

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第4771107号
(P4771107)

(45) 発行日 平成23年9月14日(2011.9.14)

(24) 登録日 平成23年7月1日(2011.7.1)

(51) Int.Cl. F I
HO2K 1/18 (2006.01) HO2K 1/18 C
HO2K 15/02 (2006.01) HO2K 15/02 D

請求項の数 10 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-171781 (P2010-171781)</p> <p>(22) 出願日 平成22年7月30日(2010.7.30)</p> <p>審査請求日 平成22年8月2日(2010.8.2)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2010-115144 (P2010-115144)</p> <p>(32) 優先日 平成22年5月19日(2010.5.19)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(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</p> <p>(72) 発明者 麻沼 直岐 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</p> <p>(72) 発明者 宮本 恭祐 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</p> <p>審査官 牧 初</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機、回転電機の製造方法、および風力発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機であって、前記固定子は、

带状の無方向性電磁鋼板を螺旋状に折り曲げて積層したヨーク鉄心と、

前記ヨーク鉄心の周方向に並べられ、一方端部が前記ヨーク鉄心の内周側に固定され、他方端部が前記回転子と対向する複数のティース鉄心と、を備え、

各前記ティース鉄心は、方向性電磁鋼板を積層した部材で構成され、互いに独立しており、

各前記ティース鉄心の一方端部は、

前記ヨーク鉄心側に向かうに従って前記ヨーク鉄心の内周面から周方向幅が狭くなるテーパ部と、

前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側に形成され、周方向幅が前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱状部と、を有し、

前記ヨーク鉄心の内周側には、各前記ティース鉄心に対応して設けられ、対応する前記ティース鉄心の一方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成され、

各前記ティース鉄心の一方端部は、それぞれに対応する前記嵌合溝に嵌合されることによって前記ヨーク鉄心の内周側に固定され、

前記带状の無方向性電磁鋼板には、当該無方向性電磁鋼板を螺旋状に折り曲げて積層したときに各前記嵌合溝を形成する切り欠きが形成される、回転電機。

【請求項 2】

各前記ティース鉄心の磁化容易方向は、前記ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とする、請求項 1 に記載の回転電機。

【請求項 3】

回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機の製造方法であって、
無方向性電磁鋼板から帯状鋼板を打ち抜く第 1 工程と、
前記帯状鋼板を螺旋状に折り曲げて積層し、前記固定子のヨーク鉄心を形成する第 2 工程と、

方向性電磁鋼板からティース鋼板を打ち抜く第 3 工程と、
前記ティース鋼板を積層して前記固定子のティース鉄心を 1 つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立した前記固定子のティース鉄心を複数形成する第 4 工程と、
各前記ティース鉄心の一方端部を前記ヨーク鉄心の内周側に固定する第 5 工程と、を含み、

各前記ティース鉄心の一方端部は、
前記ヨーク鉄心側に向かうに従って前記ヨーク鉄心の内周面から周方向幅が狭くなるテーパ部と、

前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側に形成され、周方向幅が前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱状部と、を有しており、

前記ヨーク鉄心の内周側には、各前記ティース鉄心に対応して設けられ、対応する前記ティース鉄心の一方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成されており、

前記帯状鋼板には、前記第 2 工程において前記帯状鋼板を螺旋状に折り曲げて積層したときに各前記嵌合溝を形成する切り欠きが形成され、

前記第 5 工程において、各前記ティース鉄心の一方端部は、前記ヨーク鉄心の積層方向における端面からそれぞれに対応する前記嵌合溝に挿入されることによって、前記ヨーク鉄心の内周側に固定される、回転電機の製造方法。

【請求項 4】

各前記ティース鉄心の磁化容易方向は、前記ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とする、請求項 3 に記載の製造方法。

【請求項 5】

前記第 3 工程において、前記ティース鋼板は、前記方向性電磁鋼板の磁化容易方向に沿って順次打ち抜かれることを特徴とする、請求項 3 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 6】

回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機の製造方法であって、
方向性電磁鋼板からティース鋼板を打ち抜く第 1 工程と、

前記ティース鋼板を積層して前記固定子のティース鉄心を 1 つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立した前記固定子のティース鉄心を複数形成する第 2 工程と、

各前記ティース鉄心の一方端部を円柱状または円筒状の治具の外周に固定する第 3 工程と、

無方向性電磁鋼板から帯状鋼板を打ち抜く第 4 工程と、
前記治具の外周に一方端部が固定された各前記ティース鉄心の他方端部に固定しながら前記帯状鋼板を螺旋状に折り曲げて積層し、前記固定子のヨーク鉄心を形成する第 5 工程と、を含み、

各前記ティース鉄心の他方端部は、
前記ヨーク鉄心側に向かうに従って前記ヨーク鉄心の内周面から周方向幅が狭くなるテーパ部と、

前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側に形成され、周方向幅が前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱状部と、を有しており、

前記ヨーク鉄心の内周側には、各前記ティース鉄心に対応して設けられ、対応する前記ティース鉄心の他方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成されており、

前記第 5 工程において、前記帯状鋼板は、前記嵌合溝に対応する切り欠きを各前記ティ

10

20

30

40

50

ース鉄心の他方端部に嵌合しながら螺旋状に折り曲げて積層されることによって、各前記ティース鉄心の他方端部に固定される、回転電機の製造方法。

【請求項 7】

各前記ティース鉄心の磁化容易方向は、前記ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とする、請求項 6 に記載の製造方法。

