

明 細 書

発明の名称：ステータコア、ステータの製造方法および回転電機

技術分野

[0001] 本発明は、分割型のステータコア、当該ステータコアを用いたステータの製造方法、および当該ステータコアを備えた回転電機に関する。

背景技術

[0002] 電動機、発電機等の回転電機のステータコアとして、ヨークとティースとが分割された構成を有する分割型のステータコアがしばしば用いられている。

[0003] 例えば、特許文献１に開示された回転電機用ステータは、スロットに対して外周側に位置する複数のヨークコア部と、複数のヨークコア部同士を連結するティースコア部とを組み合わせることで形成されるステータコアを備えている。ステータコアの周方向におけるヨークコア部の両側にはそれぞれ、ティースコア部に対向する周方向接触面が設けられている。同様に、上記周方向におけるティースコア部の両側にはそれぞれ、ヨークコア部に対向する周方向接触面が設けられている。各周方向接触面は、隣り合う一对のティースコア部の間へ外周側からヨークコア部を配置することができるように形成されている。また、各周方向接触面は、隣り合う一对のヨークコア部の間から内周側へティースコア部を抜き出すことができないように形成されている。

[0004] 特許文献１に開示された回転電機用ステータでは、予め巻回されたコイルに複数のティースコア部を配置した後、複数のヨークコア部と複数のティースコア部とを組み合わせることによって、ステータコアを完成させることができる。これにより、コイルをステータコアに容易に配置することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２０１０－２３３３８７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したように、特許文献1の回転電機用ステータでは、ヨークコア部およびティースコア部の各周方向接触面は、一对のヨークコア部の間から内周側へティースコア部を抜き出すことができないように形成されている。これにより、ヨークコア部が適切な位置に固定されている場合には、ヨークコア部に対してティースコア部が内周側に移動することを防止することができる。

[0007] しかしながら、上記周方向接触面は、ティースコア部に対してヨークコア部が外周側に移動することを十分に防止することができない。このため、特許文献1の回転電機用ステータでは、上記周方向接触面とは別に、ヨークコア部が外周側に移動することを規制するための手段を設ける必要がある。しかしながら、そのような手段を設けたとしても、ヨークコア部の移動を十分に防止することは難しい。

[0008] そこで、本発明は、ヨークおよびティースを適切に固定することができる分割型のステータコアおよびそれを備え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

[0009] 本発明は、下記のステータコア、ステータの製造方法および回転電機を要旨とする。

[0010] (1) 円筒状のヨークと、前記ヨークから前記ヨークの径方向における内側に突出する複数のティースとを有する分割型のステータコアであって、

帯状の第1コアと、前記ヨークの径方向において前記第1コアから内側に向かって突出するように前記第1コアに固定された複数の第2コアとを含み、

前記第1コアは、前記ヨークを構成しかつ前記ヨークの周方向に間隔をあけて並ぶように設けられた複数の第1ヨーク構成部と、前記周方向に隣り合う前記第1ヨーク構成部の前記径方向における外縁部同士を接続する複数の

接続部とを有し、

前記第2コアは、前記ヨークを構成しかつ前記周方向に隣り合う一対の前記第1ヨーク構成部に挟持された第2ヨーク構成部と、前記ティースを構成しかつ前記一対の第1ヨーク構成部から前記径方向における内側に突出するティース構成部とを有し、

前記第1ヨーク構成部は、前記周方向における両側にそれぞれ、前記第2ヨーク構成部に接続される第1接続面を有し、

前記第2ヨーク構成部は、前記周方向における両側にそれぞれ、前記第1ヨーク構成部の前記第1接続面に接続される第2接続面を有し、

前記ヨークの軸方向から見て、前記周方向における前記第1ヨーク構成部の中心を通して前記径方向に延びる仮想的な直線をその第1ヨーク構成部の基準線とした場合に、前記第1接続面は、前記径方向における外側ほど前記周方向において前記基準線に近付くように前記基準線に対して傾斜した第1傾斜面と、前記第1傾斜面よりも前記径方向における内側に設けられかつ前記径方向における内側ほど前記周方向において前記基準線に近付くように前記基準線に対して傾斜した第2傾斜面とを含み、

前記軸方向から見て、前記第1ヨーク構成部の前記第1接続面に接続される前記第2接続面は、その前記第1ヨーク構成部の前記第1傾斜面および前記第2傾斜面に沿うように前記基準線に対して傾斜する第3傾斜面および第4傾斜面を有する、ステータコア。

[0011] (2) 前記ティース構成部は、コイルを支持するコイル支持部を有し、

前記周方向において、前記第2ヨーク構成部の幅は、前記コイル支持部の幅よりも小さい、上記(1)に記載のステータコア。

[0012] (3) 前記軸方向から見て、前記ヨークの軸心を中心としかつ前記複数の第1ヨーク構成部に外接する仮想的な円を基準円とした場合、前記接続部の前記径方向における外面には、前記径方向において前記基準円よりも内側に凹む凹部が形成されている、上記(1)または(2)に記載のステータコア。

