

## 明 細 書

発明の名称： 積層コアおよび回転電機

### 技術分野

[0001] 本発明は、積層コアおよび回転電機に関する。

本願は、2018年12月17日に、日本に出願された特願2018-235862号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 従来から、下記特許文献1に記載されているような積層コアが知られている。この積層コアでは、積層方向に隣り合う電磁鋼板が、接着層により接着されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2006-353001号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 前記従来の積層コアには、磁気特性を向上させることについて改善の余地がある。

[0005] 本発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、磁気特性を向上させることを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 前記課題を解決するために、本発明は以下の手段を提案している。

(1) 本発明の第一の態様は、厚さ方向に積層された複数の電磁鋼板を備える積層コアであって、前記電磁鋼板は、環状のコアバック部と、前記コアバック部から径方向に向けて突出するとともに、前記コアバック部の周方向に間隔をあけて配置された複数のティース部と、を備え、前記コアバック部における前記ティース部に対応する部分にカシメ部が設けられ、前記ティース部に接着部が設けられる積層コアである。

一般的に、コアバック部におけるティース部に対応しない領域（隣り合うティース部間の領域）は、磁束の通り道である。この構成によれば、コアバック部におけるティース部に対応する部分にカシメ部を設けることで、この磁束の通り道にカシメ部を設けた場合よりも、磁気回路を阻害し難くなる。すなわち、コアバック部におけるティース部に対応する部分では、ティース部において発生した磁束（磁気回路）が、周方向に沿って両側に向けて分岐する。そのため、この部分に設けられたカシメ部は、磁気回路に影響を与え難い。結果的に、ステータコア内に発生する鉄損を低減でき、積層コアの磁気特性を向上させることができる。

[0007] （２）前記（１）に記載の積層コアでは、前記ティース部は、前記接着部が設けられる第１のティース部と、前記接着部が設けられない第２のティース部と、を有していてもよい。

一般的に、接着剤は硬化時に収縮する。そのため、電磁鋼板に接着剤が設けられると、接着剤の硬化に伴い、電磁鋼板に圧縮応力が付与される。圧縮応力が付与されると、電磁鋼板に歪が生じる。

この構成によれば、接着部は第１のティース部には設けられるが、第２のティース部には設けられない。このため、接着剤の硬化による歪は、第２のティース部には生じない。従って、積層コア全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0008] 仮に、全てのティース部同士を接着固定すると、全てのティース部に設けた接着剤により歪が生じる。全てのティース部に歪が生じると、ステータコア内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部のみ接着固定する。これにより、ステータコア全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0009] さらに、接着部が設けられる第１のティース部では、この第１のティース部が接着されるため、この第１のティース部に浮き上がりが発生しない。仮に、浮き上がっているティース部に巻き線を巻き回すと、巻き線により浮き上がっているティース部が変形し、巻き線によりこのティース部に応力が加え

られる。このため、この第1のティース部に巻き線による応力が加えられ、この応力が磁場に影響するのを抑制することができる。ただし、接着部により第1のティース部に圧縮応力が生じる。

一方で、接着部が設けられない第2のティース部では、前記圧縮応力が生じない。ただし、第2のティース部では浮き上がりが発生するため、巻き線による応力が加えられる。

この構成によれば、ティース部は第1のティース部および第2のティース部を有する。このため、前記圧縮応力および前記巻き線による応力を、バランスを取りながら抑えることができる。従って、磁気特性をさらに向上させた、高性能な積層コアを提供することができる。

[0010] (3) 前記(2)に記載の積層コアでは、前記第1のティース部と前記第2のティース部とが周方向に交互に配置されてもよい。

この構成によれば、圧縮応力が付与されるが巻き線による応力が抑えられる第1のティース部と、圧縮応力が生じないが巻き線による応力が加えられる第2のティース部と、を交互に配置する。従って、両応力をバランス良く抑えることができる。

[0011] (4) 前記(2)または(3)に記載の積層コアでは、前記第1のティース部に対応する前記コアバック部に前記カシメ部が設けられていてもよい。

一般的に、電磁鋼板にカシメ部を設けると、電磁鋼板が変形するため、電磁鋼板に歪が生じる。

仮に、全てのティース部に対応するコアバック部にカシメ部を設けると、積層コア内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部である第1のティース部に対応するコアバック部のみに、カシメ部を設ける。これにより、積層コア全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0012] (5) 前記(2)または(3)に記載の積層コアでは、前記第2のティース部に対応する前記コアバック部に前記カシメ部が設けられていてもよい。

仮に、全てのティース部に対応するコアバック部にカシメ部を設けると、積層コア内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部

である第2のティース部に対応するコアバック部のみに、カシメ部を設ける。  
これにより、積層コア全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0013] (6) 前記(1)～(5)のいずれか1項に記載の積層コアでは、前記接着部の平均厚みが $1.0\mu\text{m}$ ～ $3.0\mu\text{m}$ であってもよい。

