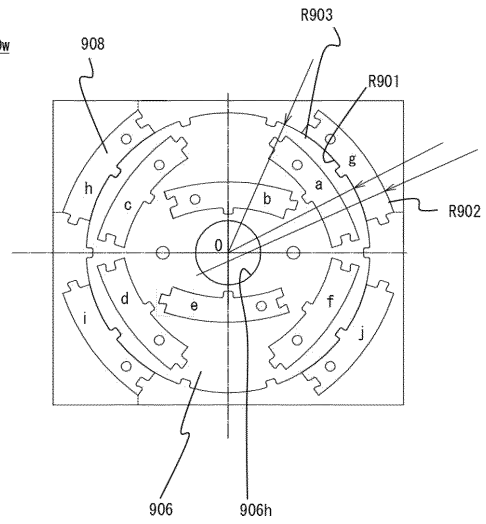
【 図 2 6 】

図26



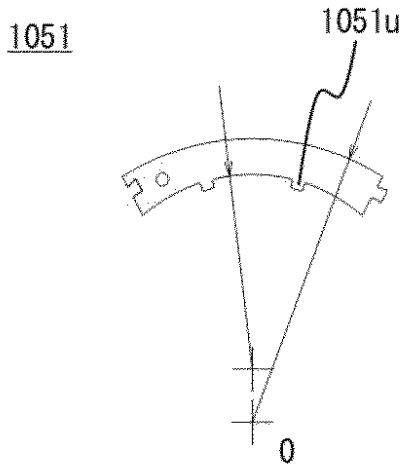
【 図 2 7 】

図27



【 図 2 8 】

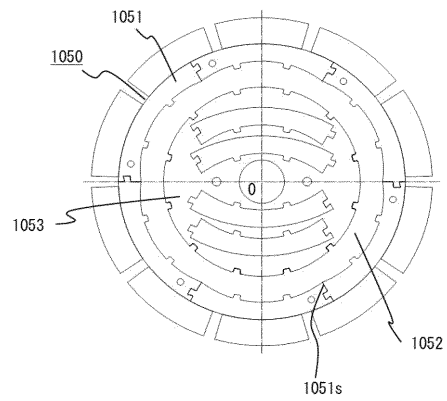
図28



【 図 2 9 】

図29

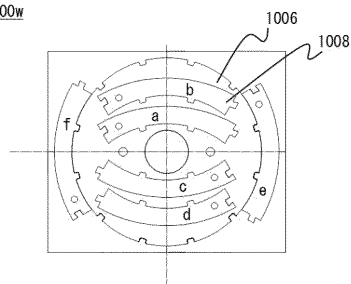
1001



【 図 3 0 】

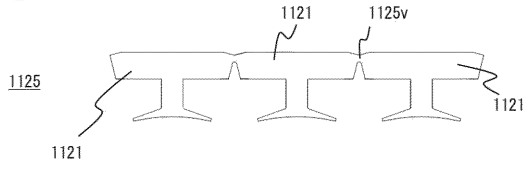
図30

100w



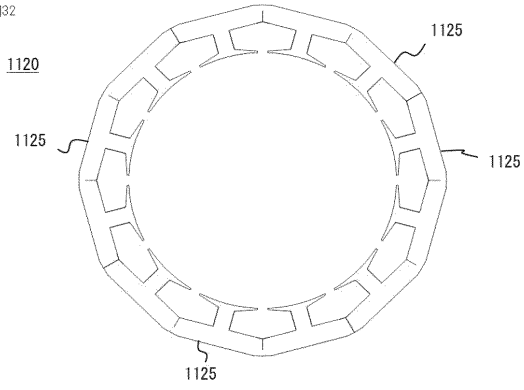
【 3 1 】

31



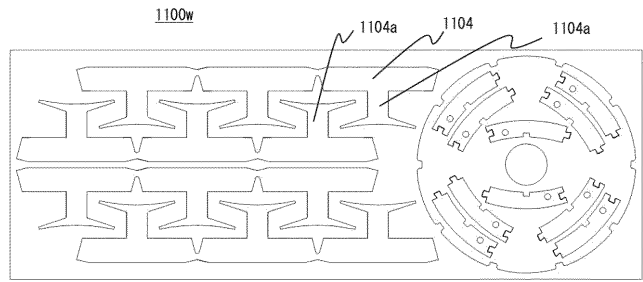
【 3 2 】

32



【 3 3 】

33



フロントページの続き

- (72)発明者 並河 遼
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 山中 宏志
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 山本 一之
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 福住 弘枝
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) 5H601 BB08 CC15 DD01 DD11 DD21 GA21 GA34 GC12 GD03 GD07
GD08 KK01 KK08
5H605 AA12 BB10 CC05 GG12
5H615 AA01 PP02 PP06 SS03 SS05 TT04
5H622 CA02 CA10 CB01