(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2017-123782
(P2017-123782A)
(43)公開日　平成29年7月13日(2017.7.13)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H02K	1/27	(2006.01)	H02K	1/27	501M	5H607
H02K	7/14	(2006.01)	H02K	7/14	B	5H622

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 15 頁）

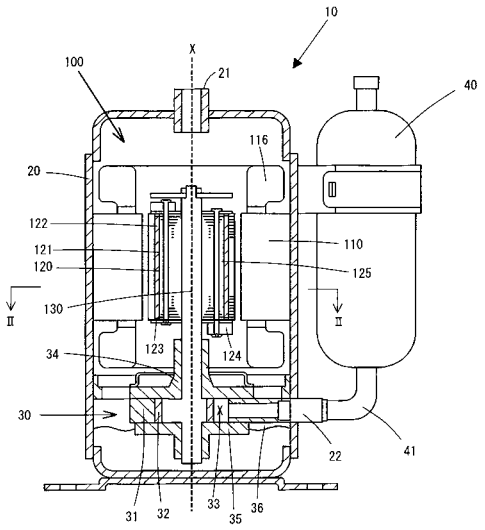
(21)出願番号　特願2017-82061(P2017-82061)
(22)出願日　平成29年4月18日(2017.4.18)
(62)分割の表示　特願2015-74141(P2015-74141)の分割
原出願日　平成27年3月31日(2015.3.31)

(71)出願人　000100872
アイチエレック株式会社
愛知県春日井市愛知町２番地
(74)代理人　100106725
弁理士　池田　敏行
(74)代理人　100105120
弁理士　岩田　哲幸
(72)発明者　佐藤　光彦
愛知県春日井市愛知町２番地　アイチエレック株式会社内

Ｆターム(参考)　5H607 BB01 BB07 BB14 BB25 CC01 DD02 DD15 FF06
5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA13 CA14 DD02

(54)【発明の名称】永久磁石電動機および圧縮機

(57)【要約】
【課題】テルビウムを含むネオジウム磁石を用いた永久磁石電動機を効率を高めながら安価に製造することができる技術を提供する。
【解決手段】電動機１００は、固定子１１０と回転子１２０により構成されている。回転子１２０の各主磁極に形成された磁石挿入孔１２１には永久磁石１２２が挿入されている。永久磁石１２２としては、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が用いられている。テルビウムの含有量は、主磁極の極数が４の場合には０．５重量％と２重量％の範囲内、主磁極の極数が６の場合には０．４重量％と２重量％の範囲内、主磁極の極数が８の場合には０．３重量％と２重量％の範囲内、主磁極の極数が１０の場合には０．２重量％と２重量％の範囲内に設定される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
圧縮機の圧縮機構部を駆動する永久磁石電動機であって、
固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、
前記回転子の外周面と前記固定子の内周面との間に間隙を有し、
前記回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、各主磁極には、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔が形成され、
前記主磁極のｄ軸に沿った前記間隙が、前記補助磁極のｑ軸に沿った前記間隙より小さくなるように構成され、
前記回転子は、前記主磁極の数が４である４極構造であり、前記磁石挿入孔には、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいるとともに、前記テルビウムの含有量が０．５重量％と２重量％の範囲内であるネオジウム磁石が挿入されていることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項２】
圧縮機の圧縮機構部を駆動する永久磁石電動機であって、
固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、
前記回転子の外周面と前記固定子の内周面との間に間隙を有し、
前記回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、各主磁極には、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔が形成され、
前記主磁極のｄ軸に沿った前記間隙が、前記補助磁極のｑ軸に沿った前記間隙より小さくなるように構成され、
前記回転子は、前記主磁極の数が６である６極構造であり、前記磁石挿入孔には、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいるとともに、前記テルビウムの含有量が０．４重量％と２重量％の範囲内であるネオジウム磁石が挿入されていることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項３】
圧縮機の圧縮機構部を駆動する永久磁石電動機であって、
固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、
前記回転子の外周面と前記固定子の内周面との間に間隙を有し、
前記回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、各主磁極には、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔が形成され、
前記主磁極のｄ軸に沿った前記間隙が、前記補助磁極のｑ軸に沿った前記間隙より小さくなるように構成され、
前記回転子は、前記主磁極の数が８である８極構造であり、前記磁石挿入孔には、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいるとともに、前記テルビウムの含有量が０．３重量％と２重量％の範囲内であるネオジウム磁石が挿入されていることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項４】
圧縮機の圧縮機構部を駆動する永久磁石電動機であって、
固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、
前記回転子の外周面と前記固定子の内周面との間に間隙を有し、
前記回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、各主磁極には、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔が形成され、
前記主磁極のｄ軸に沿った前記間隙が、前記補助磁極のｑ軸に沿った前記間隙より小さくなるように構成され、
前記回転子は、前記主磁極の数が１０である１０極構造であり、前記磁石挿入孔には、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいるとともに、前記テルビウムの含有量が０．２重量％と２重量％の範囲内であるネオジウム磁石が挿入されていることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項５】

請求項１～４のうちのいずれか一項に記載に永久磁石電動機であって、
前記ネオジウム磁石は、ネオジウム、プラセオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項６】
請求項１～５のうちのいずれか一項に記載の永久磁石電動機であって、
前記回転子の外周面は、軸方向と直交する断面で見て、前記主磁極のｄ軸と交差する第１の部分と、前記補助磁極のｑ軸と交差する第２の部分により構成され、前記第２の部分の、ｑ軸に沿った軸中心からの長さが、前記第１の部分の、ｄ軸に沿った軸中心からの長さより小さくなるように形成されていることを特徴とする永久磁石電動機。
【請求項７】
圧縮機構部と、前記圧縮機構部を駆動する電動機を備える圧縮機であって、
前記電動機として請求項１～６のうちのいずれか一項に記載の永久磁石電動機が用いられていることを特徴とする圧縮機。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、永久磁石電動機および永久磁石電動機を備える圧縮機に関する。
【背景技術】
【０００２】
冷蔵庫や空調装置に設けられている圧縮機、車両、車両に搭載されている車載機器等を駆動する電動機として永久磁石電動機が用いられている。例えば、固定子と回転子を備え、回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、主磁極には磁石挿入孔が形成され、磁石挿入孔には永久磁石が挿入されている永久磁石電動機（「永久磁石埋込型電動機」と呼ばれている）が用いられている。このような永久磁石電動機は、永久磁石の磁束によるマグネットトルクと、回転子の突極性によるリラクタンストルクの両方を利用することができる。
永久磁石としては、フェライト磁石に較べて残留磁束密度が高い高性能な希土類磁石が使用されている。希土類磁石としては、典型的には、ネオジウム（Ｎｄ）と鉄（Ｆｅ）を含むネオジウム磁石が知られている。このようなネオジウム磁石は、保持力が周囲温度の上昇とともに低下するため、保持力の向上が要求される。従来、このようなネオジウム磁石の保持力を高める技術として、ネオジウム磁石の外周面から、ジスプロシウム（Ｄｙ）やテルビウム（Ｔｂ）を、結晶と結晶の界面（結晶粒界）に沿って拡散させる技術が知られている（特許文献１、２）。
また、特許文献３には、ジスプロシウム（Ｄｙ）あるいはテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石を用いた永久磁石電動機が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００８－２６３１７９号公報
【特許文献２】特開２００９－２８９９９４号公報
【特許文献３】特開２０１４－１４７１５１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
ジスプロシウムを含むネオジウム磁石よりテルビウムを含むネオジウム磁石の方が、残留磁束密度や保持力等の磁気特性を向上させることができる。このため、テルビウムを含むネオジウム磁石の使用が要望されている。しかしながら、テルビウムはジスプロシウムに較べて高価である。
本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、テルビウムを含むネオジウム磁石を使用する永久磁石電動機の効率を、テルビウムの使用量を抑制しながら向上させる