[0014] (7) 前記(1)～(6)のいずれか1項に記載の積層コアでは、前記接着部の平均引張弾性率Eが $1500\text{MPa}$ ～ $4500\text{MPa}$ であってもよい。

[0015] (8) 前記(1)～(7)のいずれか1項に記載の積層コアでは、前記接着部が、エラストマー含有アクリル系接着剤からなるSGAを含む常温接着タイプのアクリル系接着剤であってもよい。

[0016] (9) 本発明の第二の態様は、前記(1)～(8)のいずれか1項に記載の積層コアを備える回転電機である。

この構成によれば、回転電機の磁気特性を向上させることができる。

### 発明の効果

[0017] 本発明によれば、磁気特性を向上させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る回転電機の断面図である。

[図2]図1に示す回転電機が備えるステータの平面図である。

[図3]本発明の第一の実施形態に係る積層コアの側面図である。

[図4]本発明の第一の実施形態に係る積層コアにおいて、電磁鋼板の第1面の平面図である。

[図5]本発明の第二の実施形態に係る積層コアにおいて、電磁鋼板の第1面の平面図である。

[図6]本発明の第三の実施形態に係る積層コアにおいて、電磁鋼板の第1面の平面図である。

[図7]本発明の第四の実施形態に係る積層コアにおいて、電磁鋼板の第1面の平面図である。

[図8]比較例の積層コアにおいて、電磁鋼板の第1面の平面図である。

[図9]比較例の積層コアの鉄損を1とした場合、実施例1～実施例4の積層コ

アの鉄損の相対値を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照し、本発明の一実施形態に係る回転電機を説明する。なお、本実施形態では、回転電機として電動機、具体的には交流電動機を一例に挙げて説明する。交流電動機は、より具体的には同期電動機、より一層具体的には永久磁石界磁型電動機である。この種の電動機は、例えば、電気自動車などに好適に採用される。

[0020] 図1および図2に示すように、回転電機10は、ステータ20と、ロータ30と、ケース50と、回転軸60と、を備える。ステータ20およびロータ30は、ケース50に收容される。ステータ20は、ケース50に固定される。

本実施形態では、回転電機10として、ロータ30がステータ20の内側に位置するインナーロータ型の回転電機が用いられている。しかしながら、回転電機10として、ロータ30がステータ20の外側に位置するアウトロータ型の回転電機が用いられてもよい。また、本実施形態では、回転電機10が、12極18スロットの三相交流モータである。しかしながら、例えば、極数やスロット数、相数などは適宜変更することができる。

[0021] ステータ20は、ステータコア21と、図示しない巻線と、を備える。

ステータコア21は、環状のコアバック部22と、複数のティース部23と、を備える。コアバック部22は、コアバック部の外周縁22aと、コアバック部の内周縁22b（図2に示す破線）とで囲まれた領域のことである。

以下では、ステータコア21（コアバック部22）の軸方向（ステータコア21の中心軸線O方向）を、軸方向という。ステータコア21（コアバック部22）の径方向（ステータコア21の中心軸線Oに直交する方向）を、径方向という。ステータコア21（コアバック部22）の周方向（ステータコア21の中心軸線O周りに周回する方向）を、周方向という。

[0022] コアバック部22は、ステータ20を軸方向から見た平面視において円環状に形成されている。

例えば、ティース部23は、平面視において矩形状である。複数のティース部23は、コアバック部22から径方向に向けて（径方向に沿ってコアバック部22の中心軸線Oに向けて）突出する。複数のティース部23は、周方向に同等の間隔をあけて配置されている。本実施形態では、中心軸線Oを中心とする中心角20度おきに18個のティース部23が設けられている。複数のティース部23は、互いに同等の形状で、かつ同等の大きさに形成されている。

前記巻線は、ティース部23に巻き回されている。前記巻線は、集中巻きされていてもよく、分布巻きされていてもよい。

[0023] ロータ30は、ステータ20（ステータコア21）に対して径方向の内側に配置されている。ロータ30は、ロータコア31と、複数の永久磁石32と、を備える。

ロータコア31は、ステータ20と同軸に配置される環状（円環状）に形成されている。ロータコア31内には、前記回転軸60が配置されている。回転軸60は、ロータコア31に固定されている。

複数の永久磁石32は、ロータコア31に固定されている。本実施形態では、2つ1組の永久磁石32が1つの磁極を形成している。複数組の永久磁石32は、周方向に同等の間隔をあけて配置されている。本実施形態では、中心軸線Oを中心とする中心角30度おきに、12組（全体では24個）の永久磁石32が設けられている。

