

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号

特許第7394427号  
(P7394427)

(45)発行日 令和5年12月8日(2023.12.8)

(24)登録日 令和5年11月30日(2023.11.30)

(51)Int. Cl. F I  
H O 2 K 1/276 (2022.01) H O 2 K 1/276

請求項の数 2 (全 14 頁)

<p>(21)出願番号 特願2023-158293(P2023-158293)</p> <p>(22)出願日 令和5年9月22日(2023.9.22)</p> <p>審査請求日 令和5年10月5日(2023.10.5)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73)特許権者 713000630 マグネデザイン株式会社 愛知県知多郡美浜町大字豊丘字北平井2番地4</p> <p>(72)発明者 本蔵 義信 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10</p> <p>(72)発明者 本蔵 晋平 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10</p> <p>審査官 保田 亨介</p>
---	--

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内包磁石型同期機およびその回転子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる偶数個の内包部を有する回転子本体と、前記内包部に設けられた偶数個の永久磁石と、を備える内包磁石型同期機の回転子であって、

前記永久磁石の端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域は非磁性部からなり、

前記永久磁石は、配向磁場が印可された前記内包部内で射出成型された希土類異方性ボンド磁石からなることを特徴とする内包磁石型同期機の回転子。

【請求項2】

ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる偶数個の内包部を有する回転子本体と、前記内包部に設けられた偶数個の永久磁石と、を備える内包磁石型同期機の回転子であって、

前記永久磁石の一端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域、前記永久磁石に隣接する他の前記永久磁石の他端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域および前記磁石端部域を連結する連結領域よりなる磁石端部外周側領域は非磁性部からなり、

前記永久磁石は、配向磁場が印可された前記内包部内で射出成型された希土類異方性ボンド磁石からなることを特徴とする内包磁石型同期機の回転子。

10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、希土類ボンド磁石を内包した内包磁石型同期機およびその回転子に関する。

**【背景技術】**

20

**【0002】**

電動機（発電機を含めて単に「モータ」という。）には種々のタイプがある。最近では、インバータ制御の発達と高磁気特性の希土類磁石の普及に伴い、省電力で高効率であり高トルクまたは高出力が望める同期機が注目されている。

**【0003】**

同期機は、界磁用の永久磁石を回転子（ロータ）に有し、電機子巻線（コイル）を固定子（ステータ）に有するモータであって、その電機子巻線に多相交流（AC）を供給することにより固定子に回転磁界が生じて回転するACモータである。同期機は、永久磁石を回転子の表面に配設した表面磁石型モータ（SPM）と、永久磁石を回転子の内部に埋め込んだ埋込磁石型モータ（IPM）とに大別されるが、磁石の飛散防止を図れて信頼性が高いIPMが現在の主流となりつつある。さらにIPMモータの出力を増加させるために、回転数の増加が図られている。

30

現在永久磁石としてはNd焼結磁石が主に使用されているが、高速回転化に伴い発熱問題が深刻となり、希土類ボンド磁石への変更が検討されている。

**【0004】**

さらにNd焼結磁石の問題点として、従来のIPMは、所定の寸法に切削、研磨等され飽和着磁された焼結磁石をロータに設けたスロット（内包部）へ挿入して構成していた。ところが、着磁した強力な希土類焼結磁石をスロットに挿入する際に、その磁石に欠損等が生じやすい。

そこで特許文献1では、従来の焼結磁石から希土類磁石と樹脂からなる溶融ストランドをロータのスロットへ磁場中で射出充填し、冷却固化させる射出成形タイプの希土類ボンド磁石へ置換することを開示している。

40

以上の事情から、IPMモータの高速回転化と出力アップのために、Nd焼結磁石を変更した射出成形タイプの希土類ボンド磁石の採用が検討されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開平11-206075号公報

【特許文献2】特許第4626683号公報

【特許文献3】特開2013-143379号公報

50

【特許文献4】特許第6868174号公報

【特許文献5】特許第7125684号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

もっとも特許文献1は、単にIPMの希土類焼結磁石を希土類ボンド磁石に置換することを提案している留まり、希土類ボンド磁石の磁場中射出成形に適したロータやスロットの構成等に関して何ら触れていない。

【0007】

特許文献2では、鉄心であるロータの一部に非磁性部を設けることが従来から提案されている。これにより、漏れ磁束が低減され、モータ出力に寄与する有効磁束（鎖交磁束）が増加しうる。もっとも、このような非磁性部は、モータ運転時のロータとステータとの間に形成される磁気回路に着目して配設されているに過ぎず、後述するような希土類ボンド磁石の射出成型時の配向磁場とは関係ない。

