

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 10 月 27 日(27.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/132250 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056929

(22) 国際出願日: 2010 年 4 月 19 日(19.04.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 角田 佳介 (KADOTA Keisuke) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 清水 拓也 (SHIMIZU Takuya) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 山本 出 (YAMAMOTO Izuru) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 井下 寛史 (INOSHITA Hirofumi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人コスモ特許事務所(COSMOS PATENT OFFICE); 〒4600003 愛知県名古屋

市中区錦二丁目 2 番 2 2 号 名古屋センタービル別館 2 階 Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

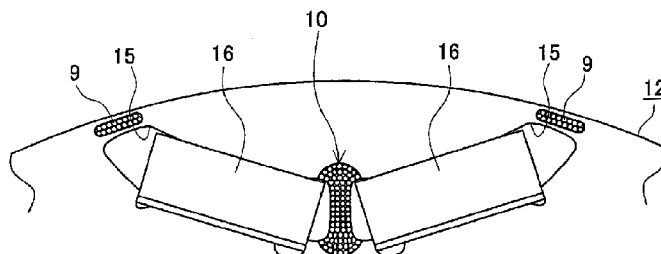
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ROTOR FOR AN EMBEDDED-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

(54) 発明の名称: 磁石埋め込み型同期モータ用ロータ

[図2]



(57) Abstract: In the disclosed rotor for an embedded-magnet synchronous motor, two permanent magnets are embedded, at a separation, at one magnetic pole in a rotor core. Said rotor core, which has magnet holes via which the permanent magnets are inserted, has (in particular, in a center bridge section) a nonmagnetic metal assembly.

(57) 要約: 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータであって、永久磁石が挿入される磁石孔を形成するロータコア内(特に、センターブリッジ部)に、非磁性金属の集合体を有する。

WO 2011/132250 A1

明 細 書

発明の名称： 磁石埋め込み型同期モータ用ロータ

技術分野

[0001] 本発明は、１つの磁極に２つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ハイブリッド自動車用駆動用モータとして、エネルギー効率の高い磁石埋め込み型同期モータが使用されている。特に、１つの磁極に、２つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれたものが、使用されている。それは、２つの永久磁石の補助磁極に起因するリアクタンストルクを利用でき、高いモータ効率を得られるためである。

図１６に、従来の磁石埋め込み型同期モータ用ロータとステータ４０との関係を示す。ステータ４０では、コイルを省略して示している。図示しないコイルにより発生した有効磁束ⅠＡは、ティース４１を通して、ロータコア１２内の永久磁石３１、３２へと流れる。永久磁石３１と永久磁石３２とは、磁極の向きが逆向きに配置されている。

しかし、上記磁石埋め込み型同期モータ用ロータには、次のような問題がある。すなわち、永久磁石３１と永久磁石３２の間付近、いわゆるセンタブリッジ部１８、または永久磁石３１（３２）と外周縁との間の境界領域部１９を、漏れ磁束ⅠＢが通り抜ける問題があった。センタブリッジ部１８や境界領域部１９を通り抜ける漏れ磁束ⅠＢは、モータのトルクに寄与しないため、モータ効率を低下させる問題がある。

その問題を解決するために、センタブリッジ部１８や境界領域部１９に空孔を形成することが考えられるが、それでは、ロータの強度不足、特に高回転数で回転したときに、永久磁石３１（３２）で発生する遠心力をカバーする強度に強度不足の懸念がある。

[0003] この強度不足の問題を解決するために、特許文献 1 では、非磁性金属材料、または樹脂材料をセンターブリッジ部 18 に設けることが提案されている。

また、特許文献 2 では、センターブリッジ部 18 を非磁性体により形成すること、特に、渦電流の増大による損失を回避するために、樹脂等の絶縁体により形成することが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-278696号公報

特許文献2：特開2009-201269号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献 1、2 に記載された発明には、次のような問題があった。

すなわち、非磁性金属を使用する場合には、ロータの強度は確保できるが、非磁性金属内を磁束が流れたときに、誘起電流による渦電流損失が発生し、モータ効率が低下する問題があった。

一方、樹脂等の絶縁体を使用する場合には、誘起電流が発生することなく渦電流損失を回避することはできるが、ロータコアの強度不足が問題であった。すなわち、ハイブリッド自動車で使用される磁石埋め込み型同期モータは、1 万回転以上の高速回転される場合があるが、そのような高速回転では、永久磁石に発生する遠心力が大きく、ロータコアの一部を樹脂で構成すると、樹脂部分が強度的に耐えることができず、破損する恐れがある。そのため、ロータコアの一部に樹脂を使用することは、ハイブリッド自動車では、実現性がなかった。

[0006] 本発明は、上記問題点を解決することを目的とし、渦電流損失を回避すると共に、ロータの強度を維持可能な磁石埋め込み型同期モータ用ロータを提

供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様における磁石埋め込み型同期モータ用ロータは、次のような構成を有している。

(1) 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータであって、永久磁石が挿入される磁石孔を形成するロータコア内に、非磁性金属の集合体を有することを特徴とする。

(2) (1)に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、前記2つの永久磁石の間の前記ロータコア内（センタブリッジ部）に、前記非磁性金属の集合体を有する。

(3) (1)または(2)に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、非磁性金属の集合体は、小球の集合体、細線の集合体、積層薄板のいずれか1つであることを特徴とする。ここで、細線を用いる場合には、ロータの中心線と細線の中心線が略平行になるように、細線を配列する。また、積層薄板を用いる場合には、ロータの半径方向と積層薄板の配置方向がほぼ平行となるように、積層薄板を配列する。すなわち、磁束の方向に垂直な面が、細分化されているように、細線や薄板を配列する。

[0008] (4) (3)に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、前記小球の直径、前記細線の太さ、前記薄板の厚さを、ロータコアを形成している電磁鋼板の厚さ以下とすることを特徴とする。

(5) (1)乃至(4)に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータのいずれか1つにおいて、内部に前記集合体が充填されるケースであって、ロータコアに形成したケース孔に装着されたときに、前記ロータコアの両端部から突き出た締結部を備える集合体ケースを有することを特徴とする。

締結部の締結方法としては、例えば、締結部に外周面に雄ネジが形成されたボルト部材を溶接し、ナットで締結する方法、締結部にカシメ部を形成し、カシメ部をかしめることにより締結する方法が考えられる。

(6) (5)に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、前記集合体ケースが、前記ロータコアと係合する係合部を有することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明の磁石埋め込み型同期モータ用ロータは、次のような作用、効果を奏する。

(1)、(3) 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータであって、永久磁石が挿入される磁石孔を形成するロータコア内に、非磁性金属の集合体を有することを特徴とするので、非磁性金属の集合体内を磁束が通過するときに、誘起される渦電流の大きさは、細線の太さにより制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができると共に、非磁性金属の集合体を用いているため、高速回転した場合の永久磁石の遠心力に対して、十分な強度を確保することができる。

磁束により誘起される渦電流は、金属表面に発生することを特徴とし、同じ金属固体内では、磁束強さに対応する渦電流を発生するが、別な金属固体が強く押圧されていても、その間では渦電流はほとんど流れることはない。すなわち、ロータコアを積層鋼板で構成した場合に、渦電流大きさは、鋼板の厚みの2乗に比例することが知られており、積層鋼板で発生する渦電流の大きさは、ほぼ1枚の鋼板の厚みで決定され则认为てよい。