[0013] (4) 前記接続部は、隣り合う前記一対の第1ヨーク構成部と一体成形され

ている、上記（１）から（３）のいずれかに記載のステータコア。

[0014] （５）前記接続部は、前記周方向に並ぶように設けられた第１接続部および第２接続部を有し、

前記第１接続部は、前記周方向において前記第２接続部側を向く第３接続面を有し、

前記第２接続部は、前記周方向において前記第１接続部側を向きかつ前記第３接続面に接続された第４接続面を有し、

前記第１接続部および前記第２接続部は、前記径方向における前記第３接続面および前記第４接続面よりも外側において一体的に連続している、上記（１）から（４）のいずれかに記載のステータコア。

[0015] （６）前記第１コアおよび前記複数の第２コアはそれぞれ、積層された複数の無方向性電磁鋼板を含む、上記（１）から（５）のいずれかに記載のステータコア。

[0016] （７）上記（１）から（６）のいずれかに記載のステータコアを備えたステータを製造する方法であって、

環状に配置されたコイルの外側に、展開された状態の前記第１コアを配置し、

前記複数の第２コアを順に前記コイルの内側から前記コイルおよび前記第１コアに挿入しつつ、前記第１コアを前記コイルの外周に沿って湾曲させることによって、前記コイルおよび前記複数の第２コアを前記第１コアに取り付ける、ステータの製造方法。

[0017] （８）上記（１）から（６）のいずれかに記載のステータコアと、

前記ステータコアの前記複数のティースに支持されたコイルと、

前記ステータコアの内側に配置されたロータと、を備える、回転電機。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、ヨークおよびティースを適切に固定することができる分割型のステータコアおよびそれを備える回転電機を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施形態に係る回転電機の構成を示す図である。

[図2]第1コアを示す図である。

[図3]第1コアと第2コアとの連結部を示す拡大図である。

[図4]ステータの製造方法を説明するための図である。

[図5]第1コアの他の例を示す図である。

[図6]第1コアのその他の例を示す図である。

[図7]第1コアのさらに他の例を示す図である。

[図8]回転電機の他の例を示す図である。

[図9]回転電機のその他の例を示す図である。

[図10]回転電機のさらに他の例を示す図である。

[図11]参考例のステータを示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態に係るステータコアおよびそれを備えた回転電機について説明する。

[0021] (回転電機の構成)

図1は、本発明の一実施形態に係る回転電機の構成を示す概略図である。

なお、図1においては、後述するヨーク20aの軸方向から見た回転電機100を示している。また、図1においては、回転電機100の周方向における1/4の領域のみを示している。

[0022] 図1に示すように、回転電機100は、ステータ10、ロータ12、およびケース14を備える。なお、図面が煩雑になることを避けるために、ロータ12および後述するコイル22は、簡略化して示している。

[0023] ステータ10は、ステータコア20と、コイル22とを有する。ロータ12は、その軸心（回転中心）がステータコア20の軸心と一致するように、ステータコア20の内側に配置される。ケース14は、例えば、焼嵌めによってステータコア20の外周面に取り付けられる。ロータ12およびケース14としては、公知の種々の構成を利用できるので、詳細な説明は省略する。

- [0024] ステータコア20は、円筒状のヨーク20aと、ヨーク20aからヨーク20aの径方向における内側に突出する複数のティース20bとを有する。コイル22は、複数のティース20bに支持されている。なお、本実施形態では、コイル22は、分布巻き状態で複数のティース20bに支持されてもよく、集中巻き状態で複数のティース20bに支持されてもよい。
- [0025] 本実施形態では、ステータコア20は24個のティース20bを備えているが、ティースの数は24に限定されない。なお、以下において、単に軸方向と記載した場合は、ヨーク20aの軸方向を意味し、単に周方向と記載した場合は、ヨーク20aの周方向を意味し、単に径方向と記載した場合は、ヨーク20aの径方向を意味する。
- [0026] 本実施形態では、ステータコア20は、分割型のステータコアであって、帯状の第1コア24と、径方向において第1コア24から内側に向かって突出するように第1コア24に固定された複数の第2コア26とを含む。第1コア24および第2コア26はそれぞれ、例えば、電磁鋼板を打ち抜いて得られた所定形状の板材を複数枚積層することにより形成することができる。
- [0027] 本実施形態では、第1コア24および第2コア26を構成する電磁鋼板として、公知の無方向性電磁鋼板が用いられる。なお、第1コア24および第2コア26を構成する鋼板が方向性電磁鋼板であるのか、無方向性電磁鋼板であるのかは、鋼板の磁束密度を測定することにより判別可能である。磁束密度は、周知のテスラメーターによって測定可能である。
- [0028] 図2は、第1コア24を示す図であり、(a)は、回転電機100に組み込まれた状態の第1コア24を示し、(b)は、回転電機100に組み込まれる前の展開された状態の第1コア24を示す。
- [0029] 詳細は後述するが、回転電機100では、帯状の1または複数の第1コア24を、円環状または弧状に湾曲させて使用する。本実施形態では、1つの第1コア24を円環状に湾曲させて使用する。図1および図2に示すように、第1コア24は、複数の第1ヨーク構成部24aと、複数の接続部24bとを有する。複数の第1ヨーク構成部24aは、ヨーク20aを構成しかつ