[0024] 本実施形態では、永久磁石界磁型電動機として、埋込磁石型モータが採用されている。

ロータコア31には、ロータコア31を軸方向に貫通する複数の貫通孔33が形成されている。複数の貫通孔33は、複数の永久磁石32に対応して設けられている。各永久磁石32は、対応する貫通孔33内に配置された状態でロータコア31に固定されている。例えば、永久磁石32の外面と貫通孔33の内面とを接着剤により接着すること等により、各永久磁石32がロータコア31に固定されている。なお、永久磁石界磁型電動機として、埋込磁

石型モータに代えて表面磁石型モータが用いられてもよい。

[0025] ステータコア21およびロータコア31は、いずれも積層コアである。積層コアは、複数の電磁鋼板40が積層されることで形成されている。

なお、ステータコア21およびロータコア31それぞれの積厚は、例えば、50.0mmとされる。ステータコア21の外径は、例えば、250.0mmとされる。ステータコア21の内径は、例えば、165.0mmとされる。ロータコア31の外径は、例えば、163.0mmとされる。ロータコア31の内径は、例えば、30.0mmとされる。ただし、これらの値は一例であり、ステータコア21の積厚、外径や内径、およびロータコア31の積厚、外径や内径は、これらの値に限られない。ここで、ステータコア21の内径は、ステータコア21におけるティース部23の先端部を基準としている。ステータコア21の内径は、全てのティース部23の先端部に内接する仮想円の直径である。

[0026] ステータコア21およびロータコア31を形成する各電磁鋼板40は、例えば、母材となる電磁鋼板を打ち抜き加工すること等により形成される。電磁鋼板40には、公知の電磁鋼板を用いることができる。電磁鋼板40の化学組成は特に限定されない。本実施形態では、電磁鋼板40として、無方向性電磁鋼板を採用している。無方向性電磁鋼板としては、例えば、JIS（日本工業規格）C 2552：2014の無方向性電鋼帯を採用することができる。

しかしながら、電磁鋼板40として、無方向性電磁鋼板に代えて方向性電磁鋼板を採用することも可能である。方向性電磁鋼板には、JIS C 2553：2012の方向性電鋼帯を採用することができる。

[0027] 電磁鋼板の加工性や、積層コアの鉄損を改善するため、電磁鋼板40の両面には、絶縁被膜が設けられている。絶縁被膜を構成する物質としては、例えば、（１）無機化合物、（２）有機樹脂、（３）無機化合物と有機樹脂との混合物、などが適用できる。無機化合物としては、例えば、（１）重クロム酸塩とホウ酸の複合物、（２）リン酸塩とシリカの複合物、などが挙げられ

る。有機樹脂としては、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、アクリルスチレン系樹脂、ポリエステル系樹脂、シリコン系樹脂、フッ素系樹脂などが挙げられる。

[0028] 互いに積層される電磁鋼板40間での絶縁性能を確保するために、絶縁被膜の厚さ（電磁鋼板40片面あたりの厚さ）は0.1  $\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

一方で絶縁被膜が厚くなるに連れて絶縁効果が飽和する。また、絶縁被膜が厚くなるに連れて占積率が低下し、積層コアとしての性能が低下する。したがって、絶縁被膜は、絶縁性能が確保できる範囲で薄い方がよい。絶縁被膜の厚さ（電磁鋼板40片面あたりの厚さ）は、好ましくは0.1  $\mu\text{m}$ 以上5  $\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは0.1  $\mu\text{m}$ 以上2  $\mu\text{m}$ 以下である。

[0029] 電磁鋼板40が薄くなるに連れて、次第に鉄損の改善効果が飽和する。また、電磁鋼板40が薄くなるに連れて、電磁鋼板40の製造コストは増す。そのため、鉄損の改善効果および製造コストを考慮すると、電磁鋼板40の厚さは0.10 mm以上とすることが好ましい。

一方で電磁鋼板40が厚すぎると、電磁鋼板40のプレス打ち抜き作業が困難になる。

そのため、電磁鋼板40のプレス打ち抜き作業を考慮すると、電磁鋼板40の厚さは0.65 mm以下とすることが好ましい。

また、電磁鋼板40が厚くなると鉄損が増大する。そのため、電磁鋼板40の鉄損特性を考慮すると、電磁鋼板40の厚さは0.35 mm以下とすることが好ましい。電磁鋼板40の厚さは、より好ましくは、0.20 mmまたは0.25 mmである。

上記の点を考慮し、各電磁鋼板40の厚さは、例えば、0.10 mm以上0.65 mm以下である。各電磁鋼板40の厚さは、好ましくは、0.10 mm以上0.35 mm以下、より好ましくは0.20 mmや0.25 mmである。なお、電磁鋼板40の厚さには、絶縁被膜の厚さも含まれる。