【0008】

特許文献3では、希土類ボンド磁石を構成する希土類異方性磁石粒子は、組成によらず、一般的に多用されているフェライト磁石粒子と比較して、磁束密度のみならず保磁力がはるかに高いため、射出成形時の配向にフェライト磁石粒子より高い配向磁場が必要である。従って高性能なIPMを効率的に生産するためには、希土類異方性ボンド磁石の射出成形時に印加する配向磁場を、そのボンド磁石が収まるロータコアのスロットへ有効に作用させる方法が開示されている。

非磁性部の改質は合金元素を転嫁するレーザ溶接などで行なっているが、改質部は凹凸が激しいうえに形状も変化するので、表面研削や形状修正加工などの改質後の処理が複雑で実用的とは言えない。実際には、本件出願は審査請求されることなく放棄されている。当然ながら産業上は使用されていない。

しかし、希土類ボンド磁石はNd焼結磁石に比べて磁石性能の点で落ちるのでモータトルクの点で低下しがちであり、トルクアップ方策が期待されている。

【0009】

本発明はこのような事情に鑑みて為されたものであり、回転子の本体素材を磁性材料からステンレス磁石に変更し、トルクの増加を図ると同時に、非磁性改質を簡素な工程で行なえるようにすることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

発明者らは、2019年にステンレス磁石の発明を開示した（特許文献4）。さらに、特許文献5に示すように、磁石式義歯アタッチメントのプレート部品を磁性材料からステンレス磁石に変更したところ吸着力が50%も増加した経験を踏まえて、さらにステンレス磁石の比抵抗は、 $72\mu\text{cm}$ と、IPMモータの磁性材料として用いられている3%珪素鋼板の $32\mu\text{cm}$ に比べて、2倍以上あることに着目して、IPMモータの回転子の磁性材料をステンレス磁石に変更することを検討した。

試行錯誤を重ねた結果、Ni系ステンレス鋼の組織を100%のオーステナイト組織からマルテンサイト組織を80%以上有する組織に変化させて半硬質磁性材料とし、かつ飽和着磁後の磁石性能は、室温において、 $12,000\sim 16,000\text{G}$ の飽和磁化と、 $80\sim 3000\text{e}$ の保磁力と、残留磁気 $B_r6,000\sim 8,000\text{G}$ 、 $0.2\sim 4\text{MGoe}$ の最大エネルギー積を有するステンレス磁石を採用し、さらにロータコアの特定域を改質により非磁性とすることにより、回転子の本体素材を磁性材料で非磁性改質をしていないロータに比べてモータトルクを30%以上増加できることを見出した。しかも、非磁性箇所はレーザや高周波による加熱法で $900$ 以上に加熱することで、外周部の形状を変化させることなくオーステナイト相に回復して非磁性に改質されることを確認した。

【0011】

<内包磁石型同期機の回転子>

10

20

30

40

50

(1) 本発明の内包磁石型同期機の回転子は、ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる内包部を有する本体と、内包部に設けられた永久磁石とを備える。

回転子は、永久磁石のそれぞれの端部から回転子の本体の外周端に至る磁石端部域は非磁性部からなる。あるいは、一つの永久磁石の一端部から回転子の本体の外周端に至る磁石端部域、隣接する永久磁石の他端部から回転子の本体の外周端に至る磁石端部域および磁石端部を連結する連結領域よりなる本体の磁石端部外周側領域は非磁性部からなる。

永久磁石は、配向磁場が印加された内包部内で射出成形された希土類ボンド磁石からなる。

【0012】

(2) 本発明の回転子は、効率的に配向させた永久磁石（希土類ボンド磁石）と同じく効率的に配向着磁されたステンレス磁石部からなり、内包磁石型同期機の高性能化に寄与する。この理由は次のように考えられる。

【0013】

先ず本発明の回転子では、図4(b)に示すように、内包部に収納される永久磁石の端部から本体の外周端までが非磁性部となっている場合（磁石端部域の非磁性部という。）と、図4(c)に示すように、内包部に収納される永久磁石の端部から延在して本体（ロータコア）の外周端までと、隣接する他の永久磁石の端部から延在して本体の外周端までと、両者の外周端を連結する外周側領域が、非磁性部となっている場合（磁石端部外周側領域の非磁性部という。）がある。