【請求項 8】

前記第 1 工程において、前記ティース鋼板は、前記方向性電磁鋼板の磁化容易方向に沿って順次打ち抜かれることを特徴とする、請求項 6 または 7 に記載の製造方法。

【請求項 9】

回転子と当該回転子を取り囲む固定子とを有する回転電機を備えた風力発電システムであって、

前記固定子は、

帯状の無方向性電磁鋼板を螺旋状に折り曲げて積層したヨーク鉄心と、

前記ヨーク鉄心の周方向に並べられ、一方端部が前記ヨーク鉄心の内周側に固定され、他方端部が前記回転子と対向する複数のティース鉄心と、を有し、

各前記ティース鉄心は、方向性電磁鋼板を積層した部材で構成され、互いに独立しており、

各前記ティース鉄心の一方端部は、

前記ヨーク鉄心側に向かうに従って前記ヨーク鉄心の内周面から周方向幅が狭くなるテーパ部と、

前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側に形成され、周方向幅が前記テーパ部の前記ヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱状部と、を有し、

前記ヨーク鉄心の内周側には、各前記ティース鉄心に対応して設けられ、対応する前記ティース鉄心の一方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成され、

各前記ティース鉄心の一方端部は、それぞれに対応する前記嵌合溝に嵌合されることによって前記ヨーク鉄心の内周側に固定され、

前記帯状の無方向性電磁鋼板には、当該無方向性電磁鋼板を螺旋状に折り曲げて積層したときに各前記嵌合溝を形成する切り欠きが形成される、風力発電システム。

【請求項 10】

前記風力発電システムは、

タワーと、

前記タワーに設けられたナセルと、

前記ナセルに設けられた前記回転電機と、

前記回転電機に直接的または間接的に接続された風車と、を備える、請求項 9 に記載の風力発電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機、回転電機の製造方法、および風力発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

回転電機の固定子鉄心に方向性電磁鋼板を用いる技術は、従来から知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

この従来技術では、固定子の固定子鉄心をヨーク鉄心とティース部材で構成している。ヨーク鉄心は、方向性電磁鋼板から打ち抜かれた帯状鋼板を円形状に折り曲げて積層することにより構成される。帯状鋼板には、複数の切り欠きが形成されている。磁気歪みによる効率悪化を抑えるために、帯状鋼板は、各切り欠き部分で折り曲げられている。ヨーク鉄心には、各切り欠きによって複数の嵌合溝が形成される。ヨーク鉄心の磁化容易方向は、ヨーク鉄心の周方向と一致している。ティース部材は、ブリッジ部で互いに連結された

10

20

30

40

50

複数のティース鉄心に対応した形状をもつ帯状鋼板を方向性電磁鋼板から打ち抜き、その帯状鋼板を円形状に折り曲げて積層することにより構成される。磁気歪みによる効率悪化を抑えるために、ティース部材に用いられる帯状鋼板は、ブリッジ部に対応する部分で折り曲げられている。また、ティース部材に用いられる帯状鋼板は、その長手方向を方向性電磁鋼板の磁化容易方向と垂直な方向にして、方向性電磁鋼板から打ち抜かれている。各ティース鉄心の磁化容易方向は、ティース部材の径方向と一致している。

【0004】

以上のように構成された各ティース鉄心に巻線を設けた後、ブリッジ部とは反対側の各ティース鉄心の一方端部をヨーク鉄心の嵌合溝に嵌合することにより、固定子が完成する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-234159号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来 of 回転電機では、ヨーク鉄心については各切り欠き部分で帯状鋼板を折り曲げ、ティース部材についてはブリッジ部に対応する部分で帯状鋼板を折り曲げることによって、磁気歪みによる効率悪化を抑えようとしている。しかしながら、各切り欠き部分とブリッジ部に対応する部分に磁気歪みが生じることに変わりがなく、その磁気歪みにより効率が悪化する。このため、ヨーク鉄心およびティース部材に方向性電磁鋼板を用いることによって材料コストが上昇する割には、効率が悪いという課題があった。

20

【0007】

そこで、本発明は、材料コストの上昇を抑え、かつ所望の効率を得ることが可能な回転電機、回転電機の製造方法、および風力発電システム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】

【0008】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、本発明に係る回転電機は、回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機であって、固定子は、帯状の無方向性電磁鋼板を円形状に折り曲げて積層したヨーク鉄心と、ヨーク鉄心の周方向に並べられ、一方端部がヨーク鉄心の内周側に固定され、他方端部が回転子と対向する複数のティース鉄心と、を備え、各ティース鉄心は、方向性電磁鋼板を積層した部材で構成され、互いに独立しており、各ティース鉄心の磁化容易方向は、ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とするものである。

30

【0009】

ヨーク鉄心は、無方向性電磁鋼板を用いて構成されるので、材料コストの上昇を抑えることができる。また、各ティース鉄心は方向性電磁鋼板を用いて構成され、その磁化容易方向が各ティース鉄心中を流れる磁束の方向と一致することになるため、鉄損が小さくなり、同一入力で磁束密度を高くすることができるとともに、トルク直線性が良くなり、高いトルクを実現できる。このため、効率を向上させることができる。さらに、ヨーク鉄心は、無方向性電磁鋼板を用いて構成されるので、円形状に折り曲げて積層しても磁気歪みは生じない。また、各ティース鉄心は、互いに独立しており、ブリッジ部が存在しないため、ブリッジ部での磁気歪みも生じない。このように、本発明に係る回転電機によれば、材料コストの上昇を抑えながら、所望する効率を得ることができる。