[0010] (2)、(3) 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータであって、2つの永久磁石の間のロータコア内（センターブリッジ部）に、非磁性金属（小球の集合体、細線の集合体、積層薄板のいずれか1つ）の集合体を有するので、非磁性金属の集合体内を磁束が通過するときに、誘起される渦電流の大きさは、細線の太さにより制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができると共に、非磁性金属の集合体を用いているため、高速回転した場合の永久磁石の遠心力に対して、十分な強度を確保するこ

とができる。

磁束により誘起される渦電流は、金属表面に発生することを特徴とし、同じ金属固体内では、磁束強さに対応する渦電流を発生するが、別な金属固体が強く押圧されていても、その間では渦電流はほとんど流れることはない。すなわち、ロータコアを積層鋼板で構成した場合に、渦電流大きさは、鋼板の厚みの2乗に比例することが知られており、積層鋼板で発生する渦電流の大きさは、ほぼ1枚の鋼板の厚みで決定され则认为てよい。これと同様に、細線の場合には、細線の太さにより渦電流損失の大きさが決定される。

[0011] (4) (1) または (2) に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、前記小球の直径、前記細線の太さ、前記薄板の厚さを、ロータコアを形成している電磁鋼板の厚さ以下とすることを特徴とするので、電磁鋼板で発生する渦電流の大きさより大きな渦電流を発生することがないため、新たな渦電流損失をほとんど発生することがない。

(5) (1) 乃至 (4) に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータのいずれか1つにおいて、内部に前記集合体が充填されるケースであって、ロータコアに形成したケース孔に装着されたときに、前記ロータコアの両端部から突き出た締結部を備える集合体ケースを有することを特徴とするので、小球、細線、積層薄板を集合体ケースに収納することにより、一体的に取り扱うことができるため、生産ラインにおいて、ロータの組み立て効率を高くして、コストを低減することができる。

(6) (5) に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、前記集合体ケースが、前記ロータコアと係合する係合部を有することを特徴とするので、高速回転した場合の永久磁石の遠心力により発生する恐れのある集合体ケースの、ロータコアに対するずれを防止することができる。すなわち、係合部としてロータコアとの接触面を大きく取ることができるため、集合体が充填された集合体ケースに力が加わっても、集合体ケースがずれることがない。

図面の簡単な説明

[0012] [図1] ロータコアの全体構造を示す平面図である。

[図2] 図 1 の部分拡大図である。

[図3] 非磁性金属集合体の一部 S 1 の構造を示す斜視図である。

[図4] 第 1 の実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータの製造工程を示す図である。

[図5] 図 4 の続きの製造工程を示す図である。

[図6] 図 5 の続きの製造工程を示す図である。

[図7] 図 6 の続きの製造工程を示す図である。

[図8] 第 2 の実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータの製造工程を示す図である。

[図9] 図 8 の続きの製造工程を示す図である。

[図10] 図 9 の続きの製造工程を示す図である。

[図11] 図 1 0 の続きの製造工程を示す図である。

[図12] 図 1 1 の続きの製造工程を示す図である。

[図13] 第 3 の実施の形態の集合体を示す図である。

[図14] 第 3 の実施の形態の集合体の変形例を示す図である。

[図15] 本発明の磁石埋め込み型同期モータ用ロータの磁束の流れを示す図である。

[図16] 従来の磁石埋め込み型同期モータ用ロータの磁束の流れを示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明に係る磁石埋め込み型同期モータ用ロータの第 1 の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

図 1 に、本実施形態のロータ 1 1 を平面図により示す。ロータ 1 1 は、ロータコア 1 2 と、ロータコア 1 2 の中心に形成された一つのシャフト締付孔 1 3 と、そのシャフト締付孔 1 3 に組み付けられたロータシャフト 1 4 と、ロータコア 1 2 とロータシャフト 1 4 を結合させる結合構造とを備える。

この実施形態で、ロータコア 1 2 は、厚さ 0. 3 mm の薄板鋼板を積層す

ることにより形成される。図 1 に示すように、ロータコア 12 の外周部には、複数のスロット 15 が形成される。複数のスロット 15 は、ロータコア 12 の外周縁に沿って配列され、隣り合う 2 つのスロット 15 が「ハの字状」又は「逆ハの字状」をなすように配置される。各スロット 15 には、それぞれ界磁用の永久磁石 31 (32) が組み込まれて固定される。

[0014] また、ロータコア 12 には、シャフト締付孔 13 と複数のスロット 15 との間にて、シャフト締付孔 13 の周囲に複数（この実施形態では「8 個」）の孔 17 が形成される。これらの孔 17 は、平面視で略台形状をなし、ロータコア 12 を軸方向に貫通する。これらの孔 17 は、「逆ハの字状」をなす二つ一組のスロット 15 の間に一つずつ配置される。図 2 に、ロータ 11 につき図 1 の鎖線楕円 S1 で囲んだ部分を拡大して平面図により示す。「逆ハの字状」をなす隣り合う二つのスロット 15 の間には、両スロット 15 を区画する肉部分としてのセンタブリッジ部 18 が形成される。また、各スロット 15 からロータコア 12 の外周縁までの間には、肉部分としての境界領域部 19 が形成される。モータを構成するために、このロータ 11 がステータに組み付けられた状態で、各スロット 15 に組み込まれた永久磁石 31 (32) を、ロータ 11 の周囲に位置するステータに近付けるためには、境界領域部 19 を極力薄くする必要がある。

[0015] 図 1 に示すセンタブリッジ部 18 には、図 2 に示すように、非磁性金属集合体 10 が固定されている。また、図 1 に示す境界領域部 19 には、図 2 に示すように非磁性金属集合体 9 が固定されている。

非磁性金属集合体 10 と非磁性金属集合体 9 の構成は基本的に同じなので、本実施の形態では、センタブリッジ部 18 に固定された非磁性金属集合体 10 について詳細に説明する。

図 3 に、非磁性金属集合体 10 の構造を斜視図で示す。図 3 では、両端の締結部を省略して、ロータコア 12 内に位置する部分のみを図示している。図 4 から図 7 に、非磁性金属集合体 10 をロータコア 12 に組み込んで固定する製造方法を示す。

図3に示すように、略I字型の集合体ケース21は、両端部に膨らんだ部分である一对の係合部21aが形成されている。一对の係合部21aは、中間部21bにより接続している。集合体ケース21の材質は、非磁性金属であるSUS304であり、厚みは0.3mmである。係合部21aにより、集合体ケース21とロータコア12の接触する面積を倍増することができる。SUS304の比抵抗は、ロータコア12を構成している薄板鋼板の比抵抗と同じである。

[0016] 図4(a)に示すように、集合体ケース21の下端には、外周に雄ネジが形成された下側ボルト部材23が溶接により接合されている。下側ボルト部材23は、底板を形成しており、集合体ケース21内には、直径0.3mmの細線22が、押し込まれて密に収納されている。細線22の材質は、非磁性金属であるSUS304である。集合体ケース21の上端部には、上側ボルト部材24を溶接するための上端部21cが形成されている。上端部21cの内側には細線22が存在しないため、上端部21cの厚みは、細線22が収納されている部分よりも肉厚にしても良い。