周方向に間隔をあけて並ぶように設けられている。各接続部24bは、周方向に隣り合う第1ヨーク構成部24aの径方向における外縁部同士を接続している。本実施形態では、接続部24bは、隣り合う一对の第1ヨーク構成部24aと一体成形されている。

[0030] 図2(a)に示すように、軸方向から見て、ヨーク20aの軸心を中心としかつ複数の第1ヨーク構成部24aに外接する仮想的な円を基準円50とする。本実施形態では、軸方向から見て、接続部24bの径方向における外面には、径方向において基準円50よりも内側に凹む凹部28が形成されている。本実施形態では、接続部24bの外面の全体が凹状に凹むように第1コア24が形成されている。

[0031] 図3は、第1コア24と第2コア26との連結部を示す拡大図である。図1および図3に示すように、本実施形態では、第2コア26は、第2ヨーク構成部26aと、ティース構成部26bとを有する。

[0032] 第2ヨーク構成部26aは、ヨーク20aを構成しかつ周方向に隣り合う一对の第1ヨーク構成部24aに挟持されている。ティース構成部26bは、ティース20bを構成しかつ隣り合う一对の第1ヨーク構成部24aから径方向における内側に突出している。本実施形態では、ティース構成部26bは、第2ヨーク構成部26aに連続して設けられかつコイル22を支持するコイル支持部30と、コイル支持部30よりも周方向における両側に突出するようにコイル支持部30の先端部（径方向内側の端部）に設けられた鰐部32とを有する。本実施形態では、周方向において、第2ヨーク構成部26aの幅は、コイル支持部30の幅と同じか、それよりも小さく設定される。図1に示す例では、周方向において、第2ヨーク構成部26aの最小幅は、コイル支持部30の最小幅よりも小さい。

[0033] 図3に示すように、第1ヨーク構成部24aは、周方向における両側にそれぞれ、第2ヨーク構成部26aに接続される第1接続面40を有する。また、第2ヨーク構成部26aは、周方向における両側にそれぞれ、上記第1接続面40に接続される第2接続面60を有する。第1接続面40は、周方

向において、外側に向かって凸となるように形成されている。第2接続面60は、周方向において、内側に向かって凹むように形成されている。

[0034] 図1および図3に示すように、軸方向から見て、周方向における第1ヨーク構成部24aの中心を通過して径方向に延びる仮想的な直線を、その第1ヨーク構成部24aの基準線L1とする。なお、図3には、基準線L1に加えて、軸方向から見て基準線L1に平行な直線L2～L5が示されている。

[0035] 図3に示すように、第1ヨーク構成部24aの第1接続面40は、第1傾斜面40aおよび第2傾斜面40bを含む。軸方向から見て、第1傾斜面40aは、径方向における外側ほど周方向において基準線L1に近付くように基準線L1に対して傾斜している。第2傾斜面40bは、第1傾斜面40aよりも径方向における内側に設けられている。また、第2傾斜面40bは、径方向における内側ほど周方向において基準線L1に近付くように基準線L1に対して傾斜している。

[0036] 軸方向から見て、第2ヨーク構成部26aの第2接続面60は、第1接続面40の第1傾斜面40aに接続される第3傾斜面60aと、第1接続面40の第2傾斜面40bに接続される第4傾斜面60bとを含む。第3傾斜面60aは、接続される第1傾斜面40aに沿うように基準線L1に対して傾斜し、第4傾斜面60bは、接続される第2傾斜面40bに沿うように基準線L1に対して傾斜している。

[0037] 本実施形態では、軸方向から見て、基準線L1（直線L2，L3）と第1傾斜面40aとのなす角 α は、例えば、 5° 以上に設定される。本実施形態では、第1傾斜面40aと第3傾斜面60aとが接触することによって第1ヨーク構成部24aに圧縮応力が生じる。この圧縮応力は、第1傾斜面40aに垂直な方向に生じると想定される。一方で、第1ヨーク構成部24aの鉄損は、圧縮応力が付与される方向に対して平行な方向に励磁される場合に大きくなる。本実施形態では、第1ヨーク構成部24aは、主に周方向に励磁される。このため、第1ヨーク構成部24aにおいて周方向の圧縮応力が発生することを抑制できれば、鉄損の増加を抑制することができる。そこで

、本実施形態では、第3傾斜面60aから第1ヨーク構成部24aに対して周方向の圧縮応力が与えられることを十分に抑制できるように、角 α が5°以上に設定されることが好ましい。なお、軸方向から見て、基準線L1と第3傾斜面60aとのなす角は、上記角 α と同様に設定される。また、本実施形態では、角 α を5°以上に設定することによって、第1ヨーク構成部24aが第2ヨーク構成部26aに対して径方向外側に移動すること、および第2ヨーク構成部26aが第1ヨーク構成部24aに対して径方向内側に移動することが十分に抑制される。これにより、第1コア24と第2コア26との固定強度を十分に確保できる。

