

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5240593号
(P5240593)

(45) 発行日 平成25年7月17日 (2013. 7. 17)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 1/27 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 A

H O 2 K 21/16 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 G

H O 2 K 1/22 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 M

H O 2 K 1/27 5 O 1 K

H O 2 K 21/16 M

請求項の数 4 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-151637 (P2011-151637)

(22) 出願日 平成23年7月8日 (2011. 7. 8)

(65) 公開番号 特開2013-21776 (P2013-21776A)

(43) 公開日 平成25年1月31日 (2013. 1. 31)

審査請求日 平成24年11月20日 (2012. 11. 20)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(74) 代理人 100104503

弁理士 益田 博文

(72) 発明者 渡邊 賢司

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 山岸 俊幸

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 野見山 孝

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定子と回転子を有する回転電機であって、

前記回転子は、

回転軸を囲む筒状の連結部及び前記連結部の半径方向外側に極数に応じて設けられた複数の磁極部を一体に備えた鉄心と、

前記磁極部相互間に配置された複数の永久磁石と、
を有し、

前記鉄心は、

前記連結部の半径方向外側における前記磁極部相互間に、軸方向に貫通した複数の磁石
用空隙を有するとともに、

前記連結部より半径方向外側に延びる、板状の接続部を有しており、

前記永久磁石は、

円周方向両側それぞれにおける半径方向内側端部を欠き取るように設けたテーパ部を備えた、略矩形の断面形状を備えており、

かつ、隣接する2つの前記永久磁石において、前記テーパ部より半径方向外側部分を円周方向に離間させつつ、互いの前記テーパ部同士を前記板状の接続部を介し円周方向に対向して配置されており、

かつ、前記永久磁石は、

半径方向外側の表面が前記磁石用空隙の内周面に密着し、半径方向内側の表面と前記連

10

20

結部との間に所定の隙間を有するように、前記磁石用空隙に設置されていることを特徴とする回転電機。

【請求項 2】

前記磁極部は、

前記永久磁石の半径方向外側の表面の少なくとも一部が露出するように当該表面の一部を覆う鍔部を有し、

前記永久磁石は、

前記半径方向外側の表面が前記鍔部の半径方向内側の表面に密着するように、前記磁石用空隙に設置される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機。

10

【請求項 3】

前記連結部は、

円周方向における前記磁極部との接続部位近傍に、当該接続部位以外の円周方向位置よりも半径方向の厚みが大きい肉厚部を有している

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回転電機。

【請求項 4】

前記連結部の半径方向外側の表面は、

前記磁極部との接続部位相互間において平坦面となっている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は、回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、回転軸を囲む環状の連結部及び連結部の外側に極数に応じた数の扇形の磁極部を一体に形成した積層鉄心と、磁極部相互間に配置された角形の永久磁石と、鉄心の磁極部と連結部とにまたがり両端に拡大部を有する打抜孔とを備え、この打抜孔に充填挿入した非磁性の補強部材を設ける技術が記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】実公平 7-36459 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

回転電機の回転子に設ける永久磁石として、ネオジム磁石等のレアアース磁石が広く用いられている。レアアース磁石は磁束密度が高いため、回転子の永久磁石を小さく抑えることが可能であるが、コストが高いという欠点がある。そこで、フェライト磁石等のコストの低い磁石を用いることが考えられるが、その場合にはレアアース磁石に比べて磁束密度が低いため、永久磁石の体積を大きくする必要がある。

40

【0005】

上記従来技術の回転子では、永久磁石の相互間に漏洩磁束を減少するための打抜孔が設けられている。このため、永久磁石の半径方向寸法及び半径方向に垂直な方向の寸法が制限され、回転子の直径を大きくすることなく、永久磁石の体積を大きくすることは困難である。一方、永久磁石の体積を大きくするために打抜孔を有しない構成とした場合、漏洩磁束が増大してしまう。このように、漏洩磁束の減少と永久磁石の増量を両立させることができないという問題があった。

【0006】

50

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、漏洩磁束を減少しつつ永久磁石の体積を大きくすることができる回転電機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】