40

【0010】

また、ヨーク鉄心は、帯状の無方向性電磁鋼板を円形状に折り曲げて積層することにより構成されるので、円形状の無方向性電磁鋼板を積層する場合に比べて歩留まりが良くなる。

【0011】

50

なお、方向性電磁鋼板は、その磁化容易方向が圧延方向にのみ揃うという性質をもつ。このため、方向性電磁鋼板の幅（磁化容易方向と垂直な方向の幅）を大きくするのは困難であった。しかし、本発明に係る回転電機によれば、各ティース鉄心が互いに独立している。このため、各ティース鉄心を構成するティース鋼板を、方向性電磁鋼板の磁化容易方向（長手方向）に並べて打ち抜くことができる。このため、大型の回転電機であっても、各ティース鉄心を容易に製造することができる。

【0012】

なお、各ティース鉄心の一方端部は、ヨーク鉄心側に向かうに従って周方向幅が狭くなるテーパ部と、テーパ部のヨーク鉄心側に形成され、周方向幅がテーパ部のヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱部と、を有し、ヨーク鉄心の内周側には、各ティース鉄心に対応して設けられ、対応するティース鉄心の一方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成され、各ティース鉄心の一方端部は、それぞれに対応する嵌合溝に嵌合されることによってヨーク鉄心の内周側に固定されてもよい。

10

【0013】

また、本発明は、回転電機の製造方法にも向けられており、本発明に係る回転電機の製造方法は、回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機の製造方法であって、無方向性電磁鋼板から帯状鋼板を打ち抜く第1工程と、帯状鋼板を円形状に折り曲げて積層し、固定子のヨーク鉄心を形成する第2工程と、方向性電磁鋼板からティース鋼板を打ち抜く第3工程と、ティース鋼板を積層して固定子のティース鉄心を1つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立した固定子のティース鉄心を複数形成する第4工程と、各ティース鉄心の磁化容易方向をヨーク鉄心の径方向と一致させて、各ティース鉄心の一方端部をヨーク鉄心の内周側に固定する第5工程と、を含むことを特徴とするものである。

20

【0014】

なお、第3工程において、ティース鋼板は、方向性電磁鋼板の磁化容易方向に沿って順次打ち抜かれてもよい。

【0015】

また、各ティース鉄心の一方端部は、ヨーク鉄心側に向かうに従って周方向幅が狭くなるテーパ部と、テーパ部のヨーク鉄心側に形成され、周方向幅がテーパ部のヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱部と、を有しており、ヨーク鉄心の内周側には、各ティース鉄心に対応して設けられ、対応するティース鉄心の一方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成されており、第5工程において、各ティース鉄心の一方端部は、ヨーク鉄心の積層方向における端面からそれぞれに対応する嵌合溝に挿入されることによって、ヨーク鉄心の内周側に固定されてもよい。

30

【0016】

また、本発明は、回転電機の別の製造方法にも向けられており、本発明に係る回転電機の製造方法は、回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機の製造方法であって、方向性電磁鋼板からティース鋼板を打ち抜く第1工程と、ティース鋼板を積層して固定子のティース鉄心を1つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立した固定子のティース鉄心を複数形成する第2工程と、各ティース鉄心の一方端部を円柱状または円筒状の治具の外周に固定する第3工程と、無方向性電磁鋼板から帯状鋼板を打ち抜く第4工程と、治具の外周に一方端部が固定された各ティース鉄心の他方端部に固定しながら帯状鋼板を円形状に折り曲げて積層し、固定子のヨーク鉄心を形成する第5工程と、を含むことを特徴とするものである。

40

【0017】

上記治具の外周に固定される各ティース鉄心の一方端部は、例えば、後述する図1、図4、図5、図7、図8等に示した各ティース鉄心22の他方端部に相当するものである。

【0018】

なお、第1工程において、ティース鋼板は、方向性電磁鋼板の磁化容易方向に沿って順次打ち抜かれてもよい。

50

【 0 0 1 9 】

また、各ティース鉄心の他方端部は、ヨーク鉄心側に向かうに従って周方向幅が狭くなるテーパ部と、テーパ部のヨーク鉄心側に形成され、周方向幅がテーパ部のヨーク鉄心側の先端の周方向幅よりも広い円柱部と、を有しており、ヨーク鉄心の内周側には、各ティース鉄心に対応して設けられ、対応するティース鉄心の他方端部と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝が形成されており、第5工程において、帯状鋼板は、帯状鋼板に形成された嵌合溝に各ティース鉄心の他方端部が嵌合されることによって、各ティース鉄心の他方端部に固定されてもよい。

【 0 0 2 0 】

上記治具の外周に固定される各ティース鉄心の他方端部は、例えば、後述する図1、図4、図5、図7、図8等に示した各ティース鉄心22の一方端部に相当するものである。

10

【 0 0 2 1 】

また、本発明は、風力発電システムにも向けられており、本発明に係る風力発電システムは、回転子と当該回転子を取り囲む固定子とを有する回転電機を備えた風力発電システムであって、固定子は、帯状の無方向性電磁鋼板を円形状に折り曲げて積層したヨーク鉄心と、ヨーク鉄心の周方向に並べられ、一方端部がヨーク鉄心の内周側に固定され、他方端部が回転子と対向する複数のティース鉄心と、を有し、各ティース鉄心は、方向性電磁鋼板を積層した部材で構成され、互いに独立しており、各ティース鉄心の磁化容易方向は、ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とするものである。

