

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2018-235861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2015-142453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を備え、前記コアバック部の外周側には接着領域が形成され、前記コアバック部の内周側には非接着領域が形成され、前記コアバック部の前記非接着領域には、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部が設けられている積層コアである。

[0007] 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。

この構成によれば、コアバック部の外周側のみに、例えば接着剤である接着部が設けられる接着領域が形成されている。このため、積層方向に隣り合う電磁鋼板のコアバック部同士は部分的に接着される。従って、例えば接着領域がカシメ部まで径方向内側に向けて延びている場合に比べて、コアバック部に形成される接着領域の面積が減少する。このため、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。これにより、積層コア全体に生じる歪を小さくすることができる。結果的に、積層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。

[0008] (2) 前記(1)に記載の積層コアでは、前記コアバック部の外周側は、前記カシメ部の外周縁の外側であり、前記コアバック部の内周側は、前記カシメ部の外周縁の内側であってもよい。

この構成によれば、接着領域のうち最も内周側の部分が、カシメ部と全く重ならない。このため、カシメ部で積層方向を固定することで電磁鋼板に歪が生じている領域に、接着部を設けて固定することで歪がさらに加わることを回避することができる。従って、固定部の面積がより少なくなる。これにより、積層コアに生じる歪をより小さくすることができる。

[0009] (3) 前記(2)に記載の積層コアでは、前記コアバック部の外周側は、前記カシメ部の外周縁の外周側に形成される仮想円の外側であり、前記コアバック部の内周側は、前記仮想円の内側であってもよい。

この構成によれば、例えば電磁鋼板がティース部を備える場合であっても、ティース部に接着領域が設けられない。従って、固定部の面積がより少なくなる。これにより、積層コアに生じる歪をより小さくすることができる。

[0010] (4) 前記(1)～(3)にいずれかに記載の積層コアでは、前記接着領域

は、前記コアバック部の外周縁のうち、少なくとも前記カシメ部近傍に形成されている。また、前記コアバック部の外周縁のうち、少なくとも前記カシメ部近傍に形成されている。

この構成によれば、接着部が、コアバック部の外縁の全周にわたって連続に設けられることなく、間隔をあけて不連続に（間欠的に）設けられる。従って、例えば接着領域が全周にわたって形成されている場合に比べて、コアバック部に形成される接着領域の面積が減少する。これにより、固定部の面積がより少なくなる。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。

[0011] (5) 前記(1)～(4)にいずれかに記載の積層コアでは、積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間であって、前記コアバック部の前記接着領域に設けられ、積層方向に隣り合う前記コアバック部同士を接着する接着部を備えてもよい。

この構成によれば、接着部を用いて積層方向に隣り合う電磁鋼板同士を確実に接着することができる。

[0012] (6) 前記(5)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。

[0013] (7) 前記(5)または(6)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 1500MPa ～ 4500MPa であってもよい。

[0014] (8) 前記(5)～(7)にいずれか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。

[0015] (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

[0016] 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

[0017] [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]本発明の一実施形態に係る積層コアの側面図である。

[図4]本発明の一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]本発明の一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]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7]比較例の積層コアの鉄損を1とした場合、実施例1および実施例2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

[0018] 以下、図面を参照し、本発明の一実施形態に係る積層コアおよび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。

[0019] 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に収容される。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。

[0020] 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。

[0021] 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。

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よく、分布巻きされていてよい。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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 μm 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 μm 以上5 μm 以下、より好ましくは0.1 μm 以上2 μm 以下である。

[0028] 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0.35mm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、0.20mmまたは0.25mmである。

上記の点を考慮し、各電磁鋼板40の厚さは、例えば、0.10mm以上0.65mm以下である。各電磁鋼板40の厚さは、好ましくは、0.10mm以上0.35mm以下、より好ましくは0.20mmや0.25mm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。

[0029] 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O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。

[0030] 接着部41は、積層方向に隣り合うコアバック部22（電磁鋼板40）同士を接着する。ステータコア21を形成する複数の電磁鋼板40は、接着部41によって接着されている。

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。

[0031] 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、 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ で硬化する接着剤である。なお、本明細書中において、「 $\sim$ 」を用いて表される数値範囲は、「 $\sim$ 」の前後に記載される数値を下限値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。