上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、固定子と回転子を有する回転電機であって、前記回転子は、回転軸を囲む筒状の連結部及び前記連結部の半径方向外側に極数に応じて設けられた複数の磁極部を一体に備えた鉄心と、前記磁極部相互間に配置された複数の永久磁石と、を有し、前記鉄心は、前記連結部の半径方向外側における前記磁極部相互間に、軸方向に貫通した複数の磁石用空隙を有するとともに、前記連結部より半径方向外側に延びる、板状の接続部を有しており、前記永久磁石は、円周方向両側それぞれにおける半径方向内側端部を欠き取るように設けたテーパ部を備えた、略矩形の断面形状を備えており、かつ、隣接する2つの前記永久磁石において、前記テーパ部より半径方向外側部分を円周方向に離間させつつ、互いの前記テーパ部同士を前記板状の接続部を介し円周方向に対向して配置されており、かつ、前記永久磁石は、半径方向外側の表面が前記磁石用空隙の内周面に密着し、半径方向内側の表面と前記連結部との間に所定の隙間を有するように、前記磁石用空隙に設置されている回転電機が適用される。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明の回転電機によれば、漏洩磁束を減少しつつ永久磁石の体積を大きくすることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】一実施の形態の回転電機の全体構成を表す縦断面図である。

【図2】図1中I I - I I 断面に相当する断面図である。

【図3】図2中A部の部分拡大図である。

【図4】磁石用空隙を半径方向外側に開口しない孔状とする変形例における、図1中I I - I I 断面に対応する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、一実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

30

【0011】

図1に示すように、本実施形態の回転電機1は、径方向に対向して配置された固定子2及び回転子3を有し、回転子3を固定子2の内側に備えたインナーロータ型の電動機である。具体的に言えば、回転電機1は、回転子3の内部に永久磁石を備えたIPM (Interior Permanent Magnet) モータである。この回転電機1は、電機子である上記固定子2と、界磁である上記回転子3と、固定子2の外周側に設けられたフレーム4と、フレーム4の負荷側(図1中右側)端部に設けられた負荷側ブラケット5と、負荷側ブラケット5に外輪が嵌合された負荷側軸受6と、フレーム4の反負荷側(図1中左側)端部に設けられた反負荷側ブラケット7と、反負荷側ブラケット7に外輪が嵌合された反負荷側軸受8と、負荷側軸受6及び反負荷側軸受8により回転自在に支持されたシャフト9(回転軸)とを有している。

40

【0012】

回転子3は、シャフト9の外周側に設けられている。この回転子3は、図2及び図3に示すように、積層鉄心10(鉄心)と、複数(この例では10個)の永久磁石11とを有している。

【0013】

積層鉄心10は、シャフト9を囲む筒状の連結部12と、この連結部12の半径方向外側に極数に応じて放射線状に設けられた複数(この例では10個)の磁極部13とを一体に備えている。すなわち、積層鉄心10は、筒状の連結部12から放射線状に10個の磁極部13が半径方向外側に向けて突出した構造となっている。また、積層鉄心10は、連

50

結部 1 2 の半径方向外側における磁極部 1 3 相互間（言い換えれば、隣接する磁極部 1 3 同士の間）に、軸方向（図 2 及び図 3 中紙面手前－奥行き方向）に貫通すると共に半径方向外側に開口する溝状の磁石用空隙 1 4 をそれぞれ有している。各磁石用空隙 1 4 には、上記永久磁石 1 1 がそれぞれ設置されている（詳細は後述）。

【0014】

連結部 1 2 は、その外周面（半径方向外側の表面）が磁極部 1 3 との接続部位 C 相互間（言い換えれば、隣接する接続部位 C 同士の間）においてそれぞれ平坦面となっており、円周方向における各接続部位 C 近傍に、当該接続部位 C 以外の円周方向位置よりも半径方向の厚みが大きい肉厚部 1 5 をそれぞれ有している。すなわち、連結部 1 2 の半径方向の厚みは、円周方向全体で均一とはなっておらず、接続部位 C 近傍での半径方向の厚み（言い換えれば、肉厚部 1 5 の半径方向の厚み）が、接続部位 C 以外の円周方向位置での半径方向の厚みよりも大きくなっている。例えば、連結部 1 2 の接続部位 C での半径方向の厚み T 1 は、連結部 1 2 の接続部位 C 以外の円周方向位置の 1 つである接続部位 C 相互間（言い換えれば、隣接する接続位置 C 同士の間）の中間位置 a での半径方向の厚み T 2 よりも大きくなっている。