次に、非磁性金属集合体10をロータコア12に組み込んで固定する製造方法について説明する。

図4(a)に示すように、集合体ケース21内の空間に、予めプレス成形されて、外形が集合体ケース21の空間に合わせられている細線22を押し込んで密に収納する。その状態を図4(b)に示す。次に、図4(c)に示すように、細線22が収納された集合体ケース21をロータコア12のセンタブリッジ部18に形成された挿入孔18aに挿入する。挿入した状態を、図5(a)に示す。細線22は、ロータの中心線と細線22の中心線が平行になるように配置されている。すなわち、細線22は、集合体ケース21に対して、中心線方向に挿入されている。これにより、磁束の通過方向に対して、細線22が直交するように配置される。

この状態では、上端部21cは、ロータコア12の上面より突き出ている。次に、図5(b)に示すように、上端部21cの外周に、外周面に雄ネジ

が形成された上側ボルト部材 2 4 を嵌合させる。

[0017] 次に、図 6 に示すように、レーザ溶接機 2 5 により、上側ボルト部材 2 4 を上端部 2 1 c に溶接結合させる。上側ボルト部材 2 4 は上蓋板を構成し、細線 2 2 は、集合体ケース 2 1、下側ボルト部材 2 3、及び上側ボルト部材 2 4 により、密閉保持される。

次に、上側ボルト部材 2 4 に対して上側ナット部材 2 6 をネジ締結する。同時に、下側ボルト部材 2 3 に対して下側ナット部材 2 7 をネジ締結する。そして、上側ナット部材 2 6 と下側ナット部材 2 7 とを同じ力で均等にネジ込んでいき、ロータコア 1 2 に対して、集合体ケース 2 1 に収納された細線 2 2 を固定する。これにより、細線 2 2 が充填された集合体ケース 2 1 は、ロータコア 1 2 に対して確実に固定されるため、遠心力が作用しても、細線 2 2 が充填された集合体ケース 2 1 が、ロータコア 1 2 に対してずれることがない。

細線 2 2、集合体ケース 2 1、上側ボルト部材 2 4、下側ボルト部材 2 3、上側ナット部材 2 6、及び下側ナット部材 2 7 により、非磁性金属集合体 1 0 が構成される。

[0018] 次に、上記構成を有する磁石埋め込み型同期モータ用ロータの効果について説明する。図 1 5 に、本発明の磁石埋め込み型同期モータ用ロータを、ステータ 4 0 に組み込んだ状態を示す。ステータ 4 0 では、コイルを省略して示している。図示しないコイルにより発生した有効磁束 I A は、ティース 4 1 を通って、ロータコア 1 2 内の永久磁石 3 1、3 2 へと流れる。

このとき、永久磁石 3 1 と永久磁石 3 2 の中間付近である、センターブリッジ部 1 8 には、非磁性金属集合体 1 0 が配置されているので、図 1 6 に示す漏れ磁束 I B が通り抜けることが少ない。センターブリッジ部 1 8 を通り抜ける漏れ磁束 I B が少ないため、モータ効率を低下させることがなく、モータ効率の高いモータを提供することができる。

[0019] ここで、従来技術のように、非磁性金属を一体で構成した場合には、漏れ磁束により、渦電流損失が発生する問題があった。しかし、本実施の形態で

は、細線 22 の集合体である非磁性金属集合体 10 を用いているので、渦電流損失の発生は、積層鋼板からなるロータコア 12 に発生する渦電流損失以下であり、渦電流損失を低減できる。

すなわち、磁束により誘起される渦電流は、金属表面に発生することを特徴とし、同じ金属固体内では、磁束強さに対応する渦電流を発生するが、別な金属固体が強く押圧されていても、その間では渦電流はほとんど流れることはない。すなわち、ロータコア 12 を積層鋼板で構成した場合に、渦電流の大きさは、鋼板の厚みの 2 乗に比例することが知られており、積層鋼板で発生する渦電流の大きさは、ほぼ 1 枚の鋼板の厚みで決定され则认为てよい。同様に、細線 22 は、磁束が通過する方向に対して、太さ 0.3 mm が対向しているため、渦電流の大きさは、細線 22 の太さの 2 乗に比例するため、非磁性金属が一体である場合と比較して、渦電流損失を大幅に低減することができる。

また、非磁性金属である細線 22 が密に充填されており、両端部の上側ボルト部材 24、下側ボルト部材 23、上側ナット部材 26、及び下側ナット部材 27 により、ロータコア 12 に対して確実に固定されているので、非磁性金属集合体 10 はロータコア 12 に対して確実に固定されているため、非磁性金属集合体 10 がロータコア 12 に対してずれることがなく、ロータが高速回転した場合の永久磁石 31 (32) の遠心力に対して、十分な強度を確保することができる。

[0020] 上記実施の形態では、センタブリッジ部 18 に配置する非磁性金属集合体 10 について説明したが、境界領域部 19 に配置する非磁性金属集合体 9 についても、基本的構成は同じである。ただし、境界領域部 19 では、ロータコア 12 の外周縁に近いので、上側ボルト部材 24、下側ボルト部材 23、上側ナット部材 26、及び下側ナット部材 27 が外周縁から外にはみ出さないように配置する必要がある。また、ボルト部材 23、24 や、ナット部材 26、27 を用いずに、孔の両端を、カバーを溶接することにより塞いでも良いし、ロータコア 12 の孔に対して、非磁性金属集合体 9 を圧入しても

良い。

[0021] 以上詳細に説明したように、本発明の第1実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータによれば、1つの磁極に2つの永久磁石31（32）が間隔を開けてロータコア12に埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータ11であって、永久磁石31（32）が挿入されるスロット15を形成するロータコア12内に、非磁性金属集合体10、9を有することを特徴とするので、非磁性金属集合体10内を磁束が通過するとき、誘起される渦電流の大きさは、細線22の太さ（0.3mm）により制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができると共に、非磁性金属集合体10を用いているため、高速回転した場合の永久磁石31（32）の遠心力に対して、十分な強度を確保することができる。

特に、上側ナット部材26により上側ボルト部材24を上向きに引き上げると共に、下側ナット部材27により下側ボルト部材23を下向きに引き下げているので、非磁性金属集合体10をロータコア12に対して、確実に固定できるため、非磁性金属集合体10がロータコア12に対してずれることがなく、永久磁石31（32）による遠心力をロータコア12と一体となって受けることができ、ロータコア12の強度を強めることができる。

[0022] また、細線22の太さ（0.3mm）を、ロータコアを形成している電磁鋼板の厚さ（0.3mm）以下とすることを特徴とするので、電磁鋼板で発生する渦電流の大きさより大きな渦電流が発生することがないため、新たな渦電流損失をほとんど発生することがない。

また、内部に細線22の集合体が充填されるケースであって、ロータコア12に形成した挿入孔18aに装着されたときに、ロータコア12の両端部から突き出た上端部21c、下側ボルト部材23を備える集合体ケース21を有することを特徴とするので、細線22を集合体ケース21に収納することにより、一体的に取り扱うことができるため、生産ラインにおいて、ロータの組み立て効率を高くして、コストを低減することができる。

また、集合体ケース21が、ロータコア12と係合する係合部21aを有

することを特徴とするので、高速回転した場合の永久磁石 31 (32) の遠心力により発生する恐れのある非磁性金属集合体 10 のロータコア 12 に対するずれを確実に防止することができる。すなわち、係合部 21a としてロータコア 12 との接触面を大きく取ることができるため、非磁性金属集合体 10 に力が加わっても、非磁性金属集合体 10 がロータコア 12 に対してずれることがない。

[0023] 次に、本発明の第 2 の実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータについて説明する。第 2 の実施の形態は、基本的には、第 1 の実施の形態と同じ構成・作用なので、相違する点のみ詳細に説明し、同じ部分については説明を割愛する。