【 0 0 2 2 】

20

なお、上記風力発電システムは、タワーと、タワーに設けられたナセルと、ナセルに設けられた回転電機と、回転電機に直接的または間接的に接続された風車と、を備えていてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、材料コストの上昇を抑え、かつ所望の効率を得ることが可能な回転電機、回転電機の製造方法、および風力発電システムを提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【図1】本発明の第1実施形態に係る回転電機の断面図である。

30

【図2】ヨーク鉄心を構成する帯状鋼板を無方向性電磁鋼板から打ち抜く様子を示した図である。

【図3】ヨーク鉄心の斜視図である。

【図4】ティース鉄心を構成するティース鋼板を方向性電磁鋼板から打ち抜く様子を示した図である。

【図5】ティース鉄心の斜視図である。

【図6】図1に示した回転電機の製造工程の一部を示した図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係る回転電機の製造工程の一部を示した図である。

【図8】図7に示した治具の他の形状を示す図である。

【図9】増速ギアと発電機とをもつ風力発電システムの概要を示す図である。

40

【図10】増速ギアを省略したダイレクトドライブ型の風力発電システムの概要を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 5 】

以下、本発明の実施形態について図を参照して説明する。なお、同一の構成については同一の符号を付することにより、重複説明を適宜省略する。

【 0 0 2 6 】

< 第1実施形態 >

まず、本発明の第1実施形態に係る回転電機の構成について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る回転電機の断面図である。図1では、回転子の回転軸方向と垂直な

50

方向から回転電機を切断したときの断面を示している。図 1 において、回転電機は、回転子 1 と固定子 2 を備える。

【 0 0 2 7 】

回転子 1 は、円柱状であり、その外周は空隙を介して固定子 2 に取り囲まれている。回転子 1 は、回転子鉄心 1 1 と永久磁石 1 2 を備える。永久磁石 1 2 は、回転子鉄心 1 1 の外周に設けられている。なお、回転子 1 の構造は、図 1 に示した構造に限定されない。永久磁石 1 2 を回転子鉄心 1 1 の内部に設けた構造であってもよいし、永久磁石 1 2 を用いない構造であってもよい。

【 0 0 2 8 】

固定子 2 は、ヨーク鉄心 2 1 および複数のティース鉄心 2 2 を有する固定子鉄心と、巻線 2 3 とを備える。

【 0 0 2 9 】

ヨーク鉄心 2 1 は、図 2 に示すように、無方向性電磁鋼板 3 から打ち抜かれた帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層することにより構成される。具体的には、円形状に折り曲げた 1 層の帯状鋼板 3 1 を別個に複数準備してそれらを積層するか、または、帯状鋼板 3 1 を円形の螺旋状に折り曲げて積層することにより構成される。図 2 は、ヨーク鉄心 2 1 を構成する帯状鋼板 3 1 を無方向性電磁鋼板 3 から打ち抜く様子を示した図である。図 2 に示すように、帯状鋼板 3 1 には、複数の切り欠き 3 1 1 が形成されており、各切り欠き 3 1 1 に対応する位置には凹部 3 1 2 が形成されている。帯状鋼板 3 1 は、各切り欠き 3 1 1 が形成される側を内周側に配置して円形状に折り曲げられる。これにより、図 1 に示すように、各切り欠き 3 1 1 は、ヨーク鉄心 2 1 の内周側に設けられた複数の嵌合溝 2 1 1 を形成する。各嵌合溝 2 1 1 は、各ティース鉄心 2 2 の数に合わせて設けられる。各嵌合溝 2 1 1 の形状は、図 3 に示すように、後述するティース鉄心 2 2 の一方端部と嵌合可能な形状となっている。図 3 は、ヨーク鉄心 2 1 の斜視図であり、図 3 では、ヨーク鉄心 2 1 の一部のみ示している。なお、各切り欠き 3 1 1 の形状は、帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層したときに、嵌合溝 2 1 1 が図 3 に示す形状となるように形成される。また、凹部 3 1 2 の形状は、帯状鋼板 3 1 を円形に折り曲げて積層したときに、帯状鋼板 3 1 の外周（つまりヨーク鉄心 2 1 の外周）を円形にすることが可能な形状になっている。

【 0 0 3 0 】

各ティース鉄心 2 2 は、図 1 に示すように、互いに独立しており、ヨーク鉄心 2 1 の周方向に並べられる。各ティース鉄心 2 2 の一方端部はヨーク鉄心 2 1 の内周側に形成された嵌合溝 2 1 1 に嵌合されて固定され、他方端部は回転子 1 と対向している。各ティース鉄心 2 2 は、方向性電磁鋼板を用いて構成される。各ティース鉄心 2 2 の磁化容易方向は、図 1 の矢印 A で示すように、ヨーク鉄心 2 1 の径方向と一致している。これにより、各ティース鉄心 2 2 中を流れる磁束の方向と、各ティース鉄心 2 2 の磁化容易方向とを一致させることができる。