[0030] 図3に示すように、ステータコア21を形成する複数の電磁鋼板40は、厚

さ方向に積層されている。厚さ方向は、電磁鋼板40の厚さ方向である。厚さ方向は、電磁鋼板40の積層方向に相当する。複数の電磁鋼板40は、中心軸線0に対して同軸に配置されている。電磁鋼板40は、コアバック部22と、複数のティース部23と、を備える。

図4に示すように、ステータコア21を形成する複数の電磁鋼板40同士は、電磁鋼板40の表面（第1面）40aに設けられた接着部41およびカシメ部25によって固定されている。

例えば、カシメ部25は、図示はしないが、電磁鋼板40に形成された凸部（ダボ）および凹部により構成される。凸部は、電磁鋼板40から積層方向に突出している。凹部は、電磁鋼板40において凸部の裏側に位置する部分に配置されている。凹部は、電磁鋼板40の表面に対して積層方向に窪んでいる。凸部および凹部は、例えば電磁鋼板40をプレス加工することにより形成される。

積層方向に重なる一对の電磁鋼板40のうち、一方の電磁鋼板40のカシメ部25の凸部が、他方の電磁鋼板40のカシメ部25の凹部に嵌め合う。

[0031] 図4に示すように、電磁鋼板40のコアバック部22におけるティース部23に対応する部分24に、カシメ部25が設けられている。ティース部23の接着される面（図4に示す表面23a）に、接着部41が設けられている。コアバック部22におけるティース部23に対応する部分24とは、積層方向に見た平面視において、コアバック部22における、ティース部23の両側縁を径方向外側に延長した一对の基準線に挟まれる部分のことである。一对の基準線は、それぞれ径方向に沿って延びている。コアバック部22におけるティース部23に対応する部分24にカシメ部25が設けられているとは、各カシメ部25が、各カシメ部25の全体がコアバック部22における前記一对の基準線に挟まれる部分の内側に位置するように設けられていることを意味する。ティース部23は、上記の通り、コアバック部22から径方向に向けて突出する部分のことである。図4では、全てのティース部23に接着部41が設けられている。接着部41は、ティース部23の中央部に

配置されている。

[0032] カシメ部 2 5 および接着部 4 1 は、径方向に延びる仮想の同一直線上に配置されている。カシメ部 2 5 および接着部 4 1 は、周方向に沿ってティース部 2 3 の中央に対応する位置に配置されている。カシメ部 2 5 は、コアバック部 2 2 における径方向の中央に配置されている。

カシメ部 2 5 は、コアバック部 2 2 の外周縁の近傍に配置されていることが好ましい。ここで言うコアバック部 2 2 の外周縁の近傍とは、コアバック部 2 2 の径方向外側の端から、コアバック部 2 2 の径方向の長さの 3 0 % の範囲のことを意味する。

[0033] 図 5 に示すように、電磁鋼板 4 0 のコアバック部 2 2 におけるティース部 2 3 に対応する部分 2 4 において、周方向にティース部 2 3 の 1 つおきにカシメ部 2 5 が設けられていてもよい。

[0034] 図 6 に示すように、電磁鋼板 4 0 のティース部 2 3 は、接着部 4 1 が設けられる第 1 のティース部 2 3 A と、接着部 4 1 が設けられない第 2 のティース部 2 3 B と、を有していてもよい。また、図 6 に示すように、第 1 のティース部 2 3 A と第 2 のティース部 2 3 B とが周方向に交互に配置されていてもよい。

さらに、図 6 に示すように、第 1 のティース部 2 3 A に対応するコアバック部（コアバック部 2 2 における、第 1 のティース部 2 3 A の径方向外側に位置する部分。以下、「第 1 のコアバック部」という。） 2 4 A にカシメ部 2 5 が設けられていてもよい。この場合、第 1 のコアバック部 2 4 A に、1 つのカシメ部 2 5 の全体が設けられてもよい。一般的に、コアバック部におけるティース部に対応しない領域は、磁束の通り道である。磁束の通り道ではない第 1 のコアバック部 2 4 A に 1 つのカシメ部 2 5 の全体を設けることで、カシメ部 2 5 が磁気回路をより阻害し難くすることができる。

また、第 1 のコアバック部 2 4 A における外周縁や、第 1 のコアバック部 2 4 A における周方向の中心に、カシメ部 2 5 が設けられてもよい。

[0035] 図 7 に示すように、電磁鋼板 4 0 のティース部 2 3 は、接着部 4 1 が設けら

れる第1のティース部23Aと、接着部41が設けられない第2のティース部23Bと、を有していてもよい。また、図7に示すように、第1のティース部23Aと第2のティース部23Bとが周方向に交互に配置されていてもよい。