10

【0015】

各磁極部 1 3 は、半径方向に垂直な方向の寸法 L 1 が半径方向内側に向けて小さくなる、断面視において略扇形状の本体部 1 6 と、この本体部 1 6 と上記連結部 1 2 とを接続し、半径方向に垂直な方向の寸法 L 2 が略一定である、板状の接続部 1 7 とをそれぞれ有している。本体部 1 6 は、半径方向外側端部における円周方向両側に、鏝部 1 8 を有している。鏝部 1 8 は、上記磁石用空隙 1 4 に設置された永久磁石 1 1 の外面（半径方向外側の表面）の一部が露出するように当該外面の一部を覆うように、構成されている。接続部 1 7 は、上記磁石用空隙 1 4 に設置された後述の永久磁石 1 1 のテーパ部 1 9 相互間（言い換えれば、隣接する永久磁石 1 1 のテーパ部 1 9 同士の間）に位置するように、構成されている。

20

【0016】

各永久磁石 1 1 は、フェライト磁石でそれぞれ構成されており、その半径方向内側に、半径方向に垂直な方向の寸法 L 3 が半径方向内側に向けて小さくなるテーパ部 1 9 をそれぞれ有すると共に、その内面（半径方向内側の表面）がそれぞれ平坦面となっている。そして、これら各永久磁石 1 1 は、その外面が上記鏝部 1 8 の内面（半径方向内側の表面。言い換えれば、上記磁石用空隙 1 4 の内周面）に密着し、その内面と上記連結部 1 2 との間に所定の隙間 2 0 を有するように、上記磁石用空隙 1 4 において半径方向外側に寄せてそれぞれ設置されている。

30

【0017】

本実施形態では、永久磁石 1 1 は、磁石用空隙 1 4 に軸方向に挿入されて、磁石用空隙 1 4 において半径方向外側に寄せて接着により固定されるようになっており、磁石用空隙 1 4 は、永久磁石 1 1 の挿入を容易とするために、永久磁石 1 1 の寸法よりも大きめに形成されている。すなわち、永久磁石 1 1 を磁石用空隙 1 4 に設置する際は、永久磁石 1 1 を磁石用空隙 1 4 に軸方向に挿入する。このとき、永久磁石 1 1 がテーパ部 1 9 を有することから、永久磁石 1 1 を磁石用空隙 1 4 の半径方向外側に寄せて挿入することとなる。そして、治具を用いて永久磁石 1 1 の内面を半径方向外側に向けて押し、永久磁石 1 1 の外面を鏝部 1 8 の内面に突き当て、接着により固定するようになっている。

40

【0018】

ここで、本実施形態の回転電機 1 は、積層鉄心 1 0 による磁束と永久磁石 1 1 による磁束とが直軸方向に合成された磁束 ϕ_d （図 2 参照）により発生するマグネットトルクを、回転子 3 のトルクとして利用するようになっている。

【0019】

以上説明したように、本実施形態の回転電機 1 においては、回転子 3 が、連結部 1 2 及び 1 0 個の磁極部 1 3 を一体に備えた積層鉄心 1 0 と、積層鉄心 1 0 の磁極部 1 3 相互間に配置された 1 0 個の永久磁石 1 1 とを有している。永久磁石 1 1 は、その外面が鏝部 1

50

8の内面に密着し、その内面と連結部12との間に所定の隙間20を有するように、磁石用空隙14に設置されている。すなわち、永久磁石11は、磁石用空隙14内において外側に寄せて設置されている。