[0038] また、本実施形態では、上記角 α は、例えば、30°以下に設定される。本実施形態に係る回転電機100では、第2コア26を流れる磁束の向きは、ロータ12（図1参照）の回転に応じて変化する。具体的には、磁束が主に周方向に流れる場合と、磁束がティース構成部26bを径方向に流れた後、第2ヨーク構成部26aにおいて滑らかな曲線を描くように周方向へと向きを変えて第1ヨーク構成部24aへと流れ込む場合とがある。ここで、第1傾斜面40aと第3傾斜面60aの間には、通常、加工精度の問題からエアギャップが生じる。軸方向から見て、第1傾斜面40aおよび第3傾斜面60aは基準線L1に対して傾斜しているので、上記エアギャップも、基準線L1に対して傾斜する方向に延びるように形成される。基準線L1に対する傾斜面40a、60aの傾斜角度が大きくなると、磁束が上記のようにティース構成部26bから第1ヨーク構成部24aに向かって曲線を描くように流れる際に、磁束が流れる方向とエアギャップの長さ方向とが平行に近くなる。この場合、磁束が流れる方向におけるエアギャップの長さが大きくなり、ヨーク20aの励磁が阻害される。その結果、鉄損が増大する。そこで、本実施形態では、磁束が流れる方向におけるエアギャップの長さが小さくなるように、角 α を30°以下に設定することが好ましい。また、角 α を30°以下に設定することによって、第2コア26を第1コア24へ挿入する際に、第1コア24と第2コア26とが互いに干渉することを十分に防止

できる。これにより、第2コア26を第1コア24へ容易に挿入できる。

[0039] また、軸方向から見て、基準線L1（直線L4，L5）と第2傾斜面40bとのなす角 β は、例えば、ステータコア20として設計しているティース20bの本数を n とした時に、 $180^\circ / n + 5^\circ \sim 180^\circ / n + 30^\circ$ に設定される。なお、軸方向から見て、基準線L1と第2ヨーク構成部26aの第4傾斜面60bとのなす角は、上記角 β と同様に設定される。角 β を $180^\circ / n + 5^\circ$ 以上に設定することによって、第4傾斜面60bから第1ヨーク構成部24aに対して周方向の圧縮応力が与えられることを抑制することができる。上記のように第1ヨーク構成部24aは、主に周方向に励磁されるので、周方向の圧縮応力を抑制することによって、鉄損の増加を抑制することができる。また、角 β を $180^\circ / n + 5^\circ$ 以上に設定することによって、第1ヨーク構成部24aが第2ヨーク構成部26aに対して径方向内側に移動すること、および第2ヨーク構成部26aが第1ヨーク構成部24aに対して径方向外側に移動することが十分に抑制される。これにより、第1コア24と第2コア26との固定強度を十分に確保できる。

[0040] なお、本実施形態では、各接続部24bは、第1コア24を環状または弧状に湾曲させる際に変形しやすいように形成されている。具体的には、接続部24bの径方向における厚みは、第2ヨーク構成部26aの径方向における長さ比べて十分に小さく設定されている。本実施形態では、径方向において接続部24bの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みは、径方向における第2ヨーク構成部26aの長さの $1/2$ 以下に設定されている。径方向において接続部24bの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みは、径方向における第2ヨーク構成部26aの長さの $1/5$ 以下に設定されることが好ましく、 $1/10$ 以下に設定されることがより好ましい。

[0041] また、本実施形態では、凹部28の周方向における長さは、周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みよりも大きく設定されている。さらに、本実施形態では、凹部28の周方向における長さは、周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も大きくなる部

分の当該厚みよりも大きく設定されている。

[0042] (ステータの製造方法)

以下、ステータ 10 の製造方法の一例について簡単に説明する。図 4 は、ステータ 10 の製造方法を説明するための図である。

[0043] 図 4 (a) に示すように、本実施形態に係る製造方法では、まず、軸方向から見て環状に配置されたコイル 22 の外側に、展開された状態の第 1 コア 24 を配置する。次に、図 4 (b), (c) に示すように、第 2 コア 26 をコイル 22 の内側からコイル 22 および第 1 コア 24 (より具体的には一對の第 1 ヨーク構成部 24 a の間) に挿入しつつ、第 1 コア 24 をコイル 22 の外周に沿って湾曲させる。このようにして、複数の第 2 コア 26 を順にコイル 22 および第 1 コア 24 に挿入する。これにより、コイル 22 および複数の第 2 コア 26 が第 1 コア 24 に取り付けられ、ステータ 10 (図 1 参照) が製造される。