さらに、図7に示すように、第2のティース部23Bに対応するコアバック部（以下、「第2のコアバック部」という。）24Bにカシメ部25が設けられていてもよい。この場合、第2のコアバック部24Bに、1つのカシメ部25の全体が設けられてもよい。磁束の通り道ではない第2のコアバック部24Bに1つのカシメ部25の全体を設けることで、カシメ部25が磁気回路をより阻害し難くすることができる。

また、第2のコアバック部24Bにおける外周縁や、第2のコアバック部24Bにおける周方向の中心に、カシメ部25が設けられてもよい。

[0036] 複数の接着部41は、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士を接着する。

接着部41は、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士の間に設けられ、分断されることなく硬化した接着剤である。接着剤には、例えば、重合結合による熱硬化型の接着剤などが用いられる。

接着剤の組成物としては、（1）アクリル系樹脂、（2）エポキシ系樹脂、（3）アクリル系樹脂およびエポキシ系樹脂を含んだ組成物などが適用可能である。

[0037] 接着剤としては、熱硬化型の接着剤の他、ラジカル重合型の接着剤なども使用可能である。生産性の観点からは、常温硬化型（常温接着タイプ）の接着剤が望ましい。常温硬化型の接着剤は、20℃～30℃で硬化する接着剤である。なお、本明細書中において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限值および上限値として含む範囲を意味する。

常温硬化型の接着剤としては、アクリル系接着剤が好ましい。代表的なアクリル系接着剤には、SGA（第二世代アクリル系接着剤。Second Generation Acrylic Adhesive）などがある。本

発明の効果を損なわない範囲で、嫌気性接着剤、瞬間接着剤、エラストマー含有アクリル系接着剤がいずれも使用可能である。

なお、ここで言う接着剤は硬化前の状態を言う。接着剤は硬化すると、接着部41となる。

[0038] 接着部41の常温（20℃～30℃）における平均引張弾性率Eは、1500MPa～4500MPaの範囲内とされる。接着部41の平均引張弾性率Eは、1500MPa未満であると、積層コアの剛性が低下する不具合が生じる。そのため、接着部41の平均引張弾性率Eの下限値は、1500MPa、より好ましくは1800MPaとされる。逆に、接着部41の平均引張弾性率Eが4500MPaを超えると、電磁鋼板40の表面に形成された絶縁被膜が剥がれる不具合が生じる。そのため、接着部41の平均引張弾性率Eの上限値は、4500MPa、より好ましくは3650MPaとされる。

[0039] なお、平均引張弾性率Eは、共振法により測定される。具体的には、JIS R 1602：1995に準拠して引張弾性率を測定する。

より具体的には、まず、測定用のサンプル（不図示）を製作する。このサンプルは、2枚の電磁鋼板40間を、測定対象の接着剤により接着し、硬化させて接着部41を形成することにより、得られる。この硬化は、接着剤が熱硬化型の場合には、実作業上の加熱加圧条件で加熱加圧することで行う。一方、接着剤が常温硬化型の場合には常温下で加圧することで行う。

そして、このサンプルについての引張弾性率を、共振法で測定する。共振法による引張弾性率の測定方法は、上述した通り、JIS R 1602：1995に準拠して行う。その後、サンプルの引張弾性率（測定値）から、電磁鋼板40自体の影響分を計算により除くことで、接着部41単体の引張弾性率が求められる。

このようにしてサンプルから求められた引張弾性率は、積層コアであるステータコア21全体としての平均値に等しくなる。このため、この数値をもって平均引張弾性率Eとみなす。平均引張弾性率Eは、その積層方向に沿った積層位置やステータコア21の中心軸線回りの周方向位置で殆ど変わらない

よう、組成が設定されている。そのため、平均引張弾性率Eは、ステータコア21の上端位置にある、硬化後の接着部41を測定した数値をもってその値とすることもできる。

[0040] 熱硬化型の接着剤を用いた接着方法としては、例えば、電磁鋼板40に接着剤を塗布した後、加熱および圧着のいずれかまたは両方により接着する方法が採用できる。なお、加熱手段は、例えば、高温槽や電気炉内での加熱、または直接通電する方法等が用いられる。加熱手段は、どのような手段でも良い。

[0041] 安定して十分な接着強度を得るために、接着部41の厚さは1  $\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

一方で、接着部41の厚さが100  $\mu\text{m}$ を超えると接着力が飽和する。また、接着部41が厚くなるに連れて占積率が低下し、積層コアの鉄損などの磁気特性が低下する。

したがって、接着部41の厚さは1  $\mu\text{m}$ 以上100  $\mu\text{m}$ 以下である。接着部41の厚さは、さらに好ましくは1  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下である。