【 0 0 3 1 】

ティース鉄心 2 2 のそれぞれは、図 4 に示すように、方向性電磁鋼板 4 から打ち抜かれたティース鋼板 4 1 を積層することにより構成される。図 4 は、ティース鉄心 2 2 を構成するティース鋼板 4 1 を方向性電磁鋼板 4 から打ち抜く様子を示した図である。ティース鋼板 4 1 は、矢印 B で示す方向性電磁鋼板 4 の磁化容易方向に沿って順次打ち抜かれる。ティース鋼板 4 1 の一方端部には、テーパ部 4 1 1 と円形部 4 1 2 が形成されている。テーパ部 4 1 1 の形状は、一方端部の先端に向かうに従って幅が狭くなる形状となっている。円形部 4 1 2 は、テーパ部 4 1 1 の幅が狭くなった先端に設けられ、円形部 4 1 2 の幅は、テーパ部 4 1 1 の当該先端の幅よりも広がっている。

【 0 0 3 2 】

このように構成されたティース鋼板 4 1 を積層することで、各ティース鉄心 2 2 の一方端部には、図 5 に示すように、テーパ部 2 2 1 と円柱部 2 2 2 とが形成される。図 5 は、ティース鉄心 2 2 の斜視図である。図 5 に示すように、テーパ部 2 2 1 は、一方端部の先端（つまりヨーク鉄心 2 1 側）に向かうに従って周方向幅が狭くなる形状となってい

10

20

30

40

50

る。円柱部 2 2 2 は、テーパ部 2 2 1 の先端側（つまりヨーク鉄心 2 1 側）に形成され、円柱部 2 2 2 の周方向幅は、テーパ部 2 2 1 の先端の周方向幅よりも広がっている。なお、テーパ部 2 2 1 は、図 4 に示したテーパ部 4 1 1 を積層することにより形成される。円柱部 2 2 2 は、図 4 に示した円形部 4 1 2 を積層することにより形成される。図 3 および図 5 に示すように、各ティース鉄心 2 2 の一方端部とヨーク鉄心 2 1 の嵌合溝 2 1 1 は、互いに嵌合可能な形状となっている。

【 0 0 3 3 】

巻線 2 3 は、ティース鉄心 2 2 に設けられる。巻線 2 3 により発生する回転磁界により、回転子 1 は回転する。巻線 2 3 の巻回方法は、集中巻線方式であってもよいし、分布巻方式であってもよい。

10

【 0 0 3 4 】

次に、図 1 に示した回転電機の製造方法について説明する。図 6 は、図 1 に示した回転電機の製造工程の一部を示した図である。なお、図 6 では、工程ごとに、固定子 2 の軸方向から見た上面図と側面図とが示されている。

【 0 0 3 5 】

まず、無方向性電磁鋼板 3 から帯状鋼板 3 1 を打ち抜き（図 2）、帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層し、ヨーク鉄心 2 1 を形成する（図 3、図 6）。また、方向性電磁鋼板 4 からティース鋼板 4 1 を打ち抜き（図 4）、ティース鋼板 4 1 を積層してティース鉄心 2 2 を 1 つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立したティース鉄心 2 2 を複数形成する（図 5、図 6）。

20

【 0 0 3 6 】

次に、図 6 に示すように、各ティース鉄心 2 2 に巻線 2 3 を挿入し、焼きバメにより各ティース鉄心 2 2 の一方端部を嵌合溝 2 1 1 に挿入する。各ティース鉄心 2 2 の一方端部は、ヨーク鉄心 2 1 の積層方向における一方端面から挿入される。このとき、各ティース鉄心 2 2 の磁化容易方向 A を、ヨーク鉄心 2 1 の径方向と一致させる。以上より、各ティース鉄心 2 2 の一方端部がヨーク鉄心 2 1 の内周側に固定され、固定子 2 が完成する。

【 0 0 3 7 】

なお、図 6 の例では、各ティース鉄心 2 2 の一方端部を嵌合溝 2 1 1 に挿入する前に、各ティース鉄心 2 2 に巻線 2 3 を挿入していたが、これに限定されない。各ティース鉄心 2 2 の一方端部を嵌合溝 2 1 1 に挿入した後、各ティース鉄心 2 2 に巻線 2 3 を設けるようにしてもよい。

30

【 0 0 3 8 】

以上のように、本実施形態では、ヨーク鉄心 2 1 は、無方向性電磁鋼板 3 を用いて構成される。このため、材料コストの上昇を抑えることができる。また、各ティース鉄心 2 2 は方向性電磁鋼板 4 を用いて構成され、それらの磁化容易方向は各ティース鉄心 2 2 中を流れる磁束の方向と一致している。このため、鉄損が小さくなり、同一入力で磁束密度を高くすることができるとともに、トルク直線性が良くなり、高いトルクを実現できる。その結果、効率を向上させることができる。さらに、ヨーク鉄心 2 1 が無方向性電磁鋼板 3 を用いて構成されるので、円形状に折り曲げて積層しても磁気歪みは生じない。また、各ティース鉄心 2 2 は互いに独立しており、各ティース鉄心 2 2 には上記従来技術で説明したブリッジ部が存在しないので、ブリッジ部での磁気歪みも生じない。このように、本実施形態に係る回転電機によれば、材料コストの上昇を抑えながら、所望する効率を得ることができる。

40

【 0 0 3 9 】

また本実施形態では、ヨーク鉄心 2 1 は、無方向性電磁鋼板 3 からなる帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層することにより構成される。このため、円形状の無方向性電磁鋼板を積層する場合に比べて、使用しない鋼板を削減でき、歩留まりを良くすることができる。