[0044] なお、ステータコアに直接巻き線を施す場合は、通常巻き線同士が重なりあうラップ巻きが行われるが、巻き線間の干渉でコイルエンドが大きくなることが不可避である。ラップ巻きに比べて巻き線間の重なりを軽減できる巻き方に波巻きがある。波巻きでは、導線を空間に無駄なく配置できるので、コイルエンドの小型化が可能となる。しかしながら、ティース間の作業スペースは小さいので、ステータコアに導線を直接巻き付ける際に導線を波巻き形状に加工しようとする、ティースと導線加工用ロボットとが干渉する。このため、ステータコアに導線を直接巻き付ける際に波巻きを採用することは、実質的に難しい。一方、事前に波巻き形状に加工した複数本の導体からなるセグメントコイルをステータコアに組み付ける場合には、波巻きが可能となる。しかしながら、コイルエンドにおいて複数本の導体を溶接によって接続する必要がある。このため、セグメントコイルを用いる場合でも、溶接部によるコイルエンドの大型化は避けられない。これらに対して、本実施形態に係る製造方法では、作業スペースの制限が少ない状態で事前に両方のコイルエンドが波巻き形状となるコイルを準備することで、セグメントコイル

を用いることなくステータ 10 を製造することができる。この場合、コイルエンドを小型化しやすくなる。

[0045] なお、本実施形態では、周方向において、第 2 ヨーク構成部 26 a の幅は、コイル支持部 30 の幅よりも小さい。このように、第 2 ヨーク構成部 26 a の幅を小さくすることによって、隣り合う一对の第 1 ヨーク構成部 24 a の間に第 2 ヨーク構成部 26 a を容易に挿入することができる。

[0046] (作用効果)

本実施形態では、図 3 で説明したように、第 1 傾斜面 40 a と第 3 傾斜面 60 a とが接触し、かつ第 1 傾斜面 40 a および第 3 傾斜面 60 a よりも径方向内側において第 2 傾斜面 40 b と第 4 傾斜面 60 b とが接触することによって、第 1 コア 24 と第 2 コア 26 とが接続されている。第 1 接続面 40 は、径方向における外側ほど周方向において基準線 L1 に近付くように基準線 L1 に対して傾斜し、第 2 傾斜面 40 b は、径方向における内側ほど周方向において基準線 L1 に近付くように基準線 L1 に対して傾斜している。第 3 傾斜面 60 a は、接続される第 1 傾斜面 40 a に沿うように基準線 L1 に対して傾斜し、第 4 傾斜面 60 b は、接続される第 2 傾斜面 40 b に沿うように基準線 L1 に対して傾斜している。

[0047] 上記の構成により、第 1 コア 24 が径方向外側に移動することは、第 1 コア 24 の第 1 傾斜面 40 a が第 2 コア 26 の第 3 傾斜面 60 a に接触することによって防止される。また、第 2 コア 26 が径方向内側に移動することは、第 2 コア 26 の第 3 傾斜面 60 a が第 1 コア 24 の第 1 傾斜面 40 a に接触することによって防止される。さらに、第 2 コア 26 が径方向外側に移動することは、第 2 コア 26 の第 4 傾斜面 60 b が第 1 コア 24 の第 2 傾斜面 40 b に接触することによって防止される。このようにして、本実施形態では、隣り合う一对の第 1 ヨーク構成部 24 a の間に、第 2 コア 26 の第 2 ヨーク構成部 26 a を確実に固定することができる。すなわち、ヨーク 20 a および複数のティース 20 b を適切に固定することができる。その結果、回転電機 100 の使用時にステータ 10 において振動が発生することを十分に

抑制することができる。

[0048] また、本実施形態では、第1ヨーク構成部24aの第1接続面40は、周方向において外側に向かって凸となるように形成され、第2ヨーク構成部26aの第2接続面60は、周方向において内側に向かって凹むように形成されている。この場合、第1接続面40および第2接続面60の寸法精度をそれ程高くしなくても、第2コア26を、第1接続面40に沿って適切な位置（設計位置）に自然に移動させることができる。これにより、第1接続面40と第2接続面60とを十分な力で接触させることができる。その結果、ステータコア20の剛性および形状精度を十分に高くすることができる。

[0049] なお、本実施形態では、上記のように第1接続面40と第2接続面60とが十分な力で接触するので、第1ヨーク構成部24aと第2ヨーク構成部26aとの接触部には、周方向にある程度の大きさの圧縮応力が発生する。このため、例えば、第1ヨーク構成部24aが周方向に高い透磁率を有するように第1コア24を方向性電磁鋼板で構成する場合には、第1ヨーク構成部24aと第2ヨーク構成部26aとの接触部において磁束の流れが阻害されるおそれがある。この場合、方向性電磁鋼板によって第1コア24を構成したとしても、鉄損の増加を十分に抑制できないおそれがある。このため、第1コアを方向性電磁鋼板によって構成する場合には、例えば、図11に示すように、ステータを構成してもよい。図11に示すステータでは、第2コア260の第2ヨーク構成部260aを、第1コア240の一对の第1ヨーク構成部240aの間に単に差し込んで、接着によって、第1コア240に固定している。この場合、本実施形態に係るステータ10のように、隣り合う第2ヨーク構成部26aによって第1ヨーク構成部24aを挟み込んで第1コア24と第2コア26とを固定する場合に比べて、第1ヨーク構成部240aにおいて周方向に圧縮応力が発生することを抑制することができる。これにより、鉄損の増加を抑制することができる。一方、本実施形態に係るステータ10では、第1コア24を無方向性電磁鋼板によって構成している。このため、第1ヨーク構成部24aと第2ヨーク構成部26aとの接触部に