図 8 から図 12 に第 2 の実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータの製造方法を示す。第 2 の実施の形態では、非磁性集合体として、小球の集合体を用いている。小球の直径は、0.3mm であり、材質は非磁性金属である SUS304 である。

小球 30 を用いる場合には、細線 22 のように事前に成形するよりも、ロータコア 12 の挿入孔 18a に挿入した後で、成形する方が、作業性が良いので、そのようにしている。

図 8 (a) に示すように、集合体ケース 21 は、第 1 実施の形態と同じである。図 8 (b) に示すように、集合体ケース 21 の中に、小球 30 を充填する。そして、そのまま挿入孔 18a に挿入する。挿入した状態を図 9 (a) に示す。図に示すように、集合体ケース 21 の外周と挿入孔 18a との間には、少しの隙間がある。これは、集合体ケース 21 を挿入孔 18a に挿入しやすくするための隙間である。

[0024] 次に、ロータコア 12 と下側ボルト部材 23 を下側から支持した状態で、プレス金型 28 を用いて、小球 30 の充填された集合体ケース 21 を上下方向にプレスする。これにより、図 9 (b) に示すように、集合体ケース 21 と小球 30 は、挿入孔 18a の中で横方向に広がって、挿入孔 18a 内を隙間なく充填する。その後、図 9 (c) に示すように、プレス金型 28 が上昇

する。

以下の工程は、第1実施の形態と同じである。すなわち、図10に示す工程は、図5に示す工程と同じであり、図11に示す工程は、図6に示す工程と同じであり、図12に示す工程は、図7に示す工程と同じである。したがって、詳細な説明を割愛する。

小球30を用いる場合には、どちらの方向に小球30を配置したとしても、磁束の通る方向に対して、小球30の直径（0.3mm）が対応するので、発生する渦電流損失は、小球の直径（0.3mm）により制限されるため、渦電流損失を低減することができる。

[0025] 以上詳細に説明したように、第2実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータによれば、集合体ケース21内に充填する集合体として、直径0.3mmの小球30を用いているので、細線22と違って方向性がないため、自由に配置することができる。

また、集合体ケース21に充填した小球30をプレスしてロータコア12の挿入孔18aの内壁面に強く押圧しているので、ロータコア12が高速回転した場合の永久磁石31（32）の遠心力に対して、十分な強度を確保することができる。

当然、非磁性金属集合体10内を磁束が通過するときに、誘起される渦電流の大きさは、小球30の直径（0.3mm）により制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができる。

[0026] 次に、本発明の第3の実施の形態の磁石埋め込み型同期モータ用ロータについて説明する。第3の実施の形態は、基本的には、第1の実施の形態と同じ構成・作用なので、相違する点のみ詳細に説明し、同じ部分については説明を割愛する。

図13に示すように、第3の実施例では、集合体として、厚さ0.3mmの非磁性金属であるSUS304の薄板を用いている。図では、集合体ケース21を省略して、集合体ケース21内に配列された薄板33の配列方向を記載している。

薄板 33 は、図 13 に示すように、ロータコア 12 の積層鋼板の配列と同じ配列方向である。これにより、非磁性金属集合体 10 内を磁束が通過するときに、誘起される渦電流の大きさは、薄板 33 の厚さ（0.3 mm）により制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができる。

[0027] 集合体として、薄板を用いるときの配列方向としては、図 14 に示すように、薄板 34 を配列しても良い。薄板 34 は、ロータコア 12 の積層鋼板に対して直交する方向で、両端の係合部を結ぶ中心線に対して平行に配列されている。

これにより、非磁性金属集合体 10 内を磁束が通過するときに、誘起される渦電流の大きさは、薄板 33 の厚さ（0.3 mm）により制限されるため、極めて小さいものとなり、渦電流損失を低減することができる。

以上説明したように、図 13 または図 14 に示す第 3 の実施の形態によれば、薄板 33（34）を用いているので、細線 22 や小球 30 を用いる場合よりも、集合体の取り扱いが容易となる利点を有する。

[0028] 本発明の磁石埋め込み型同期モータ用ロータは、上記実施の形態に限定されることなく、色々な応用が可能である。

例えば、本実施の形態では、センターブリッジ部 18 に、非磁性金属集合体 10 を配置する例について主に説明したが、境界領域部 19 に非磁性金属集合体 9 を配設するときも、ほぼ同様である。

ただし、境界領域部 19 では、ロータコア 12 の外周縁に近いため、上側ボルト部材 24、下側ボルト部材 23、上側ナット部材 26、及び下側ナット部材 27 が外周縁から外にはみ出さないように配置する必要がある。また、ボルト部材 23、24 や、ナット部材 26、27 を用いずに、孔の両端を、カバーを溶接することにより塞いでも良いし、ロータコア 12 の孔に対して、非磁性金属集合体 9 を圧入しても良い。