ことができる新規な技術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】
【０００５】
第１～第４の発明は、圧縮機の圧縮機構部を駆動する永久磁石電動機に関する。
第１～第４の発明の永久磁石電動機は、固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、回転子の外周面と固定子の内周面との間に間隙（エアギャップ）を有し、回転子は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って交互に配置されている主磁極と補助磁極を有し、主磁極には磁石挿入孔が形成され、磁石挿入孔には永久磁石が挿入されている。磁石挿入孔の形状や数、磁石挿入孔に挿入される永久磁石の形状や数は、適宜選択される。永久磁石としては、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が用いられる。ネオジウム磁石は、ネオジウム、鉄およびテルビウム以外の材料を含んでいてもよい。また、主磁極のｄ軸に沿った間隙が、補助磁極のｑ軸に沿った間隙より小さくなるように構成されている。
第１の発明の永久磁石電動機は、回転子が、主磁極の数が４である４極構造であり、テルビウムの含有量が０．５重量％と２重量％の範囲内に設定されているネオジウム磁石が用いられている。
また、第２の発明の永久磁石電動機は、回転子が、主磁極の数が６である６極構造であり、テルビウムの含有量が０．４重量％と２重量％の範囲内に設定されているネオジウム磁石が用いられている。
また、第３の発明の永久磁石電動機は、回転子が、主磁極の数が８である８極構造であり、テルビウムの含有量が０．３重量％と２重量％の範囲内に設定されているネオジウム磁石が用いられている。
また、第４の発明の永久磁石電動機は、回転子が、主磁極の数が１０である１０極構造であり、テルビウムの含有量が０．２重量％と２重量％の範囲内に設定されているネオジウム磁石が用いられている。
第１～第４の発明の永久磁石電動機では、テルビウムの使用量を抑制しながら効率を向上させることができる。
補助磁極には、固定子から回転子への磁束や回転子から固定子への磁束が流れるため、補助磁極の磁束密度は主磁極の磁束密度に較べて非常に高い。このため、補助磁極を流れる磁束によって永久磁石が減磁される。
第１～第４発明では、主磁極のｄ軸に沿った間隙が、補助磁極のｑ軸に沿った間隙より小さく、すなわち、補助磁極のｑ軸に沿った間隙が、主磁極のｄ軸に沿った間隙より大きく設定されているため、補助磁極を流れる磁束の量を減少させることができ、補助磁極を流れる磁束による永久磁石の減磁を抑制することができる。これにより、軸中心から回転子の外周面までの距離が等しい、断面が円形形状の回転子に較べて、テルビウムの含有量が少ないネオジウム磁石を使用することができる。
第１～第４の発明の異なる形態では、ネオジウム磁石は、さらにプラセオジウム（Ｐｒ）を含んでいる。
ネオジウムの原料（鉱石）には、ネオジウム磁石を構成するネオジウムや鉄等の金属以外に、プラセオジウム等の他の金属も含まれており、通常、プラセオジウムは、ネオジウム磁石を構成する金属から分離されている。本形態では、ネオジウム、プラセオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石を用いているため、プラセオジウムを分離する工程が不要となり、コストを低減しながら所望の特性を有する永久磁石電動機を提供することができる。
第１～第４の発明の他の異なる形態では、回転子の外周面は、軸方向と直交する断面で見て、主磁極のｄ軸と交差する第１の部分と、補助磁極のｑ軸と交差する第２の部分により構成され、第２の部分の、ｑ軸に沿った軸中心からの長さが、第１の部分の、ｄ軸に沿った軸中心からの長さより小さくなるように形成されている。
第１の部分と第２の部分は、曲線形状、典型的には、曲率半径が異なる円弧形状に形成される。

本形態では、簡単に、主磁極のｄ軸に沿った間隙が補助磁極のｑ軸に沿った間隙より小さくなるように構成することができる。

第５の発明は、圧縮機に関する。

本発明は、熱エネルギーを移動させる作動媒体（一般的には、「冷媒」と呼ばれている）を圧縮する圧縮機構部と、圧縮機構部を駆動する電動機を備えている。そして、電動機として前述した永久磁石電動機のいずれかが用いられている。

本発明は、前述した各永久磁石電動機と同様の効果を有している。

【発明の効果】

【０００６】

本発明の永久磁石電動機および圧縮機を用いることにより、テルビウムの使用量を抑制しながら効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】本発明の圧縮機の一実施形態の概略構成を示す図である。

【図２】本発明の永久磁石電動機の第１の実施形態の概略構成を示す図である。

【図３】本発明の永久磁石電動機の第２の実施形態の概略構成を示す図である。

【図４】本発明の永久磁石電動機の第３の実施形態の概略構成を示す図である。

【図５】本発明の永久磁石電動機の第４の実施形態の概略構成を示す図である。

【図６】本発明の永久磁石電動機の第５の実施形態の概略構成を示す図である。

【図７】本発明の永久磁石電動機の第６の実施形態の概略構成を示す図である。

【図８】本発明の永久磁石電動機の第７の実施形態の概略構成を示す図である。

【図９】テルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石におけるテルビウム（Ｔｂ）含有量と減磁開始電流および回転子の主磁極の極数との関係を示すグラフである。

【図１０】テルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石におけるテルビウム（Ｔｂ）含有量と残留磁束密度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下に、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