このような非磁性外周側領域を伴う内包部へ射出成形時に配向磁場が印加されると、配向磁場は、永久磁石の内側磁極部から外側磁極部に流れ、続いて隣接する永久磁石の外側磁極部から内側磁極部に流れる。

しかし、この時に磁石端部の非磁性部が存在しないと、希土類異方性磁石粉末の配向に寄与しない永久磁石の内側磁極から外側磁極に直接流れる大きな漏れ磁束が存在し、配向磁場が弱まることになる。

逆に磁石端部の非磁性部が存在すると、漏れ磁束が激減し、配向磁場が強められることになる。また、磁石端部外周側領域の非磁性部が存在すると、永久磁石の内側磁極から外側磁極に直接流れる大きな漏れ磁束がさらに低減されるので、配向磁場がより強くなる。

【0014】

逆に言うと、射出成形時に外部から回転子へ印加した配向磁場は、回転子の内包部内およびステンレス磁石部に高密度に分布するようになり、希土類異方性磁石粉末の配向に寄与する有効磁束が大幅に増加する。従って、本発明に係る希土類異方性ボンド磁石は、1 T以上の配向磁場が作用した状態で射出成形することが可能となる。

【0015】

また、1 T以上の印加配向磁場の場合、その希土類ボンド磁石は飽和着磁された状態で成形される。射出成形の終了後のも飽和着磁の状態は維持されるので、射出成形後の着磁（後着磁）も不要となり得る。これは、後着磁工程で3 T程度の着磁磁界が必要な難配向性磁石粉末である希土類異方性磁石粉末（例えばNd-Fe-B系磁石粉末等）からなる希土類異方性ボンド磁石の場合に特に有効である。

【0016】

同時に、回転子のステンレス磁石材料も、希土類磁石のN極からS極に向かう配向磁場によって半硬質磁性特性から配向飽和着磁されて永久磁石になり、ロータの磁極から発する磁束は、回転子の本体素材を磁性材料からステンレス磁石への変更によって10%程度増加する。これによりモータトルクは10%程度増加する。

【0017】

さらに、永久磁石の異なる磁極面である端部（端面）の位置から回転子本体の外周端までの延在する磁石端部域を非磁性化（図4(b)に示す。）することによって、または永久磁石の異なる磁極面である端部（端面）の位置からロータ本体の外周端まで延在する磁石端部域と他の永久磁石の異なる磁極面である端部（端面）の位置からロータ本体の外周端

10

20

30

40

50

まで延在する他の磁石端部域と、それら2つの磁石端部域を連結する連結領域からなる磁石端部外周側領域を非磁性(図4(c)に示す。)にすることによって、その磁束は30%程度増加する。これによりモータトルクは30%程度増加する。

【0018】

なお当然ながら、本発明では、回転子に内包される永久磁石がボンド磁石であるため、焼結磁石を埋め込む場合と比較して、多くの利点を有する。例えば、希少で高価な希土類の使用を抑制できる。また、焼結磁石を用いる場合、そのような加工は不要である。加えて加工屑も生じないので、希少で高価な希土類を無駄にすることもない。

【0019】

他方、焼結磁石を用いる場合、内包部(スロット)へ焼結磁石を挿入する際に内包部内に固定する接着剤が必要となり、その結果磁石と回転子の磁性材料の間に非磁性の間隙が生じて磁気抵抗を大きくして磁束の流れを損なうことになる。また永久磁石を飽和着磁して内包部内に設置する必要があるため、そのため永久磁石と回転子の磁性材料に衝突して欠損等を生じたりするトラブルが発生する。

しかし、内包部内に一体成形されるボンド磁石なら、自ずとスロット内に強固に密着固定されるため、焼結磁石のような欠点がない。

【0020】

また、同期機の運転時、焼結磁石には大きな渦電流による鉄損が生じ得る。回転数が増加するほど渦電流損はその二乗で大きくなり、それに伴って磁石が発熱し、保磁力が低下し、ついには電磁石からの反磁界で減磁することになってしまう。

他方、ボンド磁石は各磁石粒子が絶縁体であるバインダ樹脂で絶縁された状態になっているため、生じる渦電流による鉄損は非常に小さい。従ってボンド磁石を内包した回転子からなる同期機は効率的である。またボンド磁石は、各磁石粒子がバインダ樹脂で被覆された状態となっているため、表面処理等を行うまでもなく高い耐酸化性を有する。