【0020】

このように永久磁石11を外側寄せの配置とすることにより、永久磁石11と連結部12との間に空隙（隙間20）を形成し、漏洩磁束を減少させることができる。また、このようにして漏洩磁束を減少させることができるので、永久磁石11の相互間に、漏洩磁束を減少するための打抜孔等を設ける必要がない。その結果、永久磁石11の半径方向寸法及び半径方向に垂直な方向の寸法L3が制限されることがなく、回転子3の直径を大きくせず永久磁石11の体積を大きくすることが可能となる。したがって、漏洩磁束を減少しつつ永久磁石11の体積を大きくすることができる。その結果、回転電機1の性能を維持しつつ、永久磁石11として、ネオジム磁石やサマリウムコバルト磁石等のレアアース磁石（希土類磁石）の代わりに、コストの低いフェライト磁石を用いることが可能となり、コストを大幅に削減した回転電機1を実現することができる。

10

【0021】

また、永久磁石11と連結部12との間に形成される空隙（隙間20）に接着剤を充填することで、永久磁石11と積層鉄心10との間の接着強度を増大できる効果もある。

【0022】

また、本実施形態では特に、次のような効果を得ることができる。すなわち、永久磁石の体積を大きくしようとした場合、永久磁石相互間に配置された積層鉄心の磁極部の外周面が回転電機の特性上円周方向に一定の寸法を有する必要があることから、永久磁石の半径方向に垂直な方向の寸法は当該磁極部により制限される。そこで本実施形態においては、積層鉄心10の磁極部13が、永久磁石11の外面の一部を覆う鏢部18を有する構成とする。この鏢部18により、磁極部13の外周面の円周方向に必要な寸法を確保することができるので、上記制限に関わらず永久磁石11の半径方向に垂直な方向の寸法L3を大きくすることが可能となる。

20

【0023】

一方で、永久磁石の半径方向寸法及び半径方向に垂直な方向の寸法を所定寸法より大きくすると、隣接する永久磁石同士が半径方向内側の両端部において接触するため、永久磁石の半径方向寸法及び半径方向に垂直な方向の寸法は永久磁石の円周方向における間隔（極ピッチ）により制限される。そこで本実施形態においては、永久磁石11が、半径方向内側に、半径方向に垂直な方向の寸法L3が半径方向内側に向けて小さくなるテーパ部19を有する構成とする。テーパ部19を永久磁石11の半径方向内側に設けることにより、隣接する永久磁石11同士が半径方向内側の両端部において接触するのを防止することができるので、上記制限に関わらず永久磁石11の半径方向寸法及び半径方向に垂直な方向の寸法L3を大きくすることが可能となる。

30

【0024】

以上により、回転子3の直径、すなわち回転電機1の体格を大きくすることなく永久磁石11を大きくすることができる。

【0025】

また、本実施形態では特に、次のような効果を得ることができる。すなわち、積層鉄心10は、上述したように筒状の連結部12から10個の磁極部13が半径方向外側に向けて突出した構造となっているため、連結部12と磁極部13との接続部位Cに応力が集中し易い。本実施形態においては、連結部12が、円周方向における磁極部13との接続部位C近傍に、当該接続部位C以外の円周方向位置よりも半径方向の厚みが大きい肉厚部15を有する構成とする。これにより、応力が集中し易い連結部12と磁極部13との接続部位Cの強度を向上することができるので、積層鉄心10を強度的に安定した構造とすることができる。

40

【0026】

また、本実施形態では特に、連結部12の外周面が、磁極部13との接続部位C相互間

50

において平坦面となっている。これにより、連結部 1 2 の磁極部 1 3 との接続部位 C 近傍が肉厚となるため、応力が集中し易い連結部 1 2 と磁極部 1 3 との接続部位 C の強度を向上できる。また、連結部 1 2 の外周面を曲面とし、連結部 1 2 の半径方向の厚みを円周方向全体で均一にする場合に比べ、連結部 1 2 の外周面と磁極部 1 3 の接続部 1 7 とがなす角度 θ (図 3 参照) を大きくすることができるので、連結部 1 2 と磁極部 1 3 との接続部位 C における応力集中を緩和できる効果もある。