[0032] 接着部41の常温（ $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ）における平均引張弾性率Eは、 $1500\text{MPa}\sim 4500\text{MPa}$ 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。

[0033] 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。

[0034] 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、加熱手段には、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。

[0035] 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 μm 以上とすることが好ましい。一方で接着部41の厚さが100 μm 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 μm 以上100 μm 以下である。接着部41の厚さは、さらに好ましくは1 μm 以上10 μm 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

。

- [0036] 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。
- [0037] 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。
- [0038] 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によって互いに接着されていてもよい。
- 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。
- [0039] 図4に示すように、電磁鋼板40のコアバック部22に、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部25が設けられている。なお、後述するように複数のカシメ部25はそれぞれ非接着領域43上に設けられている。複数のカシメ部25は、中心軸線Oを中心とする同一円上に配置されている。各カシメ部25は、周方向に沿って、ティース部23に対して位置をずらされている。

電磁鋼板 40 において積層方向を向く面（以下、電磁鋼板 40 の第 1 面という）40a には、接着部 41 が設けられた電磁鋼板 40 の接着領域 42 と、接着部 41 が設けられていない電磁鋼板 40 の非接着領域 43 とが形成されている。より具体的には、接着部 41 が設けられた電磁鋼板 40 の接着領域 42 とは、電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のうち、分断されることなく硬化した接着剤（接着部 41）が設けられている領域を意味する。また、接着部 41 が設けられていない電磁鋼板 40 の非接着領域 43 とは、電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のうち、分断されることなく硬化した接着剤が設けられていない領域を意味する。

接着領域 42 と非接着領域 43 とは、互いに異なる領域であり、互いに重ならない。

[0040] 本実施形態において、接着領域 42 は、電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のコアバック部 22 の外周側に形成されている。言い換えると、接着部 41 は電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のコアバック部 22 の外周側に設けられている。さらに言い換えると、接着剤は電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のコアバック部 22 の外周側に塗布されている。

[0041] コアバック部 22 の外周側は、カシメ部 25 の外周縁 25a の外側であることが好ましい（カシメ部 25 の外周縁 25a とは、カシメ部 25 のうち、径方向に沿って最も外側に位置する部分を意味する）。

また、コアバック部 22 の外周側は、カシメ部 25 の外周縁 25a の外周側に形成される仮想円 27 の外側であることがより好ましい。前記仮想円 27 は、複数のカシメ部 25 に外接する仮想の外接円と同径とすることができる。

図 4 では、カシメ部 25 の外周縁 25a の外周側に形成される仮想円 27 の外側において、コアバック部 22 の外縁の全周にわたって連続して、接着部 41 が設けられている。

言い換えると、図 4 では、カシメ部 25 の外周縁 25a の外周側に形成される仮想円 27 の外側において、コアバック部 22 の外縁の全周にわたって連

続して、接着領域42が形成される。

[0042] 図4に示すように、電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の内周側には接着部41が設けられていない。言い換えると、電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の内周側には接着剤が塗布されていない。さらに言い換えると、電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の内周側には非接着領域43が形成されている。なお、非接着領域43には、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部25が設けられている。

コアバック部22の内周側は、カシメ部25の外周縁25aの内側であることが好ましい。また、コアバック部22の内周側は、カシメ部25の外周縁25aの外周側に形成される仮想円27の内側であることがより好ましい。言い換えると、コアバック部22において前記外接円の径方向の内側に位置する部分は、非接着領域43であることが好ましい。図4では、コアバック部22における、カシメ部25の外周縁25aの外周側に形成される仮想円27の内側の領域の全域にわたって、非接着領域43が設けられている。

なお、電磁鋼板40の第1面40aにおける複数のティース部23に対応する部分にも、非接着領域43が設けられている。

[0043] なお、カシメ部25の外周縁25aの外側とは、コアバック部22のうちカシメ部25の外周縁25aよりも外側の領域を言う。カシメ部25の外周縁25aの内側とは、コアバック部22のうちカシメ部25の外周縁25aよりも内側の領域および、カシメ部25の外周縁25aに沿う領域を言う。同様に、仮想円27の外側とは、コアバック部22のうち仮想円27よりも外側の領域を言う。仮想円27の内側とは、コアバック部22のうち仮想円27よりも内側の領域および、仮想円27に沿う領域を言う。