また、本実施の形態では、細線 22 の太さ、小球 30 の直径、薄板 33（34）の厚さとして、ロータコア 12 の積層鋼板の厚さ 0.3 mm と同じ長

さを用いているが、積層鋼板の厚さ0.3mmより短い寸法であれば、適宜採用すれば良い。

また、本実施の形態では、非磁性金属として、SUS304を用いているが、他の非磁性金属、例えばSUS305等を用いても良い。

更に、細線や小球の径が0.3mmを超えてしまう場合、NiCrのような電気抵抗の高い磁性材料を用いても良い。

産業上の利用可能性

[0029] 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータに関するものである。

符号の説明

[0030] 9、10 非磁性金属集合体

11 ロータ

12 ロータコア

18 センターブリッジ部

19 境界領域部

21 集合体ケース

21a 係合部

22 細線

23 下側ボルト部材

24 上側ボルト部材

26 上側ナット部材

27 下側ナット部材

30 小球

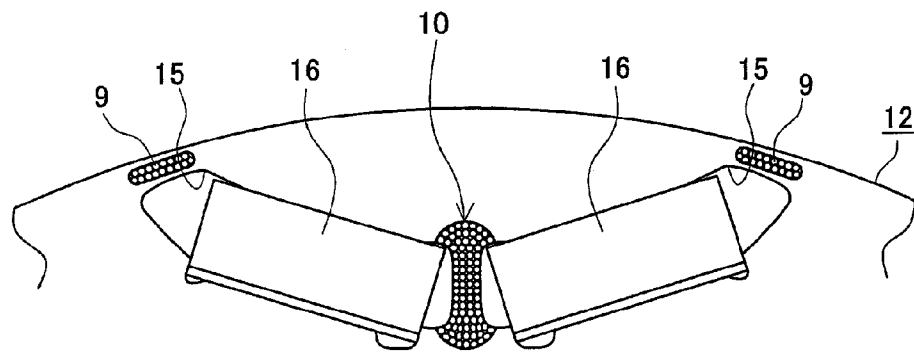
31、32 永久磁石

33、34 薄板

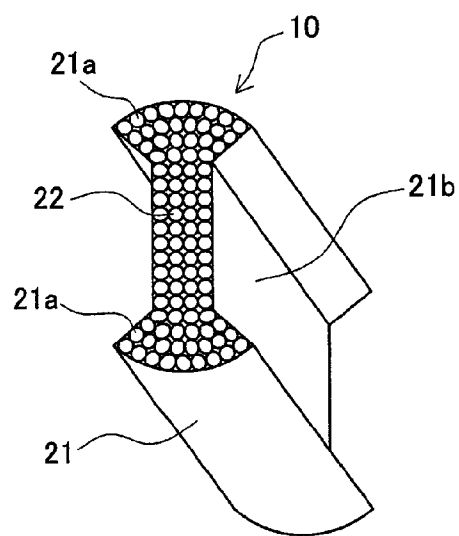
請求の範囲

- [請求項1] 1つの磁極に2つの永久磁石が間隔を開けてロータコアに埋め込まれて形成された磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、
- 前記永久磁石が挿入される磁石孔を形成する前記ロータコア内に、非磁性金属の集合体を有することを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。
- [請求項2] 請求項1に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、
- 前記2つの永久磁石の間の前記ロータコア内に、前記非磁性金属の集合体を有することを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、
- 非磁性金属の集合体は、小球の集合体、細線の集合体、積層薄板のいずれか1つであることを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。
- [請求項4] 請求項3に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、
- 前記小球の直径、前記細線の太さ、前記薄板の厚さを、ロータコアを形成している電磁鋼板の厚さ以下とすることを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。
- [請求項5] 請求項1乃至請求項4に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータのいずれか1つにおいて、
- 内部に前記集合体が充填されるケースであって、ロータコアに形成したケース孔に装着されたときに、前記ロータコアの両端部から突き出た締結部を備える集合体ケースを有することを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。
- [請求項6] 請求項5に記載する磁石埋め込み型同期モータ用ロータにおいて、
- 前記集合体ケースが、前記ロータコアと係合する係合部を有することを特徴とする磁石埋め込み型同期モータ用ロータ。

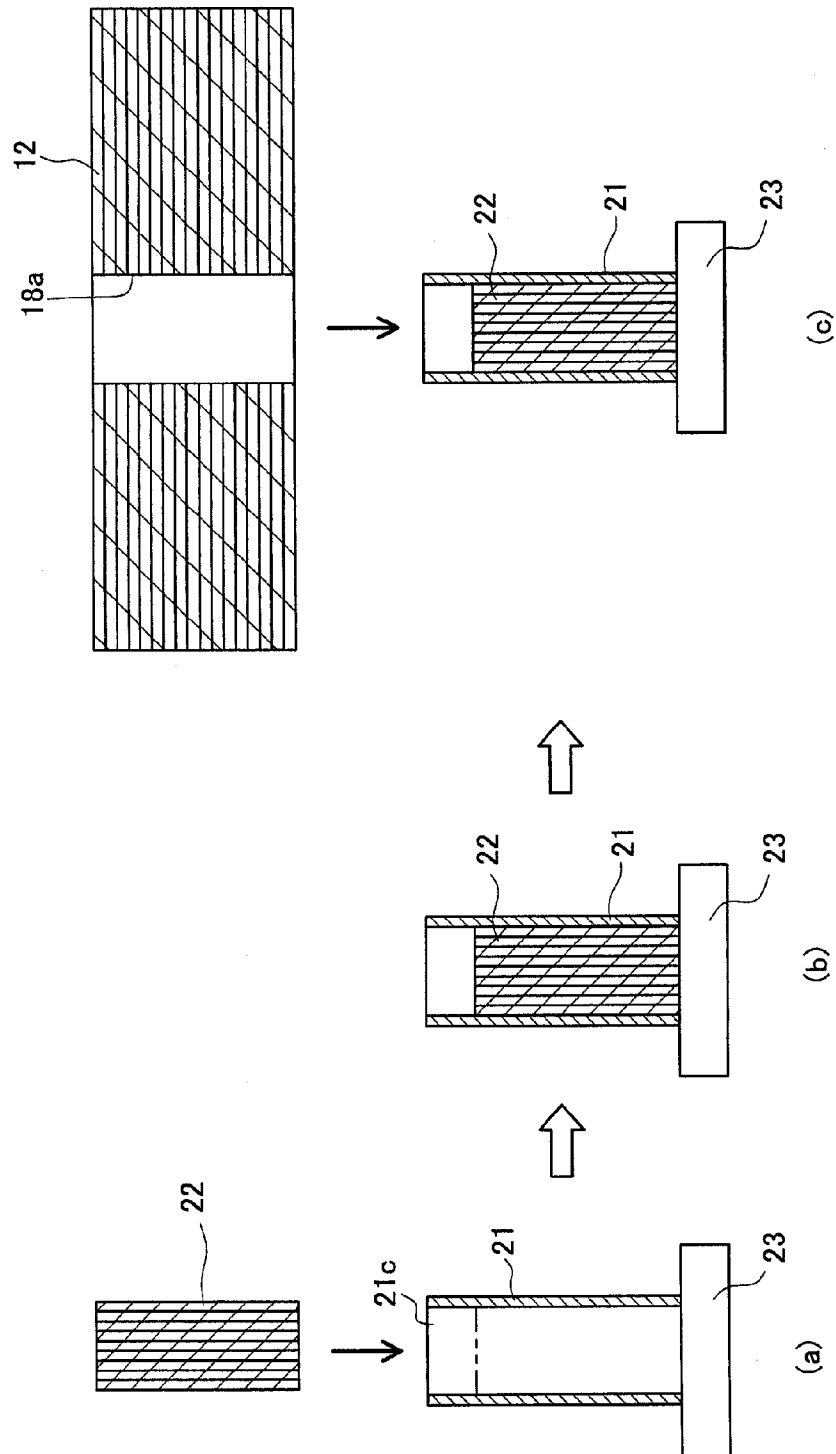
[図2]



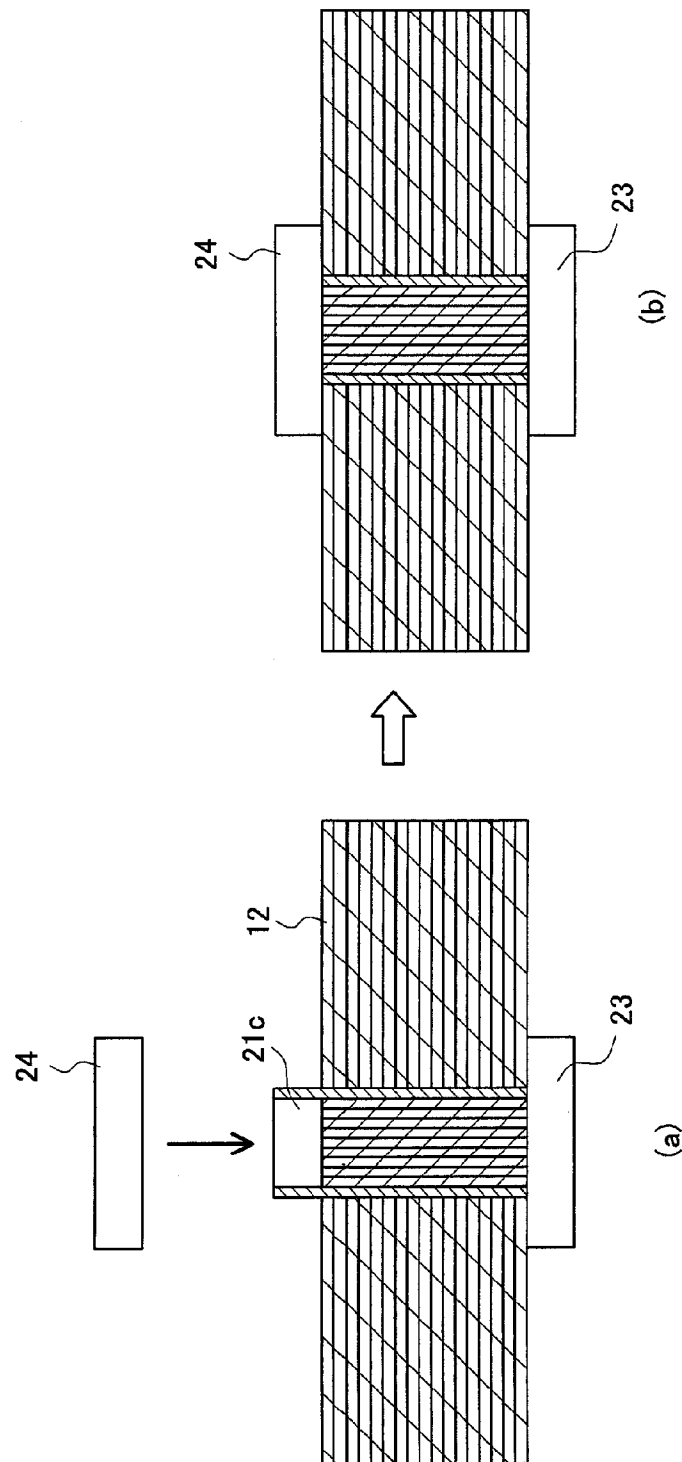
[図3]