【0027】

また、本実施形態では特に、磁極部 1 3 が、半径方向外側端部における円周方向両側に鏝部 1 8 を有し、半径方向に垂直な方向の寸法 L 1 が半径方向内側に向けて小さくなる本体部 1 6 と、本体部 1 6 と連結部 1 2 とを接続し、半径方向に垂直な方向の寸法 L 2 が略一定である接続部 1 7 とを有している。接続部 1 7 は、永久磁石 1 1 のテーパ部 1 9 相互間に位置するので、接続部 1 7 の半径方向に垂直な方向の寸法 L 2 を極力薄く構成することによって、永久磁石 1 1 の体積を大きくすると共に、漏洩磁束 ϕ (図 2 参照) を減少することが可能となる。これにより、磁束 ϕd を多くすることができ、マグネットトルクを大きくすることができるので、回転子 3 のトルクを大きくすることが可能となる。

【0028】

なお、実施の形態は、上記内容に限られるものではなく、その趣旨及び技術的思想を逸脱しない範囲内で種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、永久磁石 1 1 を設置する磁石用空隙 1 4 を、軸方向に貫通すると共に半径方向外側に開口する溝状としたが、これに限られない。すなわち、図 4 に示すように、永久磁石 1 1 を設置する磁石用空隙 1 4 ' を、軸方向に貫通すると共に半径方向外側に開口しない孔状としてもよい。本変形例の積層鉄心 1 0 は、磁極部 1 3 における本体部 1 6 ' の半径方向外側端部相互間（言い換えれば、隣接する磁極部 1 3 における本体部 1 6 ' の半径方向外側端部同士の間）が円周方向にそれぞれ接続されている。そして、各永久磁石 1 1 は、その外面が磁石用空隙 1 4 ' の内周面に密着し、その内面と連結部 1 2 との間に所定の隙間 2 0 を有するように、磁石用空隙 1 4 ' において半径方向外側に寄せてそれぞれ設置されている。本変形例によれば、上記実施形態と同様、漏洩磁束を減少しつつ永久磁石 1 1 の体積を大きくすることができる。また、本変形例においては、磁石用空隙 1 4 ' を半径方向外側に開口しない孔状とし、積層鉄心 1 0 を外周つなぎを介して一体化された形状としている。これにより、磁石用空隙を半径方向外側に開口する溝状とする場合に比べ、ねじれ剛性を高くすることができる。さらに、磁石用空隙を半径方向外側に開口する溝状とする場合に比べ、接着面積を大きく取ることができるので、接着の信頼性を向上することができる。

【0029】

また以上では、回転電機 1 が回転子 3 を固定子 2 の内側に備えたインナーロータ型である場合を一例として説明したが、これに限られず、回転電機が回転子を固定子の外側に備えたアウトロータ型である場合にも適用可能である。