なお、本明細書中では、「軸中心」という記載は、回転子が固定子に対して回転可能に配置されている状態において、回転子（回転軸）の回転中心を示す。「軸方向」という記載は、回転子が固定子に対して回転可能に配置されている状態において、軸中心を通る回転中心線の延在方向を示す。「周方向」という記載は、回転子が固定子に対して回転可能に配置されている状態において、軸方向に直交する方向から見て、軸中心を中心とする円周方向を示す。「径方向」という記載は、回転子が固定子に対して回転可能に配置されている状態において、軸方向に直交する方向から見て、軸中心を通る方向を示す。

【０００９】

本発明の圧縮機の一実施形態が、図１および図２に示されている。図１は、一実施形態の圧縮機１０の概略構成を示す断面図であり、図２は、図１のＩＩ－ＩＩ線矢視図である。なお、図２は、本発明の永久磁石電動機の第１の実施形態１００の概略構成を示している。

本実施形態の圧縮機１０は、密閉容器内にロータリー型の圧縮機構部が配置されているロータリー型圧縮機として構成されている。

圧縮機１０は、密閉容器２０、密閉容器２０内に収容されている圧縮機構部３０および永久磁石電動機１００、アキュムレータ４０等により構成されている。本実施形態では、永久磁石電動機１００は、鉛直方向に沿って、圧縮機構部３０の上方に配置されている。

密閉容器２０には、永久磁石電動機１００の下方に吸入口２２が設けられ、永久磁石電動機１００の上方に吐出口２１が設けられている。また、密閉容器２０の底部（圧縮機構部３０の下方）には、回転軸１３０の軸受部３４および３５や圧縮機構部３０の摺動部等に供給する潤滑油が貯留される油溜め３６が設けられている。

密閉容器２０が、本発明の「容器」に対応する。

【００１０】
圧縮機構部３０は、熱エネルギーを移動させる作動媒体（一般的には、「冷媒」と呼ばれている）を圧縮する。作動媒体としては、オゾン層破壊係数（ＯＤＰ）がゼロであるＨＦＣ（ハイドロフルオロカーボン）冷媒、例えば、ＨＦＣ－Ｒ４１０ａが用いられている。なお、近年、地球温暖化係数（ＧＷＰ）がＨＦＣ－Ｒ４１０ａより小さい（約１／３）ＨＦＣ－Ｒ３２が用いられるようになっている。
圧縮機構部３０は、シリンダ３１、回転軸１３０により回転される偏心ロータ３２、圧縮室３３により構成されている。回転軸１３０は、軸受部３４と３５により回転可能に支持されている。回転軸１３０の回転によって圧縮機構部３０の偏心ロータ３２が回転すると、吸入口２２から吸入された作動媒体が圧縮室３３内で圧縮される。
なお、回転軸１３０の回転によって、油溜め３６に貯留されている潤滑油が軸受部３４と３５、圧縮機構部３０の摺動部等に供給される。軸受部３４と３５や摺動部等を潤滑した潤滑油は、油溜め３６に戻される。
【００１１】
永久磁石電動機１００は、固定子１１０と、固定子１１０に対して回転可能に支持されている回転子１２０により構成されている。
固定子１１０は、板状の電磁鋼板を複数枚積層して形成された固定子コアにより構成されている。固定子１１０（固定子コア）は、図２に示されているように、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って延在するヨーク１１１と、ヨーク１１１から径方向に沿って軸中心Ｐ側に延在するティース１１２を有している。ティース１１２は、径方向に沿って延在するティース基部１１３と、ティース基部１１３の軸中心Ｐ側に連設され、周方向に沿って延在するティース先端部１１４により形成されている。ティース先端部１１４の軸中心Ｐ側には、ティース先端面１１４ａが形成されている。ティース先端面１１４ａは、固定子１１０の内周面に対応する。本実施形態では、ティース先端面１１４ａは、軸中心を中心とする円弧形状を有している。
周方向に隣接するティース１１２によりスロット１１５が形成され、スロット１１５内に固定子巻線１１６が配設されている。
なお、本実施形態の永久磁石電動機１００では、ティース１１２（スロット１１５）が６個設けられ、固定子巻線１１６は集中巻き方式によりティース１１２に巻き付けられている。
固定子１１０は、密閉容器２０の内側に、圧入や焼嵌め等により締り嵌めされる。密閉容器２０の内周形状および固定子コア１１０の外周形状は、円形を含む適宜の形状に形成される。
【００１２】
回転子１２０は、板状の電磁鋼板を複数枚積層して形成された回転子コアにより構成されている。回転子コアの軸方向両端部には、端板１２３とバランスウェイト１２４が配設される。そして、カシメピン挿入孔に挿入されたカシメピン１２５によって、回転子コア、端板１２３とバランスウェイト１２４が一体化される。回転子１２０（回転子コア）は、回転軸挿入孔に回転軸１３０が挿入され、固定子１１０の内周側に回転可能に配置されている。本実施形態では、回転子１２０（回転子コア）の外周面１２０ａは、軸中心Ｐを中心とする円形形状を有している。そして、固定子１１０の内周面（ティース先端面１１４ａ）と回転子１２０の外周面１２０ａとの間に空隙（エアギャップ）Ｇが保持されるように配置されている。
回転子１２０（回転子コア）は、軸方向に直角な断面で見て、周方向に沿って主磁極と補助磁極が交互に配置されている。本実施形態では、回転子１２０の主磁極の数が４に設定されている。すなわち、４極構造（４Ｐ）の回転子１２０を有している。
各主磁極には磁石挿入孔１２１が形成され、磁石挿入孔１２１には永久磁石１２２が挿入されている。本実施形態では、磁石挿入孔１２１は、主磁極のｄ軸（軸中心Ｐと主磁極の外周面の周方向中心を結ぶ線）と直交（「略直交」を含む）する方向に直線状に延在するように形成されている。また、磁石挿入孔１２１には、軸方向に直交する断面の形状が

四角形を有する永久磁石１２２が挿入されている。なお、好適には、磁石挿入孔１２１内における永久磁石１２２の位置を規定するための位置決め部が設けられる。例えば、磁石挿入孔１２１を形成する内周壁と外周壁の少なくとも一方に、内側に突出するように位置決め部が形成される。

また、本実施形態では、永久磁石１２２として、ネオジウム（Ｎｄ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石が用いられている。ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石としては、例えば、特許文献１～３に開示されているネオジウム磁石を用いることができる。

【００１３】

本実施形態の圧縮機１０は、以下のように動作する。

なお、図示は省略しているが、永久磁石電動機１００には、圧縮機構部３０側と吐出口２１側とを連通する通路が設けられている。例えば、固定子１１０の外周面と密閉容器２０の内周面との間、固定子１１０、回転子１２０に軸方向に連通している通路が形成され、また、回転子１２０の外周面１２０ａと固定子１１０の内周面（ティース先端面１１４ａ）との間の間隙が通路として用いられる。