なお、上記において接着部41の厚さは、接着部41の平均厚みを意味する。

[0042] 接着部41の平均厚みは、1.0  $\mu\text{m}$ 以上3.0  $\mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。接着部41の平均厚みが1.0  $\mu\text{m}$ 未満であると、前述したように十分な接着力を確保できない。そのため、接着部41の平均厚みの下限値は、1.0  $\mu\text{m}$ 、より好ましくは1.2  $\mu\text{m}$ とされる。逆に、接着部41の平均厚みが3.0  $\mu\text{m}$ を超えて厚くなると、熱硬化時の収縮による電磁鋼板40の歪み量が大幅に増えるなどの不具合を生じる。そのため、接着部41の平均厚みの上限値は、3.0  $\mu\text{m}$ 、より好ましくは2.6  $\mu\text{m}$ とされる。接着部41の平均厚みは、ステータコア21全体としての平均値である。接着部41の平均厚みは、その積層方向に沿った積層位置やステータコア21の中心軸線回りの周方向位置で殆ど変わらない。そのため、接着部41の平均厚みは、ステータコア21の上端位置において、円周方向10箇所以上で

測定した数値の平均値をもってその値とすることができる。

[0043] なお、接着部41の平均厚みは、例えば、接着剤の塗布量を変えて調整することができる。また、接着部41の平均引張弾性率Eは、例えば、熱硬化型の接着剤の場合には、接着時に加える加熱加圧条件および硬化剤種類の一方もしくは両方を変更すること等により調整することができる。

[0044] なお、本実施形態では、ロータコア31を形成する複数の電磁鋼板40は、かしめ42（ダボ。図1参照）によって互いに固定されている。しかしながら、ロータコア31を形成する複数の電磁鋼板40が、接着部41を介して積層されていてもよい。

なお、ステータコア21やロータコア31などの積層コアは、いわゆる回し積みにより形成されていてもよい。

[0045] 以上説明したように、本実施形態に係るステータコア21（積層コア）では、電磁鋼板40のコアバック部22におけるティース部23に対応する部分にカシメ部25が設けられる。ティース部23に、接着部41が設けられる。積層方向に隣り合う電磁鋼板40のティース部23同士は、部分的に接着される。

一般的に、コアバック部におけるティース部に対応しない領域（隣り合うティース部間の領域）は、磁束の通り道である。従って、本実施形態のステータコア21のようにコアバック部22におけるティース部23に対応する部分にカシメ部を25設けることで、この磁束の通り道にカシメ部25を設けた場合よりも、磁気回路を阻害し難くなる。すなわち、コアバック部22におけるティース部23に対応する部分では、ティース部23において発生した磁束（磁気回路）が、周方向に沿って両側に向けて分岐する。そのため、この部分に設けられたカシメ部25は、磁気回路に影響を与え難い。結果的に、ステータコア21内に発生する鉄損を低減でき、ステータコア21の磁気特性を向上させることができる。

[0046] 一般的に、接着剤は硬化時に収縮する。そのため、電磁鋼板に接着剤が設けられると、接着剤の硬化に伴い、電磁鋼板に圧縮応力が付与される。圧縮応

力が付与されると、電磁鋼板に歪が生じる。また、電磁鋼板にカシメ部を設けると、電磁鋼板が変形するため、電磁鋼板に歪が生じる。カシメ部および接着領域は、固定部を形成する。固定部は、積層方向に隣り合う電磁鋼板同士を固定する。固定部の面積が増えると、電磁鋼板の歪が大きくなる。

本実施形態に係るステータコア21（積層コア）において、電磁鋼板40のティース部23は、接着部41が設けられる第1のティース部23Aと、接着部41が設けられない第2のティース部23Bと、を有する。このため、接着剤の硬化による歪は、第2のティース部23Bには生じない。これにより、積層方向に見た平面視における固定部の面積が少なくなる。従って、ステータコア21全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0047] 仮に、全てのティース部23同士を接着固定すると、全てのティース部23に設けた接着剤により歪が生じる。全てのティース部23に歪が生じると、ステータコア21内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部23のみ接着固定する。従って、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士を固定する固定部の面積が少なくなる。これにより、ステータコア21全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0048] さらに、接着部41が設けられる第1のティース部23Aでは、この第1のティース部23Aが接着されるため、この第1のティース部23Aに浮き上がりが発生しない。仮に、浮き上がっているティース部に巻き線を巻き回すと、巻き線により浮き上がっているティース部が変形し、巻き線によりこのティース部に応力が加えられる。このため、この第1のティース部23Aに巻き線による応力が加えられ、この応力が磁場に影響するのを抑制することができる。ただし、接着部41により第1のティース部23Aに圧縮応力が生じる。

一方で、接着部41が設けられない第2のティース部23Bでは、前記圧縮応力が生じない。ただし、第2のティース部23Bでは浮き上がりが発生するため、巻き線による応力が加えられる。