【0021】

<内包磁石型同期機>

(1)本発明は上述した回転子としてのみならず、その回転子を用いた内包磁石型同期機としても把握できる。すなわち本発明は、上述した回転子と、その回転子の外周側に均等に配設されたコイルとそのコイルの外周側で磁気回路を構成するヨークとを有する固定子と、を備える内包磁石型同期機でもよい。なお、適宜、ヨークはコイル内にあるティースを含む。

【0022】

同期機は、基本的に、回転子に設けた永久磁石により形成される磁極と固定子により回転子の外周側に形成される回転磁界とで生じる吸引力および反発力に基づいて回転力(マグネットトルク)を生じる。もっとも、表面磁石型同期機と異なり埋込磁石型(内包磁石型)同期機の場合、磁極に生じるインダクタンス( $L_d$ )と磁極間に生じるインダクタンス( $L_q$ )との差異を生じ易いため、吸引力に基づくリラクタンストルクも回転子に生じることが多い。特に $L_d < L_q$ となる場合、リラクタンストルクとマグネットトルクは同じ方向となり、出力トルクが増大し得る。

【0023】

そこで本発明に係る回転子も、回転子中における永久磁石(内包部)の形状や配置等を調整して、例えば、永久磁石により形成される隣接する磁極間に、この磁極により生じるマグネットトルクと同一方向に作用するリラクタンストルクを生じさせる突極を有するものであると好適である。

同期機の出力は回転数に比例するので、回転数の増加を図ることが望ましい。Nd焼結磁石の場合、高速回転するほど発熱が大きくなり、回転数を3万RPM以上に増加させることは困難である。従って希土類射出成型ボンド磁石を使用する本発明は3万RPM以上の回転数を有する同期機により適している。

【0024】

<内包磁石型同期機の製造方法>

さらに本発明は、上述した内包磁石型同期機やその回転子としてのみならず、その回転子の製造方法としても把握できる。すなわち本発明は、ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる内包部を有する本体とその内包部に設けられた永久磁石とを備える内包磁石型同期機の回転子の製造方法であって、上述の中間領域または外周側領域に非磁性部を有する内包部へ、溶融したバインダ樹脂中に希土類異方性磁石粉末を分散させた溶融混合物を配向磁場中で射出充填して、永久磁石となる希土類異方性ボンド磁石を成形する射出成形工程を備えることを特徴とする内包磁石型同期機の回転子の製造方法としても把握できる。

【発明の効果】

【0025】

本発明により、3万RPM以上の回転を有するIPMモータにおいて、モータトルクを30%以上の増加できるとともにステンレス磁石からなる回転子の外周側領域の非磁性化は簡素な工程で容易にできる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の同期モータの要部断面図である。

【図2】回転子予備体を構成する半硬質磁性材料、内包部および非磁性部の平面図である。

【図3】回転子を構成するステンレス磁石、永久磁石および非磁性部の平面図である。

【図4】回転子予備体の部分図であって、(a)内包部を形成した打ち抜き材、(b)磁石端部域のみの非磁性部、(c)磁石端部外周側領域の非磁性部を示す平面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明の内包磁石型同期機の回転子は、ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる偶数個の内包部を有する回転子本体と、

前記内包部に設けられた偶数個の永久磁石と、を備える内包磁石型同期機の回転子であって、

前記永久磁石の端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域は非磁性部からなり、

前記永久磁石は、配向磁場が印可された前記内包部内で射出成型された希土類異方性ボンド磁石からなることを特徴とする。

【0028】

また、内包磁石型同期機の回転子は、ステンレス磁石からなり回転中心軸の周囲に軸対称的に配置された空隙からなる偶数個の内包部を有する回転子本体と、

前記内包部に設けられた偶数個の永久磁石と、を備える内包磁石型同期機の回転子であって、

前記永久磁石の一端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域、前記永久磁石に隣接する他の前記永久磁石の他端部から前記回転子の本体の外周端に至る磁石端部域および前記磁石端部域を連結する連結領域よりなる磁石端部外周側領域は非磁性部からなり、

前記永久磁石は、配向磁場が印可された前記内包部内で射出成型された希土類異方性ボンド磁石からなることを特徴とする。

以下、図1～図4を用いて詳細に説明する。

【0029】

<内包磁石型同期機の回転子>

(1) 本体

回転子の本体11は、ステンレス磁石10からなり、その材質は問わないが、常温で非

10

20

30

40

50

磁性のオーステナイト相で、冷間加工後に磁性のマルテンサイト相となる半硬質磁性材料のCr-Ni系ステンレス鋼やMn系非磁性鋼などの鉄系材であることが好ましい。形状は、通常、両面を絶縁被覆した薄板の積層体からなる。