固定子巻線１１６への電流の供給により固定子巻線１１６から磁界が発生して回転子１２０（回転軸１３０）が回転すると、アキュムレータ４０から吸入管４１および吸入口２２を介して吸入された作動媒体は、圧縮機構部３０で圧縮される。

圧縮機構部３０で圧縮された作動媒体は、永久磁石電動機１００の通路を通って永久磁石電動機１００の下方（圧縮機構部３０側）から上方（圧縮機構部３０と反対側）に流れ、吐出口２１から吐出される。

【００１４】

第１の実施形態の永久磁石電動機１００では、４極構造の回転子１２０を用いたが、回転子の主磁極の数（極数）を第１の実施形態の永久磁石電動機１００の主磁極の数と異なる値に設定した第２の実施形態の永久磁石電動機２００を、図３を参照して説明する。なお、以下で説明する他の実施形態では、圧縮機１０の構成は図１の実施形態と同じであるため、永久磁石電動機の構成のみを説明する。

図３に示されている第２の実施形態の永久磁石電動機２００は、固定子２１０と回転子２２０を備えている。

本実施形態では、固定子２１０は、ティース２１２（スロット２１５）が９個設けられ、固定子巻線は集中巻き方式によりティース２１２に巻き付けられている。

また、回転子２２０の主磁極の数が６に設定されている。すなわち、６極構造（６Ｐ）の回転子２２０を有している。各主磁極の磁石挿入孔２２１は、主磁極のｄ軸と直交（「略直交」を含む）する方向に直線状に延在するように形成されている。また、磁石挿入孔２２１には、軸方向に直交する断面の形状が四角形を有する永久磁石２２２が挿入されている。

【００１５】

回転子の主磁極の数（極数）を、第１および第２の実施形態の回転子の主磁極の数（極数）と異なる値に設定した第３の実施形態の永久磁石電動機３００を、図４を参照して説明する。

図４に示されている第３の実施形態の永久磁石電動機３００は、固定子３１０と回転子３２０を備えている。

本実施形態では、固定子３１０は、ティース３１２（スロット３１５）が１２個設けられ、固定子巻線は集中巻き方式によりティース３１２に巻き付けられている。

また、回転子３２０の主磁極の数が８に設定されている。すなわち、８極構造（８Ｐ）の回転子３２０を有している。各主磁極の磁石挿入孔３２１は、主磁極のｄ軸と直交（「略直交」を含む）する方向に直線状に延在するように形成されている。また、磁石挿入孔３２１には、軸方向に直交する断面の形状が四角形を有する永久磁石３２２が挿入されている。

【００１６】

回転子の主磁極の数（極数）を、第１～第３の実施形態の回転子の主磁極の数（極数）と異なる値に設定した第４の実施形態の永久磁石電動機４００を、図５を参照して説明する。

図５に示されている第４の実施形態の永久磁石電動機４００は、固定子４１０と回転子４２０を備えている。

本実施形態では、固定子４１０は、ティース４１２（スロット４１５）が１５個設けられ、固定子巻線は集中巻き方式によりティース４１２に巻き付けられている。

また、回転子４２０の主磁極の数が１０に設定されている。すなわち、１０極構造（１０Ｐ）の回転子４２０を有している。各主磁極の磁石挿入孔４２１は、主磁極のｄ軸と直交（「略直交」を含む）する方向に直線状に延在するように形成されている。また、磁石挿入孔４２１には、軸方向に直交する断面の形状が四角形を有する永久磁石４２２が挿入されている。

【００１７】

次に、永久磁石電動機の回転子の主磁極の極数が４（４極：４Ｐ）、６（６極：６Ｐ）、８（８極：８Ｐ）、１０（１０極：１０Ｐ）の場合における、ネオジウム磁石中のテルビウム（Ｔｂ）の含有量と減磁開始電流との関係を、図９に示す。図９では、横軸はテルビウム（Ｔｂ）の含有量（重量％：ｗｔ％）を示し、縦軸は減磁開始電流（Ａ）を示している。また、実線は回転子の主磁極の極数が４（４Ｐ）の場合のグラフを示し、破線は回転子の主磁極の極数が６（６Ｐ）の場合のグラフを示し、一点鎖線は回転子の主磁極の極数が８（８Ｐ）の場合のグラフを示し、２点鎖線は回転子の主磁極の極数が１０（１０Ｐ）の場合のグラフを示している。

減磁開始電流は、永久磁石の減磁が開始される電流であり、減磁開始電流が小さいほど減磁し易いことを表している。

図９から、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が多い領域では、含有量が増減しても減磁開始電流は大きく変化しないが、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が少ない領域では、含有量が減少するにしたがって減磁開始電流が小さくなることが理解できる。

さらに、テルビウムの含有量が減少するにしたがって減磁開始電流が小さくなる領域は、回転子の主磁極の極数によって異なることが理解できる。すなわち、主磁極の極数が４（４Ｐ）の場合には含有量が０．５ｗｔ％より小さい領域において、主磁極の極数が６（６Ｐ）の場合には含有量が０．４ｗｔ％より小さい領域で、主磁極の極数が８（８Ｐ）の場合には含有量が０．３ｗｔ％より小さい領域で、主磁極の極数が１０（１０Ｐ）の場合には含有量が０．２ｗｔ％より小さい領域で、含有量が減少するにしたがって減磁開始電流が小さくなることが理解できる。

したがって、減磁を防止するためには、すなわち、減磁開始電流が小さくなるのを防止するためには、回転子の主磁極の極数が４（４Ｐ）の場合には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が０．５ｗｔ％以上であるネオジウム磁石を用いるのが好ましく、回転子の主磁極の極数が６（６Ｐ）の場合には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が０．４ｗｔ％以上であるネオジウム磁石を用いるのが好ましく、回転子の主磁極の極数が８（８Ｐ）の場合には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が０．３ｗｔ％以上であるネオジウム磁石を用いるのが好ましく、回転子の主磁極の極数が１０（１０Ｐ）の場合には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が０．２ｗｔ％以上であるネオジウム磁石を用いるのが好ましいことが理解できる。

【００１８】

次に、ネオジウム磁石中のテルビウム（Ｔｂ）の含有量と残留磁束密度との関係を図１０に示す。図１０では、横軸はテルビウム（Ｔｂ）の含有量（重量％：ｗｔ％）を示し、縦軸は残留磁束密度（Ｔ）を示している。

図１０から、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が増加するにしたがって残留磁束密度が低下していることが理解でき、特に、テルビウムの含有量が２．０ｗｔ％より多い領域では、テルビウムの含有量の増加に対する残留磁束密度の低下の割合が小さいことが理解できる。