この構成によれば、ティース部23は第1のティース部23Aおよび第2の

ティース部 23 B を有する。このため、前記圧縮応力および前記巻き線による応力を、バランスを取りながら抑えることができる。従って、磁気特性をさらに向上させた、高性能なステータコア 21 を提供することができる。

[0049] 本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）において、第 1 のティース部 23 A と第 2 のティース部 23 B とが周方向に交互に配置されている。

この構成によれば、圧縮応力が付与されるが巻き線による応力が抑えられる第 1 のティース部 23 A と、圧縮応力が生じないが巻き線による応力が加えられる第 2 のティース部 23 B と、を交互に配置する。従って、両応力をバランス良く抑えることができる。

[0050] 本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）において、第 1 のティース部 23 A に対応する第 1 のコアバック部 24 A にカシメ部 25 を設ける。

仮に、全てのティース部 23 に対応するコアバック部 22 にカシメ部 25 を設けると、ステータコア 21 内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部 23 である第 1 のティース部 23 A に対応する第 1 のコアバック部 24 A のみに、カシメ部 25 を設ける。従って、固定部の面積が少なくなる。これにより、ステータコア 21 全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0051] 本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）において、第 2 のティース部 23 B に対応する第 2 のコアバック部 24 B にカシメ部 25 を設ける。

仮に、全てのティース部 23 に対応するコアバック部 22 にカシメ部 25 を設けると、ステータコア 21 内に発生する鉄損の増大が懸念される。このため、一部のティース部 23 である第 2 のティース部 23 B に対応する第 2 のコアバック部 24 B のみに、カシメ部 25 を設ける。従って、固定部の面積が少なくなる。これにより、ステータコア 21 全体に生じる歪をより小さくすることができる。

[0052] 本実施形態に係る回転電機 10 は、本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）を備える。このため、回転電機 10 の磁気特性を向上させることができる。

[0053] なお、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0054] ステータコアの形状は、前記実施形態で示した形態に限定されるものではない。具体的には、ステータコアの外径および内径の寸法、積厚、スロット数、ティース部の周方向と径方向の寸法比率、ティース部とコアバック部との径方向の寸法比率、などは所望の回転電機の特性に依じて任意に設計可能である。

[0055] 前記実施形態におけるロータでは、2つ1組の永久磁石32が1つの磁極を形成しているが、本発明はこれに限られない。例えば、1つの永久磁石32が1つの磁極を形成していてもよく、3つ以上の永久磁石32が1つの磁極を形成していてもよい。

[0056] 前記実施形態では、回転電機として、永久磁石界磁型電動機を一例に挙げて説明したが、回転電機の構造は、以下に例示するようにこれに限られない。回転電機の構造は、更には以下に例示しない種々の公知の構造も採用可能である。

前記実施形態では、同期電動機として、永久磁石界磁型電動機を一例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限られない。例えば、回転電機がリラクタンス型電動機や電磁石界磁型電動機（巻線界磁型電動機）であってもよい。

前記実施形態では、交流電動機として、同期電動機を一例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限られない。例えば、回転電機が誘導電動機であってもよい。

前記実施形態では、電動機として、交流電動機を一例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限られない。例えば、回転電機が直流電動機であってもよい。

前記実施形態では、回転電機として、電動機を一例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限られない。例えば、回転電機が発電機であってもよい。

[0057] 前記実施形態では、本発明に係る積層コアをステータコアに適用した場合を例示した。本発明に係る積層コアは、ロータコアに適用することも可能である。

[0058] その他、本発明の趣旨に逸脱しない範囲で、前記実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。また、前記した変形例を適宜組み合わせてもよい。

### 実施例

[0059] 以下、実施例および比較例により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

#### [0060] [実施例 1]

図 4 に示すように、電磁鋼板 40 のコアバック部 22 におけるティース部 23 に対応する部分 24 にカシメ部 25 を設けた。さらに、ティース部 23 の表面 23a に接着部 41 を設けた。カシメ部 25 および接着部 41 を設けた複数の電磁鋼板 40 を積層し、積層コアを構成した。

板厚 0.20 mm の電磁鋼板 40 と板厚 0.25 mm の電磁鋼板 40 を用いて、電磁鋼板 40 の板厚が異なる 2 種類の積層コアを構成した。

#### [0061] [実施例 2]

図 5 に示すように、電磁鋼板 40 のコアバック部 22 におけるティース部 23 に対応する部分 24 において、周方向にティース部 23 の 1 つおきにカシメ部 25 を設けた。この点以外は、実施例 1 と同様にして、電磁鋼板 40 の板厚が異なる 2 種類の積層コアを構成した。

#### [0062] [実施例 3]

図 6 に示すように、電磁鋼板 40 のティース部 23 を、接着部 41 が設けられる第 1 のティース部 23A と、接着部 41 が設けられない第 2 のティース部 23B と、を有するものとした。また、第 1 のティース部 23A と第 2 のティース部 23B とを周方向に交互に配置した。さらに、第 1 のティース部 23A に対応する第 1 のコアバック部 24A にカシメ部 25 を設けた。