これにより、局部加熱による部分改質により非磁性部を容易に形成することができる。

#### 【0030】

##### (2) 内包部

回転子11の内包部12、121~126は、上記本体11中に設けられ、永久磁石を配設するための空隙からなる。内包部12、121~126は、磁極となる永久磁石を内包するため、少なくとも2以上あり、通常、これらは本体の回転中心軸周りに対称に配置される。

10

#### 【0031】

内包部の形状は、内包部全体に高い配向磁場を均一的に作用させることができるように内周側に凸な形状をした凸型内包部で、滑らかな曲線形状からなる。

なお、内包部の形状は同期機の仕様等に応じて適宜調整される。例えば、磁極数が6極の場合において、内包部12、121~126は、中心から半径方向へ直線状に延在する放射型内包部(12、121~126)でもよい。また内包部は均一的な溝幅からなると好ましい。逆にいうと、印加した配向磁場が局所的集中しやすい急激な形状変化や寸法変化がないほど好ましい。

#### 【0032】

さらに内包部は、半径方向に複数ある多層型内包部でもよい。多層型内包部にすると、リラクタンストルクの増大を図れる。多層型内包部の層数は問わないが、2層または3層が同期機の特性と生産性の両立を図る上で好ましい。

20

#### 【0033】

本発明では、永久磁石が射出成形された希土類ボンド磁石(以下、ボンド磁石という。)からなるため内包部がどのような形状であっても、永久磁石は内包部の形状に基本的に沿ったものとなる。但し、内包部にスペーサー等を介在させて射出成形することも可能なため、内包部の形状と永久磁石の形状が一致しないこともある。ボンド磁石には等方性タイプと異方性タイプの2種類があるが、異方性タイプの採用が好ましい。

これにより、回転子の磁界分布・パラッキや局所発熱を解消し、回転子の高速回転を可能ならしめてIPMモータの出力アップが可能となる。

30

#### 【0034】

##### (3) 非磁性部

非磁性部14は、透磁率が1.2以下となる箇所である。回転子本体11を構成するステンレス磁石10に飽和磁化させる前の半硬質磁性材料を部分的に改質した改質部により非磁性部14、141~146は構成される。

これにより、磁気回路を効率化することが可能となり、モータトルクが30%向上することが期待できる。

#### 【0035】

ここで半硬質磁性材料の改質は、強磁性を有するマルテンサイト組織からなる半硬質磁性材料を非磁性なオーステナイト組織に回復させることにより行える。このような改質は、900以上の局所的な加熱、レーザや電子ビーム等の照射や高周波誘導加熱等により安定的に行うことができる。

40

#### 【0036】

図4により非磁性部の形成について、6極の磁極数からなる部分図にて説明する。

##### (a) 内包部を形成した打ち抜き材

半硬質磁性材料111の薄板から回転子予備体(予備本体)110を打ち抜きにより作製する。その外周を外周端111eとする。

内包部121、隣接する122には、その端面(端部)はそれぞれ2ヶ所あり、一端面を121a、他端面を121bおよび122a、122bとする。

内包部121の端部121aから外周端111eまで延在する領域を磁石端部域121a

50

mとする。以下、同様に内包部の端部から外周端まで延在する領域を磁石端部域とする。

【0037】

(b) 磁石端部域の非磁性部

半硬質磁性材料よりなる磁石端部域121a、121b、122a、122bを局部加熱してマルテンサイト組織からオーステナイト組織に改質して非磁性部141a、141b、142a、142bを形成する。

この改質による非磁性部は、1個の内包部につき両端部に形成することから2ヶ所形成される。

【0038】

(c) 磁石端部外周側領域の非磁性部

内包部121の一端部121aと内包部122の他端部122bとは隣接していることから、内包部121の磁石端部域121amと隣接する内包部122の磁石端部域122b(図での符号略)および両者の磁石端部域を連結している連結領域からなる3ヶ所の領域を磁石端部外周側領域として1回の局部加熱により改質して非磁性部141を形成する。この方法では、1個の内包部に1ヶ所の非磁性部を形成することが可能となり、局部加熱の回数を半減することができる。