したがって、テルビウム（Ｔｂ）の含有量が２．０ｗｔ％以下のネオジウム磁石を用い

ることにより、テルビウムの使用量を抑制しながら残留磁束密度を高めることができることが理解できる。

【００１９】

以上のように、図９および図１０に示すグラフから、永久磁石電動機の回転子の永久磁石としてネオジウム（Ｎｄ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石を使用する場合には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量を、回転子が４極構造の場合には０．５重量％と２重量％の範囲内に設定し、回転子が６極構造の場合には０．４重量％と２重量％の範囲内に設定し、回転子が８極構造の場合には０．３重量％と２重量％の範囲内に設定し、回転子が１０極構造の場合には０．２重量％と２重量％の範囲内に設定するのが好ましいことが理解できる。

【００２０】

第１～第４の実施形態の永久磁石電動機１００～４００では、回転子の主磁極に直線状の１つの磁石挿入孔を形成するとともに、磁石挿入孔に１つの永久磁石を挿入したが、主磁極に形成する磁石挿入孔の数や形状および磁石挿入孔に挿入する永久磁石の数や形状は、これに限定されない。

本発明の永久磁石電動機の第５の実施形態が図６に示されている。

図６に示されている第５の実施形態の永久磁石電動機５００は、固定子５１０と回転子５２０を備えている。

本実施形態では、固定子５１０は、ティース５１２（スロット５１５）が９個設けられ、固定子巻線は集中巻き方式によりティース５１２に巻き付けられている。

また、回転子５２０の主磁極の極数が６に設定されている。すなわち、６極構造（６Ｐ）の回転子５２０を有している。

さらに、各主磁極には、第１の磁石挿入孔５２１ａと第２の磁石挿入孔５２１ｂが形成されている。第１の磁石挿入孔５２１ａと第２の磁石挿入孔５２１ｂは、主磁極の周方向中央（ｄ軸と交差する箇所）に中央ブリッジ部が形成されるように、軸中心Ｐ側に飛び出ている（外周側に窪んでいる）Ｖ字状に配置されている。また、第１の磁石挿入孔５２１ａと第２の磁石挿入孔５２１ｂには、軸方向に直交する断面の形状が四角形を有する第１の永久磁石３２２ａと第２の永久磁石３２２ｂが挿入されている。

【００２１】

本発明の永久磁石電動機の第６の実施形態が図７に示されている。

図７に示されている第６の実施形態の永久磁石電動機６００は、固定子６１０と回転子６２０を備えている。

本実施形態では、固定子６１０は、ティース６１２（スロット６１５）が２４個設けられ、固定子巻線は分布巻き方式によりティース６１２に巻き付けられている。

また、回転子６２０の主磁極の極数が４に設定されている。すなわち、４極構造（４Ｐ）の回転子６２０を有している。

さらに、各主磁極には、第１の挿入部６２１ａ、第２の挿入部６２１ｂと第３の挿入部６２１ｃを有する磁石挿入孔６２１が、軸中心Ｐ側に飛び出ている（外周側に窪んでいる）台形状に形成されている。すなわち、第２の挿入部６２１ｂは、主磁極の周方向中央（ｄ軸と交差する箇所）に、ｄ軸と直交する方向に直線状に延在するように配置され、第１の挿入部６２１ａと第３の挿入部６２１ｃは、第２の挿入部６２１ｂの両端部に連結され、隣接する補助磁極のｑ軸（軸中心Ｐと補助磁極の外周面の周方向中心を結ぶ線）に沿って延在するように配置されている。また、第１の挿入部６２１ａ～第３の挿入部６２１ｃには、軸方向に直交する断面の形状が四角形を有する第１の永久磁石６２２ａ～第３の永久磁石６２２ｃが挿入されている。

【００２２】

第１～第６の実施形態では、固定子の内周面（ティース先端面）および回転子の外周面が軸中心Ｐを中心とする円形形状あるいは円弧形状に形成されている場合について説明したが、固定子の内周面および回転子の外周面の形状はこれに限定されない。

回転子の外周面の形状を変更した、本発明の永久磁石電動機の第６の実施形態が図８に

示されている。

【００２３】

図８に示されている第６の実施形態の永久磁石電動機７００は、固定子７１０と回転子７２０を備えている。

回転子７２０の外周面７２０ａは、軸方向に直角な断面でみて、主磁極Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄに対応する第１の部分７２０Ａ、７２０Ｂ、７２０Ｃ、７２０Ｄと、補助磁極ＡＢ、ＢＣ、ＣＤ、ＤＡに対応する第２の部分７２０ＡＢ、７２０ＢＣ、７２０ＣＤ、７２０ＤＡが交互に配置されて構成されている。

第１の部分７２０Ａ～７２０Ｄは、主磁極Ａ～Ｄのｄ軸と交差し、回転子７２０の外周側に突出している第１の曲線形状を有している。また、第２の部分７２０ＡＢ～７２０ＤＡは、補助磁極ＡＢ～ＤＡのｑ軸と交差し、回転子７２０の外周側に突出している第２の曲線形状を有している。第１の曲線形状は、ｄ軸上の軸中心Ｐを曲率中心とする半径Ｒｄの円弧形状である。また、第２の曲線形状は、ｑ軸上の、軸中心Ｐより第２の部分と反対方向に離れた点Ｓを曲率中心とする半径Ｒｑの円弧形状である。第１の部分７２０Ａ～７２０Ｄと第２の部分７２０ＡＢ～７２０ＤＡは、接続点７２０ａ１、７２０ａ２～７２０ｄ１、７２０ｄ２で接続されている。第１の部分７２０Ａ～７２０Ｄの開角は、例えば、効率等を考慮して設定される。

なお、第２の部分７２０ＡＢ～７２０ＤＡの半径Ｒｑは、第１の部分７２０Ａ～７２０Ｄの半径Ｒｄより大きい（Ｒｑ＞Ｒｄ）。これにより、補助磁極ＡＢ～ＤＡのｑ軸に沿った、回転子７２０の外周面７２０ａ（第２の部分７２０ＡＢ～７２０ＤＡ）と固定子７１０の内周面（ティース先端面７１４ａ）との間の空隙Ｇ２は、主磁極Ａ～Ｄのｄ軸に沿った、回転子７２０の外周面７２０ａ（第１の部分７２０Ａ～７２０Ｄ）と固定子７１０の内周面（ティース先端面７１４ａ）との間の空隙Ｇ１より大きくなる（Ｇ２＞Ｇ１）。

【００２４】

主磁極の間の補助磁極には、固定子から回転子への磁束や回転子から固定子への磁束が流れる。回転子の外周面が、軸中心からの距離が等しい円形形状である場合には、補助磁極を流れる磁束の磁束密度が非常に高くなり、永久磁石が減磁し易い。