において、周方向にある程度の大きさの圧縮応力が発生したとしても、磁束の流れが阻害されることがない。その結果、鉄損の増加を抑制することができる。

[0050] また、本実施形態では、径方向において第2コア26の外側に位置する接続部24bの外面に、凹部28が形成されている。この場合、第2コア26を第1コア24に取り付ける際に、接続部24bが外側に膨らむように変形したとしても、径方向において接続部24bが第1ヨーク構成部24aよりも外側に突出することを防止することができる。これにより、ケース14にステータ10を円滑に挿入することができる。なお、凹部28は、ステータ10をケース14に固定する際の固定場所としても利用することができる。ケース14を焼き嵌めせずにステータ10に固定すれば、圧縮応力によるステータコア20の鉄損劣化（鉄損増加）を回避できる。また、焼き嵌めを行う場合でも、ステータ10をケース14に固定するために凹部28を用いることによって、凹部28による固定力が作用する分、焼き嵌め代を小さくすることができる。これにより、ステータコア20に生じる圧縮応力を減らすことができ、ステータコア20の鉄損劣化を小さくできる。

[0051] また、本実施形態では、接続部24bは、隣り合う一对の第1ヨーク構成部24aと一体成形されている。この場合、一对の第1ヨーク構成部24aと接続部24bとの拘束力を十分に確保できるので、ステータコア20の剛性および形状精度を十分に高くすることができる。

[0052] また、本実施形態では、第1コア24と第2コア26とを接続する第1接続面40および第2接続面60は、径方向に対して傾斜している。このため、第1コア24と第2コア26との結合部では、径方向に対して傾斜する方向に圧縮応力が発生する。言い換えると、第2コア26から第1コア24に対して、径方向に圧縮応力が付加されることを抑制することができる。また、本実施形態に係る回転電機100では、ステータ10をケース14に挿入した際に、第1ヨーク構成部24aとケース14とが接触する。この場合、ケース14から第1ヨーク構成部24aに対して径方向の圧縮応力が与えら

れるが、第1ヨーク構成部24aは主に周方向に励磁されるので、当該圧縮応力はステータコア20の鉄損において問題が無い。一方で、第1ヨーク構成部24aの径方向の圧縮に伴い周方向にも圧縮応力が働き得るが、周方向の圧縮応力は、径方向での幅が狭い接続部24bに集中し易くなる。このため、第1ヨーク構成部24aにおいて周方向の圧縮応力が増加することは抑制される。これにより、ヨーク20aを周方向に十分効率よく励磁することができる。

[0053] 一方で、周方向の圧縮応力を接続部24bにおいて主に生じさせることで、ケース14から第2コア26に付加される圧縮応力を減らすことができる。また、第1傾斜面40aおよび第2傾斜面40bが基準線L1に対して傾斜していることにより、第1コア24から第2コア26に付加される圧縮応力の方向が限定される。これにより、第2コア26において径方向に圧縮応力が発生することが抑制される。ティース20bは径方向に主に励磁され、ヨーク20aのうちティース20bに近接している部分も径方向に近い方向に励磁されやすい。したがって、上記のように第2コア26において径方向に働く圧縮応力が抑制されることによって、ティース20b及びヨーク20aを効率よく励磁することができる。

[0054] (変形例)

図5は、第1コア24の変形例を示す図である。図5に示す第1コア24が、図2に示した第1コア24と異なるのは以下の点である。本実施形態では、接続部24bの径方向内側に形成された切欠き42によって、接続部24bは、第1接続部44aおよび第2接続部44bに区画されている。第1接続部44aおよび第2接続部44bは、ステータコア20において周方向に並ぶように設けられている。

[0055] 本実施形態では、切欠き42が形成されることによって、第1接続部44aには、周方向において第2接続部44b側を向く第3接続面46aが形成され、第2接続部44bには、周方向において第1接続部44a側を向きかつ第3接続面46aに接続される第4接続面46bが形成される。第1接続

部44aおよび第2接続部44bは、径方向における切欠き42の外側（第3接続面46aおよび第4接続面46bの径方向外側）において一体的に連続している。ステータコア20において、第3接続面46aおよび第4接続面46bは、第1接続面40よりも径方向外側に位置付けられる。