【0039】

ところで本発明に係る非磁性部14は、ボンド磁石が射出成形される部分(内包部121~126)へ、高い配向磁場が均一的に誘導されるように、隣接する永久磁石(ボンド磁石)の間で外周側領域のマルテンサイト組織を加熱により改質して非磁性部とする。

これにより、本体の外部から印加された配向磁場の流れにおいて、内側磁極側から外側磁極側に端部の外周側領域の特定部分を介して直接流れる漏洩磁束を激減させて、配向に寄与する配向磁場を強めることができる。非磁性部は図4(b)より図4(c)の方がより漏洩磁束を小さくすることができるので好ましい。

【0040】

上述の非磁性部は、Cr-Ni系ステンレス鋼などからなり、機械的性質に優れているとともに局部加熱による改質されているに過ぎないことから回転子本体の作製時の精度がそのまま維持されており、回転子の高速回転に好適である。

【0041】

<希土類異方性ボンド磁石>

(1) 原料

希土類異方性ボンド磁石は、基本的に希土類異方性磁石粉末とバインダ樹脂からなる。希土類異方性磁石粉末は、その種類等が特に限定されず、例えばNd-Fe-B系磁石粉末、Sm-Fe-N系磁石粉末、Sm-Co系磁石粉末等がある。これら希土類異方性磁石粉末は、一種のみならず複数種からなってもよい。

【0042】

バインダ樹脂には、ゴムを含む公知の材料を用いることができる。例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、液晶ポリマー、ポリアミドイミド等の熱可塑性樹脂を用いると好ましい。またエポキシ樹脂、網の樹脂、メラミン樹脂、ポリウレタン等の熱硬化性樹脂を適宜用いることができる。

【0043】

(2) 射出成形

本発明に係る希土類異方性ボンド磁石は、上記原料からなるペレット等を加熱溶融させた溶融混合物を、配向磁場を印加した内包部へ射出成形した後、冷却固化して成形される。射出成形の各条件は、原料の特性、充填量、内包部の冷却性等を考慮して適宜調整される。例えば、射出成型時の加熱温度(溶融混合物の温度)は、希土類異方性磁石粉末のキュリー点未満が好ましい。

【0044】

また配向磁場は、溶融混合物の固化前に印加されている必要があるが、その開始は射出成型の当初からでも、射出成形の途中からでもよい。例えば、配向磁場源に永久磁石を用い

10

20

30

40

50



る場合は射出成型の当初からとし、電磁石を用いる場合は射出成形の途中からとしてもよい。配向磁場の印加形態（回転子内に形成させる磁束密度の分布）は、内包部の形状ひいては同期機の仕様に応じて適宜調整される。

【0045】

<内包磁石型同期機とその用途>

本発明は、3万RPMの回転速度を有する内包磁石型同期機（IPMモータ）への適用が適している。その用途は、電機自動車、ハイブリッド車若しくは鉄道車両等に用いられる車両駆動用モータ、エアコン、冷蔵庫若しくは洗濯機等に用いられる家電製品用モータなどに好適である。しかし、上記用途に限定されるものではない。

【実施例】

【0046】

本発明の内包磁石型同期機に係る実施例について、図1～図4により説明する。

図1は同期モータSMの要部断面図を示し、図2は回転子予備体を構成する半硬質磁性材料、内包部および非磁性部の平面図を示し、図3は回転子を構成するステンレス磁石、永久磁石および非磁性部の平面図を示し、図4は図3の回転子予備体の部分図であって、（a）内包部を形成した打ち抜き材、（b）磁石端部域の非磁性部、（c）磁石端部外周側領域の非磁性部を示す平面図を示す。

図1に示す同期モータSMは、6極18スロットルタイプである。

以下、ステータSおよびロータ1について詳しく説明する。

【0047】

（1）ステータ

ステータSは、図1に示すように、積層電磁鋼板からなり、環状のヨークSaと、ヨークSaから中心方向に向けて均等に突出したティースSbと、隣接するティースSb間に形成されたスロットScからなる。

各スロットScには、ティースSbの周囲に分布巻きされた電磁コイル（図略）が収納される。各電磁コイルへインバータ制御された三相交流が供給されることにより、その周波数と極数に応じた同期速度の回転磁界がステータSに発生する。

【0048】

（2）回転子予備体

回転子予備体（予備本体）110は、図2に示すように、中心孔151とその中心まわりに6つ均等に軸対称的に配置された内周側に湾曲した形状（凸な形状）で貫通した等幅な長溝よりなる内包部121～126とを有する円板状の半硬質磁性材料111が積層されてなる。