本形態では、ｑ軸に沿った空隙Ｇ２がｄ軸に沿った空隙Ｇ１より大きくなるように、回転子７２０の外周面が形成されている。これにより、回転子の外周面が円形形状に形成されている場合に較べて、補助磁極に流れる磁束が少なくなり、磁束密度が低くなる。

したがって、本形態の構成を備える永久磁石電動機では、回転子の外周面を、軸中心からの距離が等しい円形形状に形成した場合に較べて、テルビウムの含有量が少ないネオジウム磁石を用いることができる。言い換えれば、テルビウムの含有量が同じネオジウム磁石を用いる場合には、薄いネオジウム磁石を用いることができる。

例えば、前述したネオジウム（Ｎｄ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石を使用する際には、テルビウム（Ｔｂ）の含有量を、回転子が４極構造の場合には０．４５重量％と２重量％の範囲内、回転子が６極構造の場合には０．３６重量％と２重量％の範囲内、回転子が８極構造の場合には０．２７重量％と２重量％の範囲内、回転子が１０極構造の場合には０．１８重量％と２重量％の範囲内に設定することにより、減磁を防止しながら残留磁束密度を高めることができる。

【００２５】

ネオジウムの原料（鉱石）には、ネオジウム磁石を構成するネオジウム（Ｎｄ）や鉄（Ｆｅ）等の金属以外に、プラセオジウム（Ｐｒ）等の他の金属も含まれている。従来、ネオジウムの原料から、ネオジウム磁石を構成するネオジウムや鉄等の金属を、プラセオジウムを含む他の金属から分離していた。

一方、近年、ネオジウム磁石にプラセオジウムが含まれていても、ネオジウムの成分比率がほぼ同じであれば、ネオジウム磁石の磁気特性が大きく変化しないことがわかった。

したがって、第１～第７の実施形態の永久磁石電動機では、ネオジウム（Ｎｄ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石を用いることもできるし、ネオジウム（Ｎｄ）、プラセオジウム（Ｐｒ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネ

オジウム磁石を用いることもできる。
ネオジウム（Ｎｄ）、プラセオジウム（Ｐｒ）、鉄（Ｆｅ）およびテルビウム（Ｔｂ）を含むネオジウム磁石を用いる場合には、ネオジウムの原料からプラセオジウムを分離する工程が不要となるため、ネオジウム磁石を安価に製造することができ、ネオジウム磁石を有する永久磁石電動機を安価に製造することができる。

【００２６】

本発明は、実施形態で説明した構成に限定されず、種々の変更、追加、削除が可能である。
回転子の主磁極に形成する磁石挿入孔の形状や数は、適宜設定することができる。
回転子の主磁極の磁石挿入孔に挿入する永久磁石の形状や数は、磁石挿入孔の形状等に応じて適宜設定される。
永久磁石電動機の固定子のティースの数（スロット数）は、適宜設定される。
固定子巻線をティースに巻き付ける方式としては、集中巻き方式や分布巻き方式等の種々の方式を用いることができる。なお、集中巻き方式を用いる場合には、固定子のティース（スロット）は、回転子の主磁極の数の１．５倍設けられ、分布巻き方式を用いる場合には、固定子のティース（スロット）は、典型的には、回転子の主磁極の数Ｐの６倍設けられる。
実施形態では、回転子の外周面を、ｄ軸と交差する第１の部分とｑ軸と交差する第２の部分により形成し、第１の部分および第２の部分を半径が異なる円弧形状に形成したが、第１の部分および第２の部分は、円弧形状以外の形状に形成することもできる。また、軸中心から回転子の外周面までの距離が等しい、円形形状の回転子を用いた場合に比べて補助磁極を流れる磁束の量を低減する方法としては、ｑ軸に沿った空隙がｄ軸に沿った空隙より大きくなる方法であればよく、回転子の外周面を第１の部分と第２の部分により形成する方法に限定されない。
本発明の圧縮機は、ロータリー型の圧縮機構部を有するロータリー圧縮機に限定されず、スクロール型の圧縮機構部を有するスクロール圧縮機等の種々の構成の圧縮機として構成することができる。
本発明の永久磁石電動機は、圧縮機以外の種々の装置の駆動電動機として用いることができる。
実施形態で説明した各構成は、単独で用いることもできるし、適宜選択した複数の構成を組み合わせて用いることもできる。

【００２７】

本発明は、以下のように構成することもできる。
（態様１）固定子と、永久磁石を有する回転子を備え、前記回転子の外周面と前記固定子の内周面との間に間隙を有している永久磁石電動機であって、前記回転子は、４極構造であるとともに、各極に、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が配置されており、前記テルビウムの含有量が０．５重量％と２重量％の範囲内であることを特徴とする永久磁石電動機。
（態様２）固定子と、永久磁石を有する回転子を備える永久磁石電動機であって、前記回転子は、６極構造であるとともに、各極に、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が配置されており、前記テルビウムの含有量が０．４重量％と２重量％の範囲内であることを特徴とする永久磁石電動機。
（態様３）固定子と、永久磁石を有する回転子を備える永久磁石電動機であって、前記回転子は、８極構造であるとともに、各極に、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が配置されており、前記テルビウムの含有量が０．３重量％と２重量％の範囲内であることを特徴とする永久磁石電動機。
（態様４）固定子と、永久磁石を有する回転子を備える永久磁石電動機であって、前記回転子は、１０極構造であるとともに、各極に、ネオジウム、鉄およびテルビウムを含むネオジウム磁石が配置されており、前記テルビウムの含有量が０．２重量％と２重量％の範囲内であることを特徴とする永久磁石電動機。

（態様５）態様１～４のうちのいずれかの永久磁石電動機であって、前記ネオジウム磁石は、ネオジウム、プラセオジウム、鉄およびテルビウムを含んでいることを特徴とする永久磁石電動機。

（態様６）態様１～５のうちのいずれの永久磁石電動機であって、主磁極のｄ軸に沿った前記間隙が、補助磁極のｑ軸に沿った前記間隙より小さくなるように構成されていることを特徴とする永久磁石電動機。

（態様７）態様６の永久磁石電動機であって、前記回転子の外周面は、軸方向と直交する断面で見て、主磁極のｄ軸と交差する第１の部分と、補助磁極のｑ軸と交差する第２の部分により構成され、前記第２の部分の、ｑ軸に沿った軸中心からの長さが、前記第１の部分の、ｄ軸に沿った軸中心からの長さより小さくなるように形成されていることを特徴とする永久磁石電動機。