【0030】

さらに以上では、回転電機 1 が電動機である場合を一例として説明したが、これに限られず、回転電機が発電機である場合にも適用することができる。

【0031】

また、以上既に述べた以外にも、上記実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせ利用しても良い。

【0032】

その他、一々例示はしないが、上記実施形態や各変形例は、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

【符号の説明】

【0033】

- | | |
|---|------|
| 1 | 回転電機 |
| 2 | 固定子 |
| 3 | 回転子 |

10

20

30

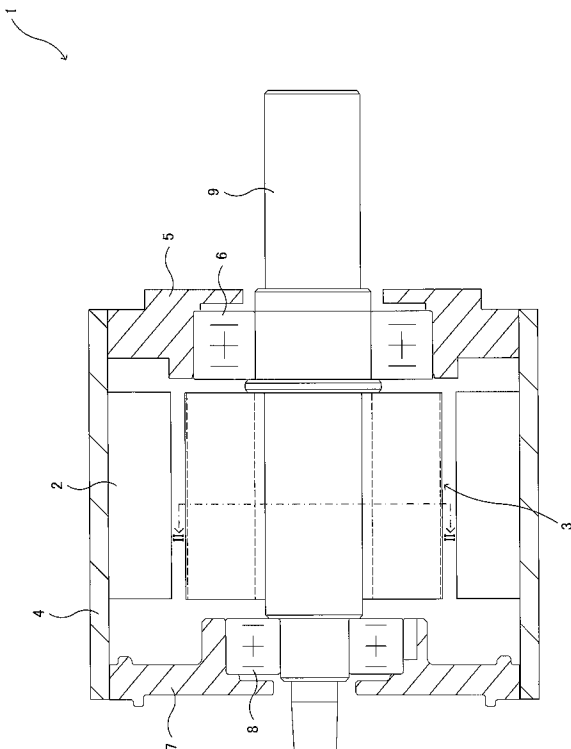
40

50

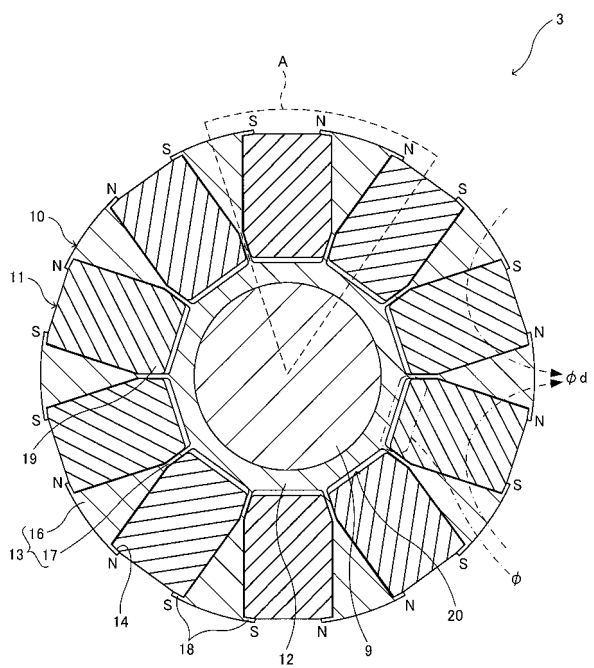
- 9 シャフト（回転軸）
- 10 積層鉄心（鉄心）
- 11 永久磁石
- 12 連結部
- 13 磁極部
- 14 磁石用空隙
- 14' 磁石用空隙
- 15 肉厚部
- 16 本体部
- 16' 本体部
- 17 接続部
- 18 鏑部
- 19 テーパ部
- 20 所定の隙間
- C 接続部位

10

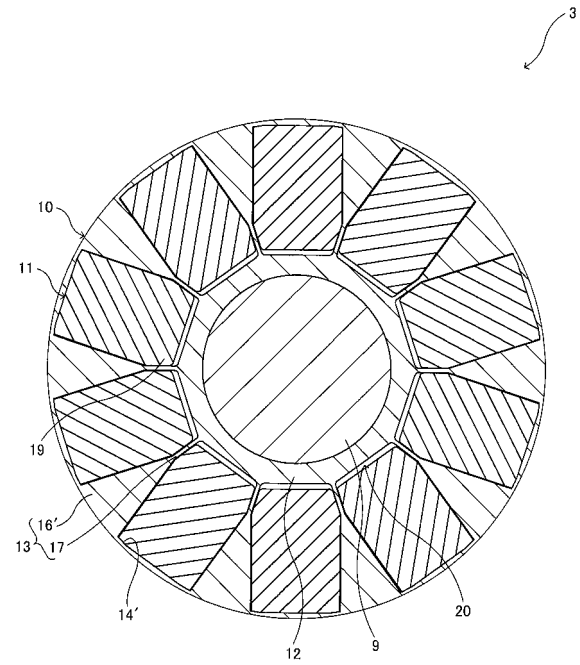
【図 1】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 K 1/22 B

(72)発明者 吉澤 尚剛
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内

審査官 田村 耕作

(56)参考文献 実開平 0 2 - 0 3 7 5 5 3 (J P, U)
特開 2 0 0 9 - 0 5 0 1 4 8 (J P, A)
特開 2 0 0 6 - 1 1 5 6 6 3 (J P, A)
実開昭 5 4 - 0 6 5 3 0 9 (J P, U)
実開昭 6 1 - 0 0 7 2 7 4 (J P, U)
特開 2 0 0 5 - 1 1 0 4 8 5 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 K 1 / 2 7
H 0 2 K 2 1 / 1 6