この半硬質磁性材料111が積層されることにより、回転中心軸方向（図2の紙面に垂直な方向）へ延びる略円筒状の予備本体110が形成され、長溝よりなる内包部121～126は永久磁石Mが射出成形される同方向に延びる貫通した内包部となり、中心孔151は同期モータSMのシャフト（図略）が嵌入される方向へ延びるシャフト孔151となる。

【0049】

内包部の端部は、半硬質磁性材料からなる予備本体110の外周端を、非磁性のオーステナイト組織へ改質した改質部141～146（非磁性部）となっている。この改質処理は、処理対象部分である予備本体110の外周領域をレーザーで900℃以上に加熱して、局所加熱により行った。

【0050】

（2）回転子本体

この改質部141～146を両端の外周側に有する内包部12（121～126）内に、磁場中射出成形により希土類異方性ポンド磁石からなる永久磁石Mを形成した。

具体的には、先ず、予備本体110を磁場中射出充填装置（図略）にセットし、隣接する内包部12間で極性が交互に異なる配向磁場を、内包部12に向けて印加する。

さらに、永久磁石M（121M～126M）を形成すると同時に半硬質非磁性材料からな

10

20

30

40

50

る予備本体を飽和磁化させてステンレス磁石を形成した。こうして回転子本体 1 1 が作製された。

【 0 0 5 1 】

すなわち、これら内包部 1 2 へ、Nd - Fe - B系異方性磁石粉末、Sm - Fe - N系磁石粉末およびポリフェニレンサルファイド樹脂（バインダ樹脂）からなるペレットを、加熱溶融してなる溶融混合物を射出充填する。この後、磁場中射出充填装置の金型内で冷却されることにより内包部 1 2 内の溶融混合物が固化し、内包部 1 2 内に一体成形された永久磁石 M が形成された。こうして、内周側に湾曲した永久磁石 M を環状均等に内包したロータ 1 が得られた。

【 0 0 5 2 】

なお本実施例では、溶融混合物の充填開始時から充填終了時まで、スロット 1 2 へ配向磁場を印加した。この際、配向磁場：0 . 7 T、溶融混合物の温度：3 0 0 、射出圧力：8 0 M P a、射出速度：8 0 m m / s e c とした。

【 0 0 5 3 】

これにより永久磁石 M 中の磁石粒子は、磁場中射出成型時に配向するのみならず、同時に着磁もされ、永久磁石 M は既に高磁束密度を発揮する状態となっていた。このため本実施例では、後着磁を行なう必要がなかった。

【 0 0 5 4 】

( 3 ) モータ

永久磁石 M を内包したロータ 1 のシャフト孔 1 9 に、シャフト（図略）を嵌入して取り付け。このロータ 1 をステータ S 内に回動自在に配設する。この際、ロータ 1 の外周端面とティース S b の内端面との間に形成されるギャップが一定となるようにした。この同期モータ S M が得られた。この同期モータ S M をインバータ制御された電源に接続し、ステータ S に回転磁界を発生させると、それに同期してロータ 1 が回転するようになる。

【 0 0 5 5 】

なお、同期モータ S M では、永久磁石 M の中央を通る d 軸方向のインダクタンス  $L d 1$  よりも、その d 軸方向から  $\theta / 2$ （電気角）ずれた q 軸方向のインダクタンス  $L q 1$  が大きくなる。このため同期モータ S M 1 には、永久磁石 M 1 によるマグネットトルク  $T m 1$  のみならず、インダクタンス差（ $L q 1 - L d 1$ ）に基づくリラクタンストルク  $T r 1$  もマグネットトルク  $T m 1$  と同方向に発生する。従って同期モータ S M 1 は、より大きな出力を発揮する。なお、以降の実施例でも d 軸および q 軸の定義は同様とする。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 6 】

電気自動車、ハイブリッド車若しくは鉄道車両等に用いられる車両駆動用モータ、エアコン、冷蔵庫若しくは洗濯機等に用いせれる家電製品用モータ、各種ロボット機器の駆動モータなど幅広く利用され得る。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