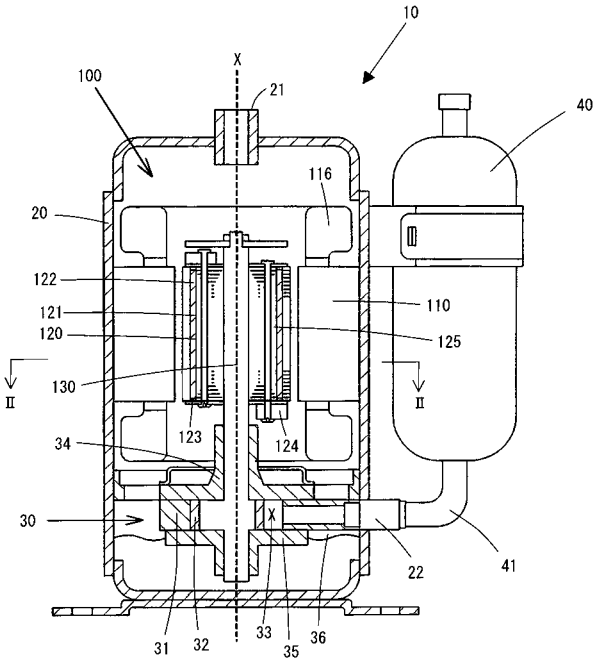
（態様８）圧縮機構部と、前記圧縮機構部を駆動する電動機を備える圧縮機であって、前記電動機として請求項１～７のうちのいずれか一項に記載の永久磁石電動機が用いられていることを特徴とする圧縮機。

【符号の説明】

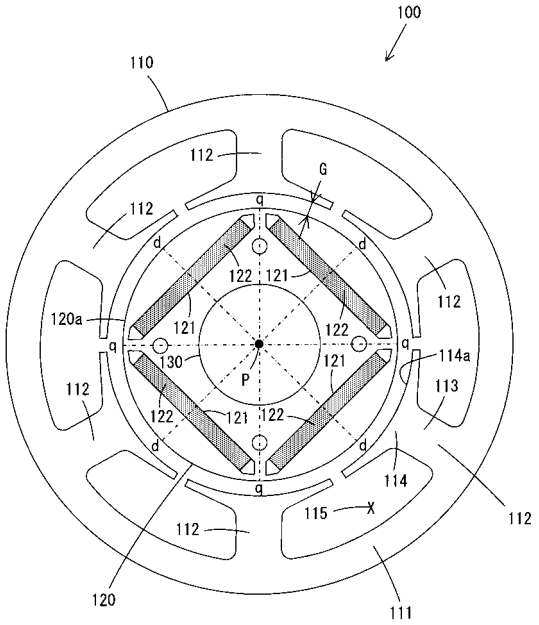
【００２８】

１０　圧縮機
２０　密閉容器
２１　吸入口
２２　吐出口
３０　圧縮機構部
３１　シリンダ
３２　偏心ロータ
３３　圧縮室
３４、３５　軸受部
３６　油溜め
４０　アキュムレータ
４１　吸入管
１００、２００、３００、４００、５００、６００、７００　永久磁石電動機
１１０、２１０、３１０、４１０、５１０、６１０、７１０　固定子
１１１、２１１、３１１、４１１、５１１、６１１、７１１　ヨーク
１１２、２１２、３１２、４１２、５１２、６１２、７１２　ティース
１１３、２１３、３１３、４１３、５１３、６１３、７１３　ティース基部
１１４、２１４、３１４、４１４、５１４、６１４、７１４　ティース先端部
１１４ａ、２１４ａ、３１４ａ、４１４ａ、５１４ａ、６１４ａ、７１４ａ　ティース先端面
１１６　固定子巻線
１２０、２２０、３２０、４２０、５２０、６２０、７２０　回転子
１２０ａ、２２０ａ、３２０ａ、４２０ａ、５２０ａ、６２０ａ、７２０ａ　外周面
１２１、２２１、３２１、４２１、５２１ａ、５２１ｂ、６２１、７２１　磁石挿入孔
１２２、２２２、３２２、４２２、５２２ａ、５２２ｂ、６２２ａ、６２２ｂ、６２２ｃ、７２２　永久磁石
１３０、２３０、３３０、４３０、５３０、６３０、７３０　回転軸
６２１ａ、６２１ｂ、６２１ｃ　挿入部
７２０Ａ～７２０Ｄ　第１の部分
７２０ＡＢ～７２０ＤＡ　第２の部分