【 0 0 4 0 】

また本実施形態では、各ティース鉄心 2 2 は互いに独立しているため（つまり、ブリッ

50

ジ部にて連結されていないため)、ティース鉄心22を構成するティース鋼板41を方向性電磁鋼板4の磁化容易方向に沿って順次打ち抜くことができる。ここで、方向性電磁鋼板の一般的な性質として、方向性電磁鋼板の磁化容易方向が圧延方向にのみ揃うという性質がある。このため、方向性電磁鋼板の幅(磁化容易方向と垂直な方向の幅)を大きくするのは困難であった。上述した従来技術では、各ティース鉄心がブリッジ部で互いに連結されているため、帯状鋼板を用いる必要がある。この場合において各ティース鉄心の磁化容易方向をヨーク鉄心の径方向と一致させるには、帯状鋼板の長手方向を方向性電磁鋼板の磁化容易方向と垂直な方向に設定する必要がある。このため、上述した従来技術では、帯状鋼板の長手方向の長さが長くなる大型の回転電機を製造することは困難であった。一方、本実施形態では、上述したように、ティース鋼板41を方向性電磁鋼板4の磁化容易方向に沿って順次打ち抜くことができる。このため、大型の回転電機であっても製造が容易となる。

10

【0041】

また本実施形態では、各ティース鉄心22の一方端部に、テーパ部221の先端より周方向幅が広い円柱部222が形成される。これにより、各ティース鉄心22がヨーク鉄心21から抜けるのを防止することができる。また、ヨーク鉄心21には、円柱部222と嵌合可能な形状をもつ嵌合溝211が形成され、ヨーク鉄心21を構成する帯状鋼板31には、嵌合溝211に対応する切り欠き311が形成される。つまり、図4に示したように、切り欠き311の凹部312側の形状が略楕円形状となる。これにより、帯状鋼板31を円形状に折り曲げて積層する際に切り欠き311に集中する応力を緩和させることができる。

20

【0042】

また、本実施形態では、各ティース鉄心22は、互いに独立している。このため、各ティース鉄心22に周方向の外力が作用した場合、各ティース鉄心22の一方端部が変形する可能性がある。これに対し、本実施形態では、各ティース鉄心22の一方端部に円柱部222を形成している。円柱部222に作用する外力は、円柱部222の形状上、円柱状でない場合と比べて分散する。その結果、各ティース鉄心22の一方端部の変形を抑えることができる。また、各ティース鉄心22の一方端部にテーパ部221を形成することにより、各ティース鉄心22の一方端部と嵌合溝211の接触面積が増える。これにより、各ティース鉄心22の一方端部に作用する外力は、円柱部222とテーパ部221とに分散するので、各ティース鉄心22の一方端部の変形をさらに抑えることができる。

30

【0043】

<第2実施形態>

本実施形態では、第1実施形態とは異なる回転電機の製造方法について説明する。図7は、第2実施形態に係る回転電機の製造工程の一部を示した図である。図7では、工程ごとに、固定子2の軸方向から見た上面図と側面図とが示されている。なお、本実施形態に係る回転電機の構成は、図1に示した構成と同じであるので、詳細な説明は省略する。

【0044】

まず、方向性電磁鋼板4からティース鋼板41を打ち抜き(図4)、ティース鋼板41を積層してティース鉄心22を1つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立したティース鉄心22が複数形成される(図5、図7)。

40

【0045】

次に、図7に示すように、外周側に突起が設けられた円柱状または円筒状の治具51を用意する。治具51の突起に各ティース鉄心22の他方端部を係合させ、各ティース鉄心22の他方端部を治具51の外周に固定する。このとき、各ティース鉄心22の磁化容易方向Aを、治具51の径方向と一致させる。

【0046】

次に、図7に示すように、各ティース鉄心22に巻線23が挿入される。

【0047】

次に、無方向性電磁鋼板3から帯状鋼板31が打ち抜かれる(図2)。その後、図7に示

50

すように、帯状鋼板 3 1 の各切り欠き 3 1 1 を各ティース鉄心 2 2 の一方端部に嵌合させて固定しながら、帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層し、ヨーク鉄心 2 1 を形成する。その後、治具 5 1 を各ティース鉄心 2 2 から取り外し、固定子 2 が完成する。

【 0 0 4 8 】

なお、図 7 の例では、各ティース鉄心 2 2 を治具 5 1 の外周に設けた後に、各ティース鉄心 2 2 に巻線 2 3 を設けたが、これに限定されない。ヨーク鉄心 2 1 を形成して、治具 5 1 を各ティース鉄心 2 2 から取り外した後に、各ティース鉄心 2 2 に巻線 2 3 を設けてもよい。

【 0 0 4 9 】

また、治具 5 1 の形状は、図 7 で示した形状に限定されない。例えば、図 8 に示す形状をもつ治具 5 2 であってもよい。図 8 は、治具 5 1 の他の形状を示す図である。図 8 では、工程ごとに、固定子 2 の軸方向から見た上面図と側面図とが示されている。図 8 に示すように、治具 5 2 の突起は、その先端が周方向に広がっており、その先端で各ティース鉄心 2 2 の他方端部を確実に把持することができる形状になっている。