[0056] 本実施形態では、接続部24bに切欠き42が形成されていることによって、第1コア24を弧状に湾曲させる際に、接続部24bを容易に変形させることができる。更に、第1コア24において第2コア26を差し込むための部分（隣り合う第1ヨーク構成部24a間の隙間）の周方向の幅を、切欠き42の幅の分だけより拡大させて設計できる。これにより、第1コア24への第2コア26の取り付けが容易になる。なお、鋼板（第1コア24）が変形する時には、変形部において塑性変形や残留応力による鉄損劣化が生じる。この点に関して、ヨーク20aの最外周部において、周方向におけるテイス20bの中心を通過して径方向に延びる直線上に位置する箇所は励磁が少ない。本実施形態では、第1コア24の変形の大部分が当該励磁が少ない箇所に集中するため、変形による第1コア24の鉄損の劣化量が極めて軽微で済む。

[0057] なお、図6（a）に示すように、切欠き42の先端部に円筒状の空洞部を形成してもよい。本実施形態では、図6（b）に示すように、第1コア24を弧状に湾曲させた際に、第3接続面46aおよび第4接続面46bの径方向外側に空洞部43が形成されるように、第1コア24に切欠き42が形成されている。このような形状の切欠き42を形成することによって、第1コア24を弧状に湾曲させる際に、接続部24bを円滑に変形させることができる。

[0058] なお、切欠きの形成位置は上記の例に限定されない。例えば、図7に示すように、第1コア24において、接続部24bと第1ヨーク構成部24aとの境界部に切欠き42を形成してもよい。

[0059] 本実施形態では、切欠き42が形成されることによって、接続部24bの周方向における一方側の端部に、周方向において第1ヨーク構成部24a側

を向く第5接続面46cが形成され、第1ヨーク構成部24aに、周方向において第5接続面46c側を向きかつ第5接続面46cに接続される第6接続面46dが形成される。第1ヨーク構成部24aおよび接続部24bは、径方向における切欠き42の外側（第5接続面46cおよび第6接続面46dの径方向外側）において一体的に連続している。ステータコア20において、第5接続面46cおよび第6接続面46dは、第1接続面40よりも径方向外側に位置付けられる。

[0060] 本実施形態においても、切欠き42が形成されていることによって、第1コア24を弧状に湾曲させる際に、接続部24bを容易に変形させることができる。これにより、第1コア24への第2コア26の取り付けが容易になる。なお、本実施形態においても、図6に示した切欠き42と同様の形状の切欠きを形成してもよい。

[0061] 上述の実施形態では、軸方向から見て、第1傾斜面40a、第2傾斜面40b、第3傾斜面60aおよび第4傾斜面60bがそれぞれ直線状に延びるように形成される場合について説明したが、第1傾斜面40a、第2傾斜面40b、第3傾斜面60aおよび第4傾斜面60bの形状は上述の例に限定されない。

[0062] 図8は、第1傾斜面40a、第2傾斜面40b、第3傾斜面60aおよび第4傾斜面60bの形状の他の例を示す図である。なお、図8には、基準線L1に加えて、軸方向から見て基準線L1に平行な直線L6、L7が示されている。図8に示すように、軸方向から見て、第1傾斜面40a、第2傾斜面40b、第3傾斜面60aおよび第4傾斜面60bがそれぞれ円弧状に湾曲するように形成されてもよい。本実施形態に係るステータコア20においても、上述のステータコア20と同様の効果が得られる。

[0063] なお、上述の実施形態では、第1接続面40および第2接続面60がそれぞれ、基準線L1に対して傾斜する2つの傾斜面を有する場合について説明したが、第1接続面および第2接続面にそれぞれ、軸方向から見て基準線L1に平行な面が含まれてもよい。

[0064] 上述の実施形態では、一つの第1コア24を円環状に湾曲させてステータコア20の構成要素として使用する場合について説明したが、円弧状に湾曲された複数の第1コア24を円環状に繋ぎ合わせてステータコア20の構成要素としてもよい。また、ステータコアの一部を、帯状の第1コア24および複数の第2コア26によって構成し、ステータコアの他の部分では、帯状のコア（展開コア）以外のコアが用いられてもよい。例えば、ステータコアの上記他の部分では、ヨークおよびティースが一体的に形成されていてもよい。また、例えば、ステータコアの上記他の部分では、互いに分離された複数のヨーク構成部（上述の第1コア24において、接続部24bを設けずに、2つ以上の第1ヨーク構成部24aのみを設けた構成。）を設け、そのヨーク構成部の間に第2コア26を挟持してもよい。

[0065] 上述の実施形態では、凹部28の周方向における長さは、周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みよりも大きく設定されている。しかしながら、図9に示すように、凹部28の周方向における長さは、周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みよりも小さく設定されてもよい。また、図示は省略するが、凹部28の周方向における長さは、周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も大きくなる部分の当該厚みよりも小さく、かつ周方向において第2ヨーク構成部26aの厚みが最も小さくなる部分の当該厚みよりも大きく設定されてもよい。

[0066] また、上述の実施形態では、周方向に隣り合う凹部28は互いに離れて形成されているが、図10に示すように、周方向に隣り合う凹部28が連続して設けられてもよい。