その他の点は、実施例 1 と同様にして、電磁鋼板 40 の板厚が異なる 2 種類

の積層コアを構成した。

[0063] [実施例4]

図7に示すように、電磁鋼板40のティース部23を、接着部41が設けられる第1のティース部23Aと、接着部41が設けられない第2のティース部23Bと、を有するものとした。また、第1のティース部23Aと第2のティース部23Bとを周方向に交互に配置した。さらに、第2のティース部23Bに対応する第2のコアバック部24Bにカシメ部25を設けた。

その他の点は、実施例1と同様にして、電磁鋼板40の板厚が異なる2種類の積層コアを構成した。

[0064] [比較例]

図8に示すように、電磁鋼板40のコアバック部22におけるティース部23に対応しない部分26に、カシメ部25を設けた。ティース部23の表面23aに、接着部41を設けた。これらの点以外は、実施例1と同様にして、電磁鋼板40の板厚が異なる2種類の積層コアを構成した。なお、コアバック部22におけるティース部23に対応しない部分26とは、コアバック部22における、ティース部23の径方向外側でない部分のことである。

[0065] [鉄損の評価]

実施例1～実施例4および比較例で作製した積層コアについて、巻線の各相に実効値10A、周波数100Hzの励磁電流を印加した。そして、ロータの回転数を1000rpmに設定した条件で、鉄損を評価した。

鉄損の評価は、ソフトウェアを用いたシミュレーションにより実施した。ソフトウェアとしては、JSOL株式会社製の有限要素法電磁場解析ソフトJMAGを利用した。

比較例の積層コアの鉄損を1として、実施例1～実施例4の積層コアの鉄損の相対値を図9に示す。

図9の結果から、電磁鋼板40の板厚によらず、実施例1～実施例4の積層コアは、比較例の積層コアよりも鉄損が低いことが分かった。

従って、実施例1～実施例4の積層コアは、コアバック部におけるティース

部に対応する部分にカシメ部を設けることにより、カシメ部が磁気回路に影響を与え難くなることが分かった。そして、積層コア内に発生する損失を低減でき、積層コアの磁気特性を向上させることができることが分かった。

### 産業上の利用可能性

[0066] 本発明によれば、磁気特性を向上させた積層コア、およびこの積層コアを備えた回転電機を提供できる。よって、産業上の利用可能性は大である。

### 符号の説明

- [0067]
- 1 0 回転電機
  - 2 0 ステータ
  - 2 1 ステータコア（積層コア）
  - 2 2 コアバック部
  - 2 3 ティース部
  - 2 3 A 第1のティース部
  - 2 3 B 第2のティース部
  - 2 5 カシメ部
  - 3 0 ロータ
  - 3 1 ロータコア（積層コア）
  - 3 2 永久磁石
  - 3 3 貫通孔
  - 4 0 電磁鋼板
  - 4 1 接着部
  - 5 0 ケース
  - 6 0 回転軸

### 請求の範囲

- [請求項1] 厚さ方向に積層された複数の電磁鋼板を備える積層コアであって、前記電磁鋼板は、環状のコアバック部と、前記コアバック部から径方向に向けて突出するとともに、前記コアバック部の周方向に間隔をあけて配置された複数のティース部と、を備え、前記コアバック部における前記ティース部に対応する部分にカシメ部が設けられ、前記ティース部に接着部が設けられる、積層コア。
- [請求項2] 前記ティース部は、前記接着部が設けられる第1のティース部と、前記接着部が設けられない第2のティース部と、を有する、請求項1に記載の積層コア。
- [請求項3] 前記第1のティース部と前記第2のティース部とが周方向に交互に配置される、請求項2に記載の積層コア。
- [請求項4] 前記第1のティース部に対応する前記コアバック部に前記カシメ部が設けられる、請求項2または3に記載の積層コア。
- [請求項5] 前記第2のティース部に対応する前記コアバック部に前記カシメ部が設けられる、請求項2または3に記載の積層コア。
- [請求項6] 前記接着部の平均厚みが $1.0\mu\text{m} \sim 3.0\mu\text{m}$ である請求項1から5のいずれか1項に記載の積層コア。
- [請求項7] 前記接着部の平均引張弾性率 $E$ が $1500\text{MPa} \sim 4500\text{MPa}$ である請求項1から6のいずれか1項に記載の積層コア。
- [請求項8] 前記接着部が、エラストマー含有アクリル系接着剤からなるSGAを含む常温接着タイプのアクリル系接着剤である請求項1～7のいずれか1項に記載の積層コア。
- [請求項9] 請求項1～8の何れか1項に記載の積層コアを備える、回転電機。