【 0 0 5 0 】

図 8 において、まず、方向性電磁鋼板 4 からティース鋼板 4 1 を打ち抜き（図 4）、ティース鋼板 4 1 を積層してティース鉄心 2 2 を 1 つ形成する作業を繰り返すことにより、互いに独立したティース鉄心 2 2 が複数形成される（図 5、図 8）。

【 0 0 5 1 】

次に、図 8 に示すように、先端が周方向に広がった突起が設けられた円柱状または円筒状の治具 5 2 を用意する。治具 5 2 の突起に各ティース鉄心 2 2 の他方端部を係合させ、各ティース鉄心 2 2 の他方端部を治具 5 2 の外周に固定する。これ以降は、図 7 と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施形態では、各ティース鉄心 2 2 を治具 5 1 または治具 5 2 の外周に設けた後に、ヨーク鉄心 2 1 を形成している。このため、第 1 実施形態で説明したように各ティース鉄心 2 2 の一方端部を嵌合溝 2 1 1 に挿入する場合と比べて、各ティース鉄心 2 2 の他方端部により形成される円の真円度を高くすることができる。その結果、当該円の真円度によるコギングトルク、トルクリップル、速度リップルの発生を抑えることができる。また、治具 5 1 または治具 5 2 を用いることにより、製造が容易となる。また、帯状鋼板 3 1 の各切り欠き 3 1 1 を各ティース鉄心 2 2 の一方端部に嵌合させて固定しながら、帯状鋼板 3 1 を円形状に折り曲げて積層するので、焼きバメが不要となる。

【 0 0 5 3 】

なお、上述した第 1 および第 2 実施形態では、巻線 2 3 により発生する回転磁界により回転子 1 が回転するとし、回転電機が電動機である場合について説明したがこれに限定されない。第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機は、発電機であってもよい。

【 0 0 5 4 】

また、第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機は、例えば車両等の電動機や AC サーボモータ等に適用可能である。また例えば、風力発電システムや車両等の発電機にも適用可能である。以下、図 9 および図 10 を参照して、第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機を風力発電システムの発電機に適用した例について説明する。図 9 は、増速ギアと発電機とをもつ風力発電システムの概要を示す図である。図 10 は、増速ギアを省略したダイレクトドライブ型の風力発電システムの概要を示す図である。

【 0 0 5 5 】

図 9 に示す風力発電システムは、タワー 6 1、ナセル 6 2、発電機 6 3、増速ギア 6 4、風車 6 5 を主に備える。ナセル 6 2 は、タワー 6 1 上に設けられ、ナセル 6 2 内には、発電機 6 3 と増速ギア 6 4 が設けられる。発電機 6 3 は、第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機のいずれかである。風車 6 5 は、ロータハブ 6 5 1 とブレード 6 5 2 により構成され、増速ギア 6 4 を介して発電機 6 3 と接続される。風車 6 5 の回転は、増速ギア 6 4 で増速された後、発電機 6 3 へ伝わる。図 10 に示す風力発電システムは、タワー 7 1、

10

20

30

40

50

ナセル 7 2、発電機 7 3、風車 7 4 を主に備える。ナセル 7 2 は、タワー 7 1 上に設けられ、ナセル 7 2 内には発電機 7 3 が設けられる。発電機 7 3 は、第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機のいずれかである。風車 7 4 は、ロータハブ 7 4 1 とブレード 7 4 2 により構成され、発電機 7 3 と接続される。

【 0 0 5 6 】

このような風力発電システムにおいて、その発電容量が大きい場合（例えば数 M[W] の発電容量をもつ場合）、図 9 および図 1 0 に示した発電機 6 3 および 7 3 のいずれも大型になる。このような大型の発電機に上記第 1 および第 2 実施形態に係る回転電機を適用すれば、上記第 1 および第 2 実施形態に係る効果は、より顕著なものとなる。

【 0 0 5 7 】

なお、風力発電システムは、図 9 および図 1 0 に示した構成に限らず、他の構成であってもよい。

【 0 0 5 8 】

以上、本発明の実施形態について説明した。ただし、いわゆる当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、上記実施形態から適宜変更が可能であり、また、上記実施形態と変更例による手法を適宜組み合わせることも可能である。すなわち、このような変更等が施された技術であっても、本発明の技術的範囲に含まれることは言うまでもない。

【符号の説明】

【 0 0 5 9 】

- 1 回転子
- 1 1 回転子鉄心
- 1 2 永久磁石
- 2 固定子
- 2 1 ヨーク鉄心
- 2 1 1 嵌合溝
- 2 2 ティース鉄心
- 2 2 1、4 1 1 テーパー部
- 2 2 2 円柱部
- 2 3 巻線
- 3 無方向性電磁鋼板
- 3 1 帯状鋼板
- 3 1 1 切り欠き
- 3 1 2 凹部
- 4 方向性電磁鋼板
- 4 1 ティース鋼板
- 4 1 2 円形部
- 5 1、5 2 治具
- 6 1、7 1 タワー
- 6 2、7 2 ナセル
- 6 3、7 3 発電機
- 6 4 増速ギア
- 6 5、7 4 風車
- 6 5 1、7 4 1 ロータハブ
- 6 5 2、7 4 2 ブレード