産業上の利用可能性

[0067] 以上のように、本発明によれば、ヨークおよびティースを適切に固定することができる分割型のステータコアおよびそれを備える回転電機を得ることができる。

符号の説明

- [0068] 1 0 ステータ
1 2 ロータ
1 4 ケース
2 0 ステータコア
2 0 a ヨーク
2 0 b ティース
2 2 コイル
2 4 第1コア
2 4 a 第1ヨーク構成部
2 4 b 接続部
2 6 第2コア
2 6 a 第2ヨーク構成部
2 6 b ティース構成部
2 8 凹部
3 0 コイル支持部
4 0 第1接続面
4 0 a 第1傾斜面
4 0 b 第2傾斜面
5 0 基準円
6 0 第2接続面
6 0 a 第3傾斜面
6 0 b 第4傾斜面
1 0 0 回転電機
L 1 基準線

請求の範囲

- [請求項1] 円筒状のヨークと、前記ヨークから前記ヨークの径方向における内側に突出する複数のティースとを有する分割型のステータコアであって、
- 帯状の第1コアと、前記ヨークの径方向において前記第1コアから内側に向かって突出するように前記第1コアに固定された複数の第2コアとを含み、
- 前記第1コアは、前記ヨークを構成しかつ前記ヨークの周方向に間隔をあけて並ぶように設けられた複数の第1ヨーク構成部と、前記周方向に隣り合う前記第1ヨーク構成部の前記径方向における外縁部同士を接続する複数の接続部とを有し、
- 前記第2コアは、前記ヨークを構成しかつ前記周方向に隣り合う一対の前記第1ヨーク構成部に挟持された第2ヨーク構成部と、前記ティースを構成しかつ前記一対の第1ヨーク構成部から前記径方向における内側に突出するティース構成部とを有し、
- 前記第1ヨーク構成部は、前記周方向における両側にそれぞれ、前記第2ヨーク構成部に接続される第1接続面を有し、
- 前記第2ヨーク構成部は、前記周方向における両側にそれぞれ、前記第1ヨーク構成部の前記第1接続面に接続される第2接続面を有し、
- 前記ヨークの軸方向から見て、前記周方向における前記第1ヨーク構成部の中心を通過して前記径方向に延びる仮想的な直線をその第1ヨーク構成部の基準線とした場合に、前記第1接続面は、前記径方向における外側ほど前記周方向において前記基準線に近付くように前記基準線に対して傾斜した第1傾斜面と、前記第1傾斜面よりも前記径方向における内側に設けられかつ前記径方向における内側ほど前記周方向において前記基準線に近付くように前記基準線に対して傾斜した第2傾斜面とを含み、

前記軸方向から見て、前記第1ヨーク構成部の前記第1接続面に接続される前記第2接続面は、その前記第1ヨーク構成部の前記第1傾斜面および前記第2傾斜面に沿うように前記基準線に対して傾斜する第3傾斜面および第4傾斜面を有する、ステータコア。

[請求項2] 前記ティース構成部は、コイルを支持するコイル支持部を有し、
前記周方向において、前記第2ヨーク構成部の幅は、前記コイル支持部の幅よりも小さい、請求項1に記載のステータコア。

[請求項3] 前記軸方向から見て、前記ヨークの軸心を中心としかつ前記複数の第1ヨーク構成部に外接する仮想的な円を基準円とした場合、前記接続部の前記径方向における外面には、前記径方向において前記基準円よりも内側に凹む凹部が形成されている、請求項1または2に記載のステータコア。

[請求項4] 前記接続部は、隣り合う前記一对の第1ヨーク構成部と一体成形されている、請求項1から3のいずれかに記載のステータコア。

[請求項5] 前記接続部は、前記周方向に並ぶように設けられた第1接続部および第2接続部を有し、

前記第1接続部は、前記周方向において前記第2接続部側を向く第3接続面を有し、

前記第2接続部は、前記周方向において前記第1接続部側を向きかつ前記第3接続面に接続された第4接続面を有し、

前記第1接続部および前記第2接続部は、前記径方向における前記第3接続面および前記第4接続面よりも外側において一体的に連続している、請求項1から4のいずれかに記載のステータコア。

[請求項6] 前記第1コアおよび前記複数の第2コアはそれぞれ、積層された複数の無方向性電磁鋼板を含む、請求項1から5のいずれかに記載のステータコア。

[請求項7] 請求項1から6のいずれかに記載のステータコアを備えたステータを製造する方法であって、

環状に配置されたコイルの外側に、展開された状態の前記第 1 コアを配置し、

前記複数の第 2 コアを順に前記コイルの内側から前記コイルおよび前記第 1 コアに挿入しつつ、前記第 1 コアを前記コイルの外周に沿って湾曲させることによって、前記コイルおよび前記複数の第 2 コアを前記第 1 コアに取り付ける、ステータの製造方法。

[請求項 8]

請求項 1 から 6 のいずれかに記載のステータコアと、
前記ステータコアの前記複数のティースに支持されたコイルと、
前記ステータコアの内側に配置されたロータと、を備える、回転電機。