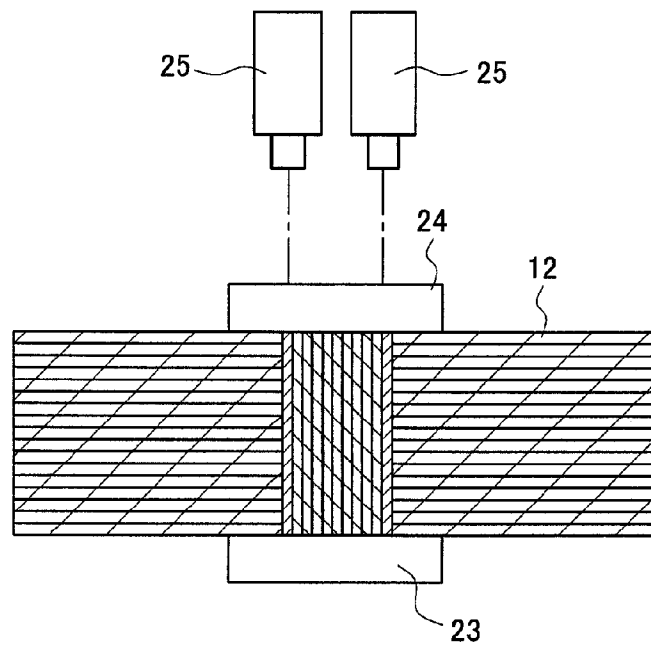
[図4]



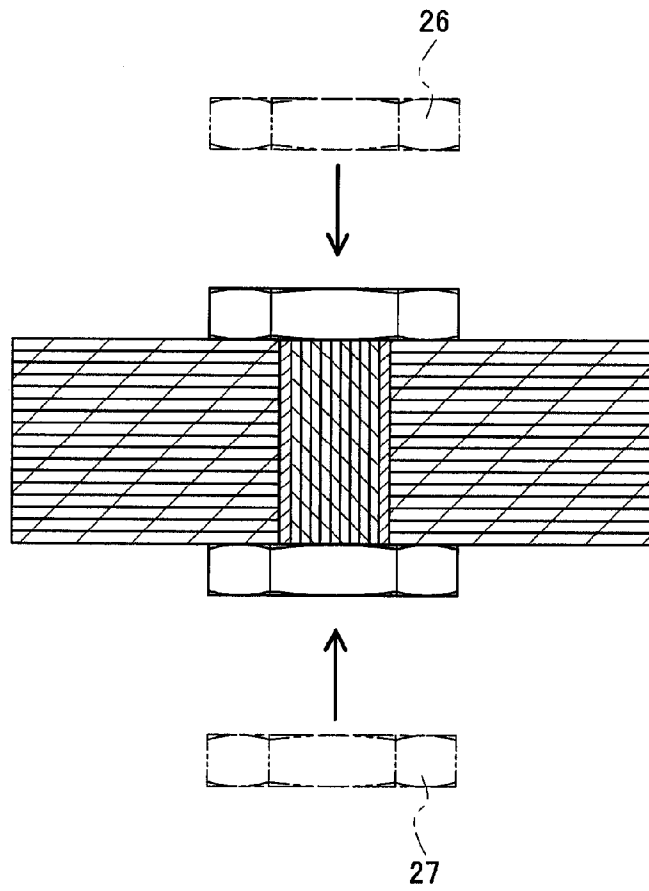
[図5]



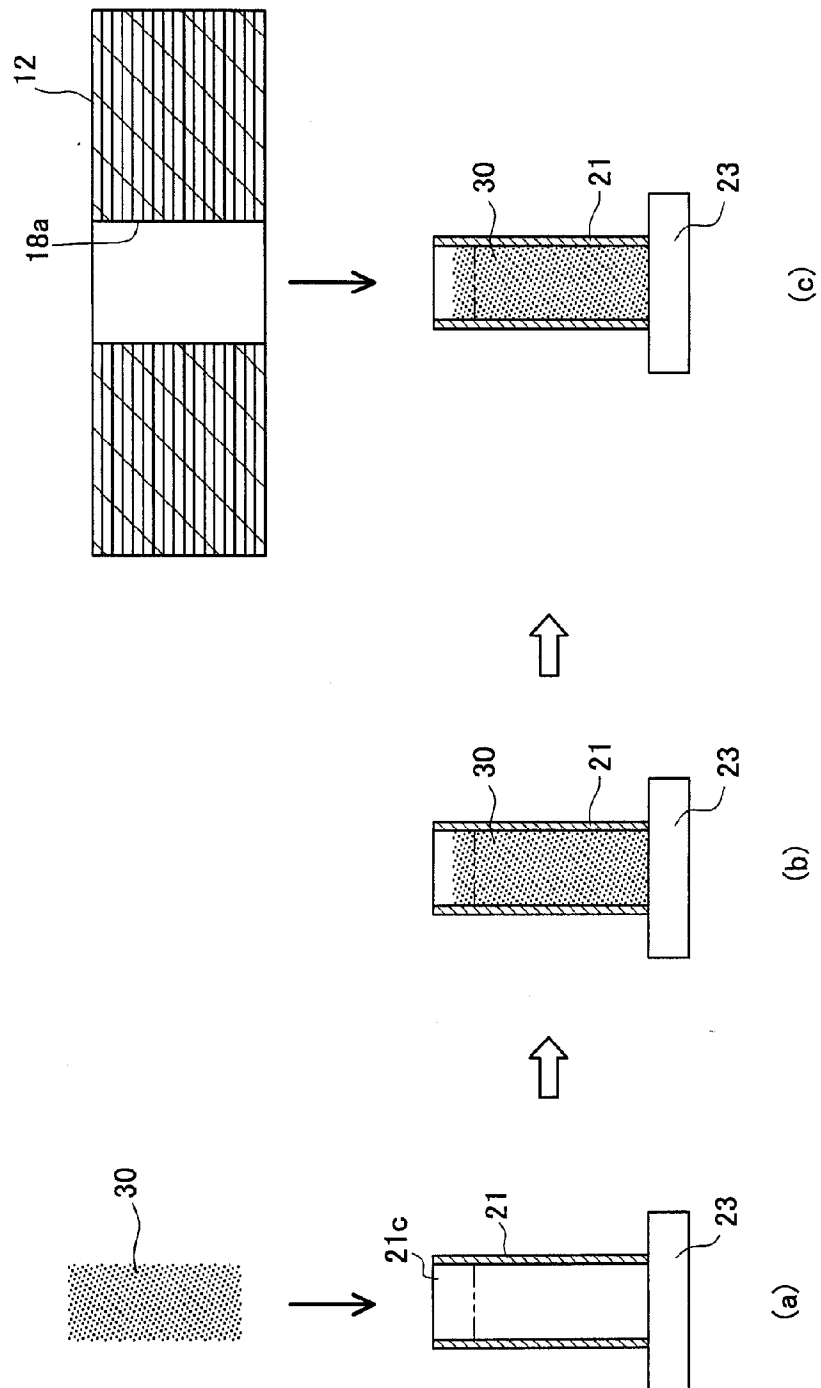
[図6]