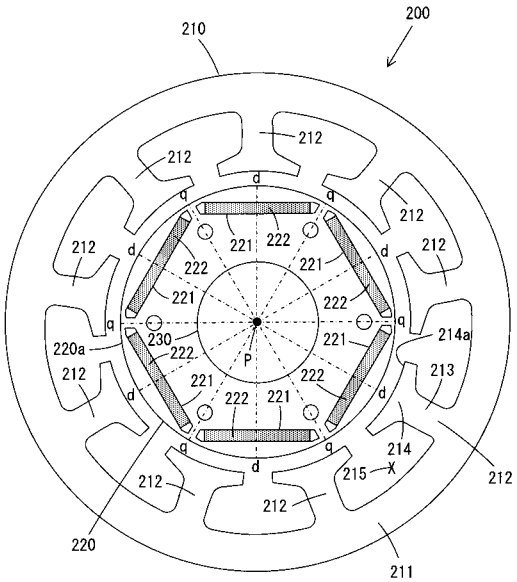
【図１】


10
100
X
21
40
116
20
122
121
120
110
125
130
II
II
123
124
34
30
X
22
41
31
32
33
35
36

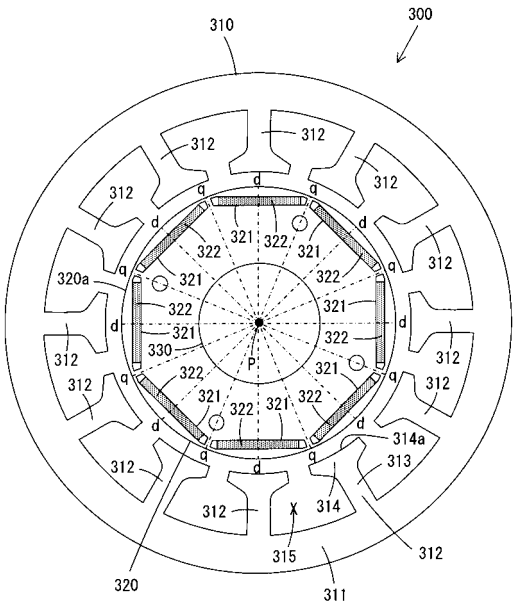
【図２】


100
110
112
G
q
d
122
121
120a
130
P
114a
113
114
115
X
120
111

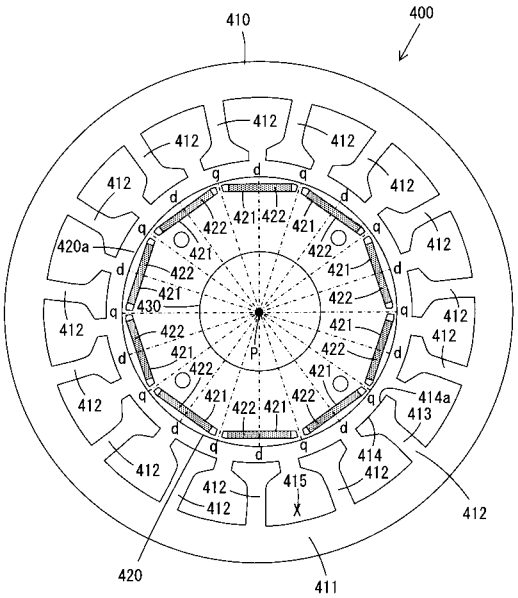
【図３】


200
210
212
221
222
230
P
220a
214a
213
214
215
X
220
211

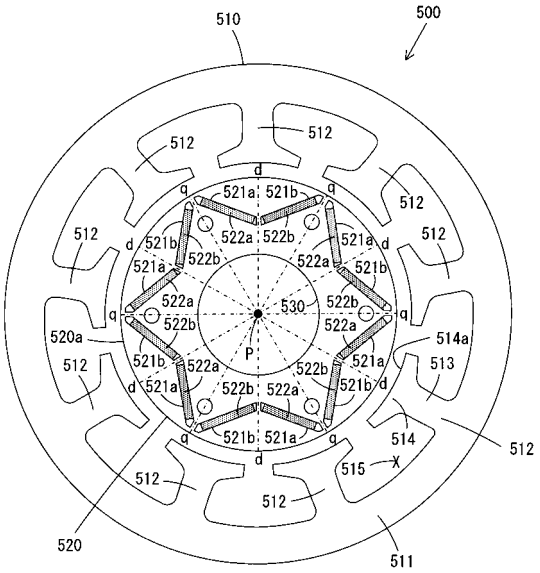
【図４】


300
310
312
321
322
320a
330
P
314a
313
314
315
320
311

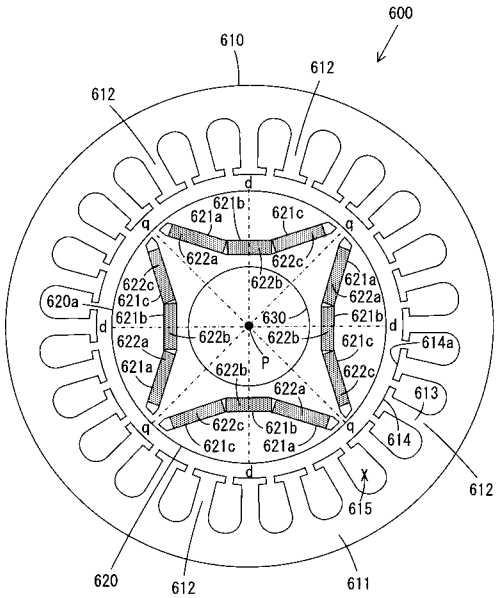
【図５】


400
410
411
412
420
420a
421
422
430
413
414
414a
415
P
X
d
q

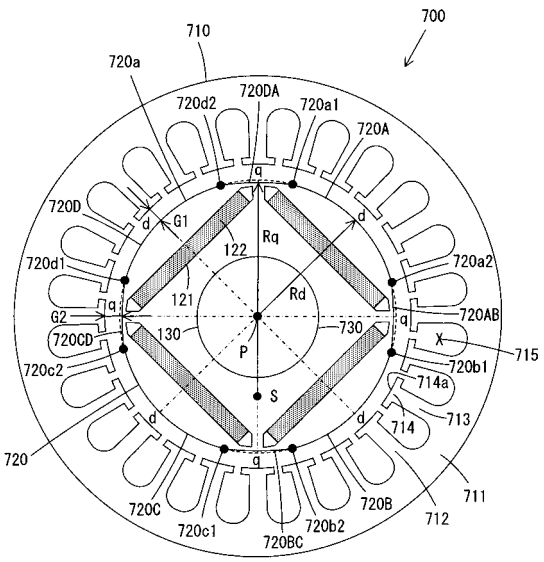
【図６】


500
510
511
512
513
514
514a
515
520
520a
521a
521b
522a
522b
530
P
X
d
q

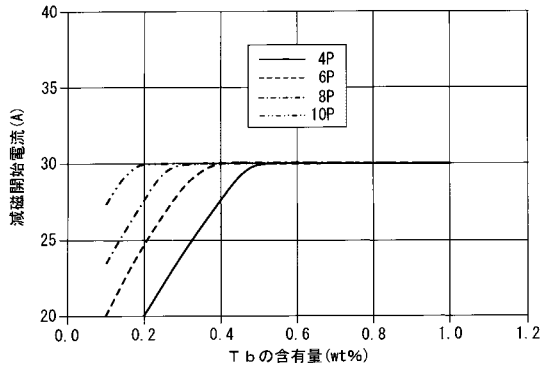
【図７】


600
610
611
612
613
614
614a
615
620
620a
621a
621b
621c
622a
622b
622c
630
P
X
d
q

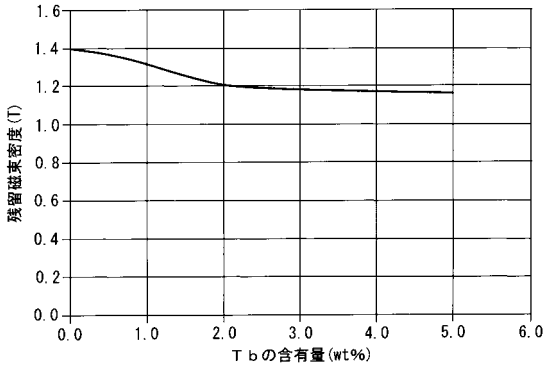
【図８】


700
710
711
712
713
714
714a
715
720
720A
720B
720C
720D
720DA
720a
720a1
720a2
720AB
720BC
720b1
720b2
720c1
720c2
720d1
720d2
720CD
121
122
130
730
Rd
Rq
G1
G2
S
P
d
q

【図９】


減磁開始電流(A)
40
35
30
25
20
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
Ｔｂの含有量(wt%)
4P
6P
8P
10P

【図１０】


残留磁束密度(T)
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
Ｔｂの含有量(wt%)