S M：同期モータ（内包磁石型同期機）

1：回転子

1 0：ステンレス磁石（板）、1 2：内包部、1 4：非磁性部、1 5：シャフト

M：永久磁石（希土類異方性ボンド磁石）

d：永久磁石 M の中心を通る軸方向

q：d 軸方向から  $\theta / 2$ （電気角）ずれた軸方向

2：ステータ

S a：環状ヨーク、S b：ティース、S c：スロット

【 0 0 5 8 】

1 1 0：回転子の予備体（予備本体）

1 1 1：半硬質磁性材料、1 2 1 ~ 1 2 6：内包部、1 4 1 ~ 1 4 6：非磁性部、

1 5 1：シャフト孔

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

- 1 1 : 回転子 ( 本体 )
- 1 0 : ステンレス磁石 ( ステンレス磁石部 )
- 1 1 0 : 本体の外周端
- 1 2 1 M ~ 1 2 6 M : 永久磁石
- 1 2 1 M a : 永久磁石の一端部
- 1 2 2 M b : 永久磁石の他端部
- 1 4 1 ~ 1 4 6 : 非磁性部
- 1 5 1 : シャフト孔

## 【 0 0 6 0 】

10

- 3 0 : 内包部を打ち抜き形成した半硬質磁性材料

- 1 1 1 : 半硬質磁性材料 ( 予備本体 )
- 1 1 1 e : 予備本体の外周端
- 1 2 1 ~ 1 2 2 : 内包部

- 1 2 1 a : 内包部 1 2 1 の一端部
- 1 2 1 a m : 内包部 1 2 1 の磁石端部域
- 1 2 1 b : 内包部 1 2 1 の他端部
- 1 2 2 a : 内包部 1 2 2 の一端部
- 1 2 2 b : 内包部 1 2 2 の他端部

- 3 0 A : 磁石端部域の非磁性部

20

- 1 2 1 ~ 1 2 2 : 内包部
- 1 4 1 a : 磁石端部域 1 2 1 a m を改質した非磁性部
- 1 4 1 b : 磁石端部域 1 2 1 b m ( 図の符号なし ) を改質した非磁性部
- 1 4 2 a : 磁石端部域 1 2 2 a m ( 図の符号なし ) を改質した非磁性部
- 1 4 2 b : 磁石端部域 1 2 2 b m ( 図の符号なし ) を改質した非磁性部

- 3 0 B : 磁石端部域外周側領域の非磁性部

- 1 2 1 ~ 1 2 2 : 内包部
- 1 4 1 : 磁石端部域外周側領域 ( 1 2 1 a m 、 1 2 2 b m および両者の連結領域 )

の非磁性部

- 1 4 2 : 磁石端部域外周側領域の非磁性部
- 1 4 6 : 磁石端部域外周側領域の非磁性部

30

40

50

**【要約】****【課題】**

希土類異方性ボンド磁石を用いるモータのトルクの増加と製造工程の簡素化を図る。

**【解決手段】**

内包磁石型の同期機の回転子は、ステンレス磁石板からなり回転中心軸の周囲に均等に配置された空隙からなる内包部を有する本体と内包部には希土類異方性ボンド磁石を充填する。回転子は、永久磁石の一端部から隣接する永久磁石の他端部まで延在する外周領域に未着磁のステンレス磁石板を改質した非磁性部を有する。

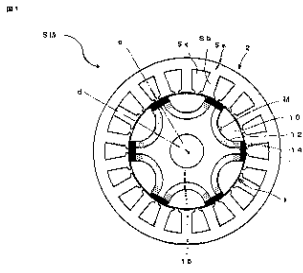
**【選択図】** 図 1

10

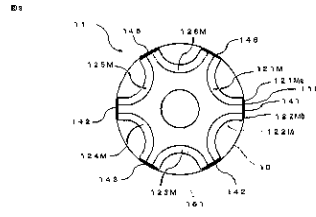
20

30

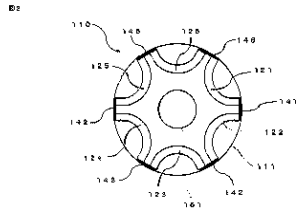
【 図 1 】



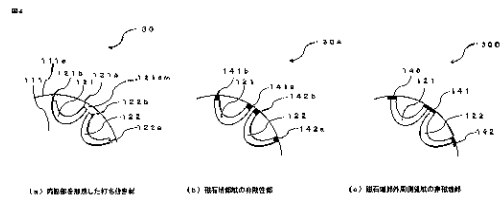
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2015-073371(JP,A)  
特開2013-143791(JP,A)  
特開2013-219930(JP,A)  
特許第6868174(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K1/17  
1/27 - 1/2798  
15/03