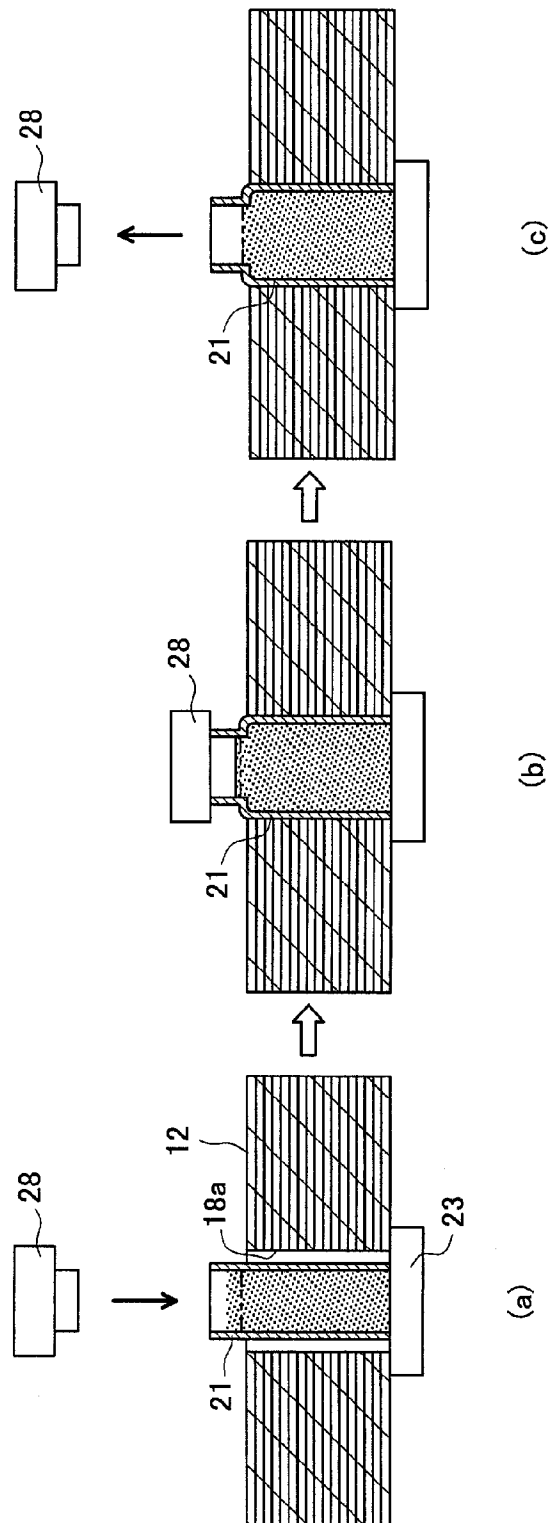
[図7]



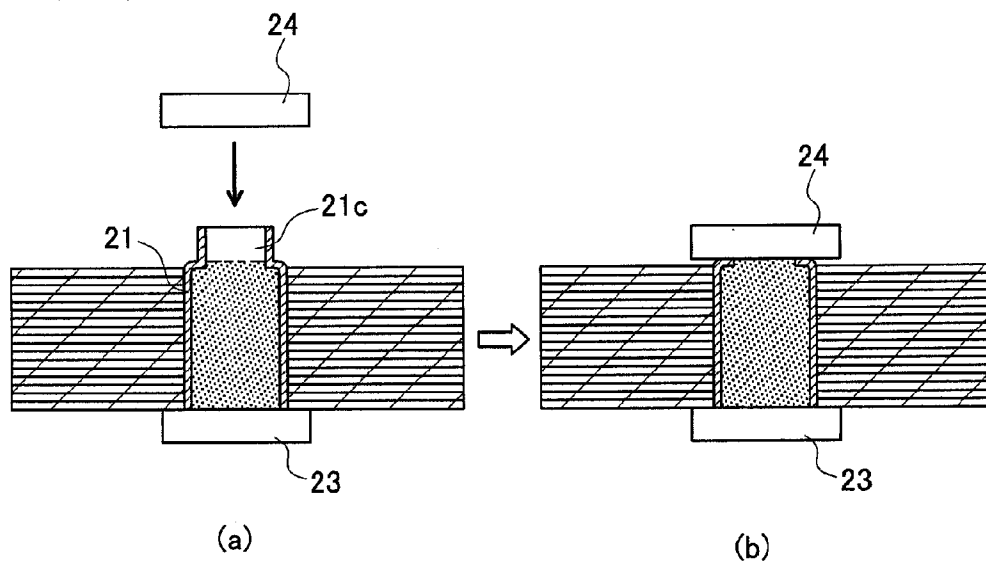
[図8]



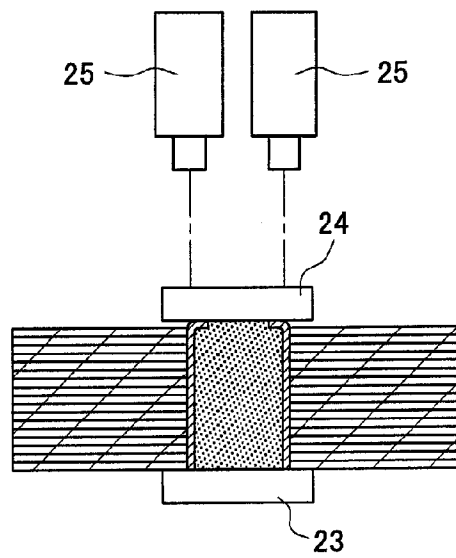
[図9]



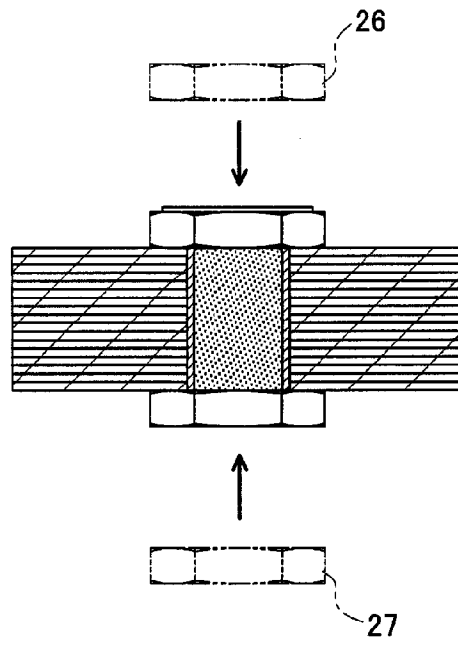
[図10]