【要約】

【課題】材料コストの上昇を抑え、かつ所望の効率を得ることが可能な回転電機を提供する。

【解決手段】本発明に係る回転電機は、回転子、および当該回転子を取り囲む固定子を備える回転電機であって、固定子は、帯状の無方向性電磁鋼板を円形状に折り曲げて積層し

10

20

30

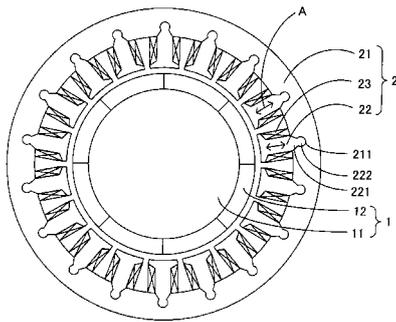
40

50

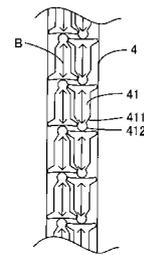
たヨーク鉄心と、ヨーク鉄心の周方向に並べられ、一方端部がヨーク鉄心の内周側に固定され、他方端部が回転子と対向する複数のティース鉄心と、を備え、各ティース鉄心は、方向性電磁鋼板を積層した部材で構成され、互いに独立しており、各ティース鉄心の磁化容易方向は、ヨーク鉄心の径方向と一致することを特徴とするものである。

【選択図】図1

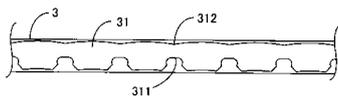
【図1】



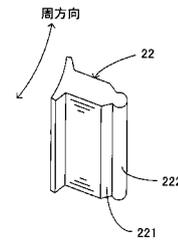
【図4】



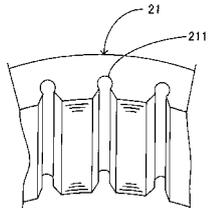
【図2】



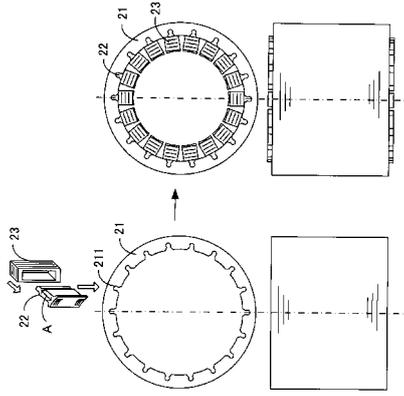
【図5】



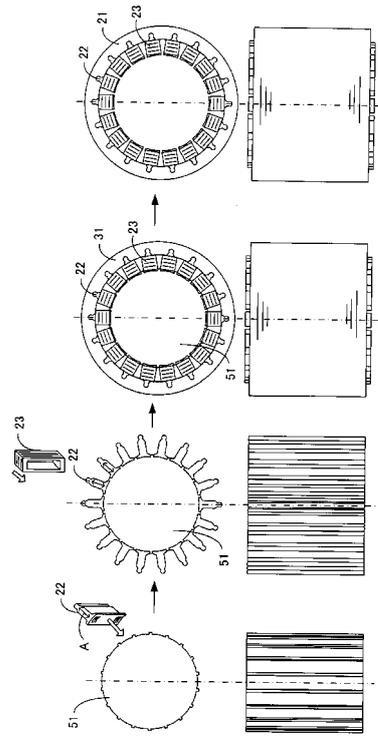
【図3】



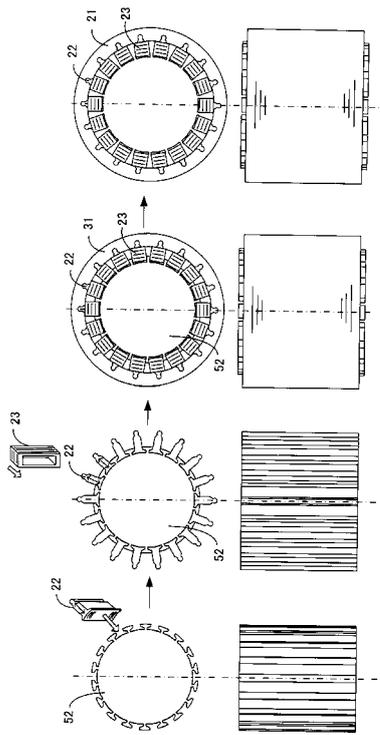
【 図 6 】



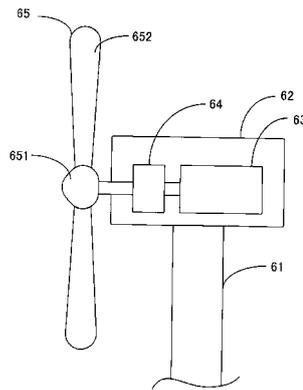
【 図 7 】



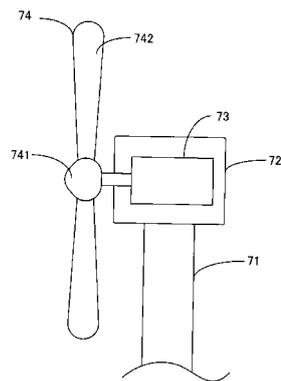
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平7 - 67272 (JP, A)
特開2010 - 75027 (JP, A)
特開2006 - 158003 (JP, A)
特開2005 - 94901 (JP, A)
特開2005 - 151735 (JP, A)
特開2003 - 264947 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/00 - 1/16
H02K 1/18 - 1/26
H02K 1/28 - 1/34
H02K 15/00 - 15/02
H02K 15/04 - 15/16
H02K 41/00 - 41/035