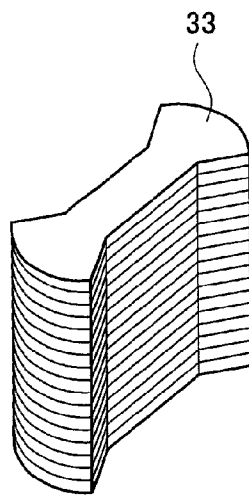
[図11]



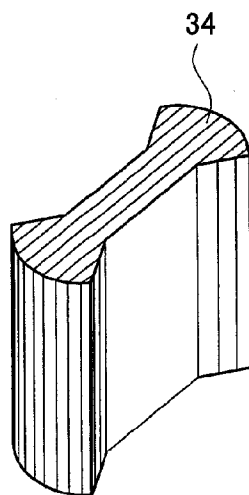
[図12]



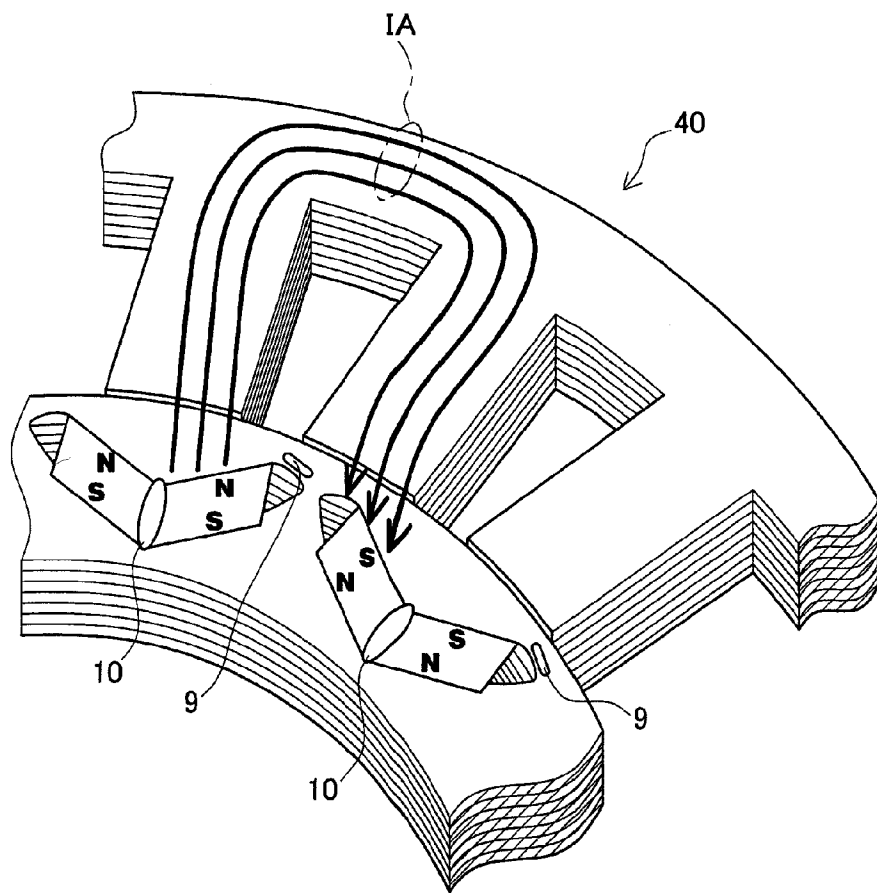
[図13]



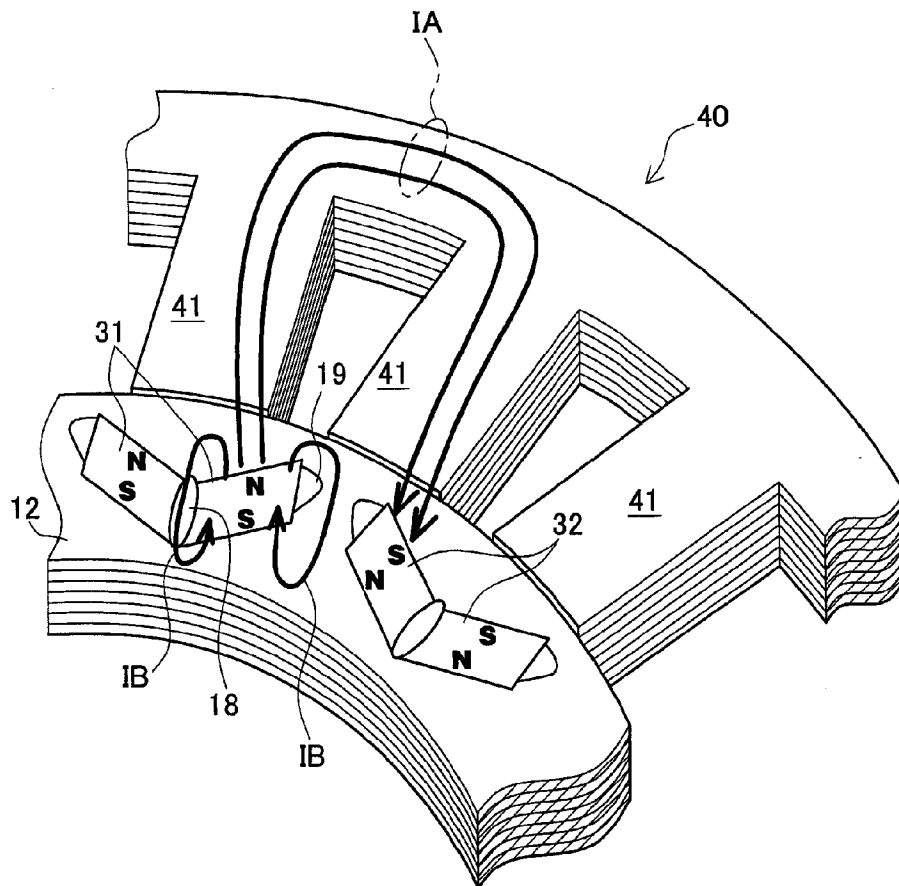
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-163648 A (Yaskawa Electric Corp.), 20 June 1997 (20.06.1997), all pages (Family: none)	1-6
Y	WO 2009/154007 A1 (Toshiba Corp.), 23 December 2009 (23.12.2009), all pages & JP 2010-4672 A	1-6
Y	JP 2009-201269 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), all pages (Family: none)	5-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 July, 2010 (01.07.10)

Date of mailing of the international search report

13 July, 2010 (13.07.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056929

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-278696 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 November 2008 (13.11.2008), all pages (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02K1/27			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2010年 日本国実用新案登録公報 1996-2010年 日本国登録実用新案公報 1994-2010年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
Y	JP 9-163648 A（株式会社安川電機） 1997.06.20, 全頁（ファミリーなし）		1-6
Y	WO 2009/154007 A1（株式会社東芝） 2009.12.23, 全頁 & JP 2010-4672 A		1-6
Y	JP 2009-201269 A（富士電機システムズ株式会社） 2009.09.03, 全頁（ファミリーなし）		5-6
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 01.07.2010		国際調査報告の発送日 13.07.2010	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 三島木 英宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3V 3018

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-278696 A (住友電気工業株式会社) 2008.11.13, 全頁 (ファミリーなし)	1 - 6