[0044] 積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士の全ての組の間において、接着部41が図4に示すように設けられているとする。この場合、電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の面積100%に対する接着領域42の面積の割合は、例えば、20%である。

[0045] また、図5に示すように、接着部41は、電磁鋼板40の第1面40aのコ

アバック部 22 の外周側、かつ、コアバック部 22 の外縁のうち、少なくともカシメ部 25 の近傍に設けられていてもよい。ここで言うカシメ部 25 の近傍とは、例えば、周方向において、カシメ部 25 を中心として、周方向におけるカシメ部 25 の長さの 3 倍の範囲のことを意味する。

図 5 に示す例では、接着部 41 が、全周にわたって間欠的に設けられている。接着部 41 は、コアバック部 22 の外縁におけるカシメ部 25 の近傍に限定して設けられている。言い換えると、接着部 41 も、カシメ部 25 と同様に、周方向に沿ってティース部 23 とは位置がずらされている。コアバック部 22 の外縁のうち、ティース部 23 の径方向の外側に位置する部分には、接着部 41 が設けられていない。言い換えると、コアバック部 22 の外縁のうち、ティース部 23 の径方向の外側に位置する部分には接着領域 42 ではなく、非接着領域 43 が形成されている。

接着領域 42 の周方向の大きさは、カシメ部 25 の周方向の大きさよりも大きい。カシメ部 25 は、周方向に沿って、接着領域 42 の中央部に配置されている。接着領域 42 の周方向の大きさは、周方向に隣り合う接着領域 42 同士の間隔よりも大きい。

[0046] 積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士の全ての組の間において、接着部 41 が図 5 に示すように設けられている場合について説明する。この場合、電磁鋼板 40 の第 1 面 40a のコアバック部 22 の面積 100% に対する接着領域 42 の面積の割合は、例えば、12% である。

[0047] なお、本実施形態では、電磁鋼板 40 が備える複数のティース部 23 に非接着領域 43 が形成されているとした。この場合、コアバック部 22 の非接着領域 43 および複数のティース部 23 の非接着領域 43 に、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部 25 が設けられるとしてもよい。

[0048] 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。

以上説明した本実施形態に係るステータコア21（積層コア）では、コアバック部22に、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部25が設けられている。電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の外周側に、接着部41が設けられている。電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の内周側に、接着部41が設けられていない。

言い換えると、本実施形態に係るステータコア21（積層コア）では、コアバック部22に、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部25が設けられている。電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の外周側には、接着領域42が形成されている。電磁鋼板40の第1面40aのコアバック部22の内周側には、非接着領域43が形成されている。

[0049] この構成により、コアバック部22の外周側のみに、接着部41が設けられる接着領域42が形成される。積層方向に隣り合う電磁鋼板40のコアバック部22同士は、部分的に接着される。従って、例えば接着領域がカシメ部まで径方向内側に向けて延びている場合に比べて、コアバック部22に形成される接着領域の面積が減少する。このため、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。これにより、ステータコア21全体に生じる歪を小さくすることができる。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。

[0050] 接着領域42とは異なる非接着領域43に、カシメ部25が設けられている。

仮に、接着領域にカシメ部が設けられたステータコアを製造しようとする、以下の問題が生じる。例えば、接着領域にカシメ部を設けるために、電磁鋼板のカシメ部の凸部に接着剤を塗布する。接着剤を塗布した凸部を、他の電磁鋼板のカシメ部の凹部に嵌め合わせようとする、凸部と凹部との間に接着剤が入り込むことで、凹部の奥まで凸部が嵌め合わない虞がある。この場合、凸部と凹部とが精度良く嵌合せず、一对の電磁鋼板が互いに平行に積

層されないという問題がある。

電磁鋼板のカシメ部の凹部に接着剤を塗布する場合にも、同様の問題が生じる。

これに対して、本実施形態のステータコア21では、非接着領域43にカシメ部25が設けられている。このため、凸部と凹部との間に接着剤が入り込むことがなく、電磁鋼板40にカシメ部25を設けても、積層方向に隣り合う電磁鋼板40を平行に積層することができる。

[0051] なお、本実施形態のステータコア21では、コアバック部22の外周側に接着領域42が形成されている。このため、電磁鋼板40の第1面40aに接着剤を塗布して接着部41を設けるだけでなく、以下の方法で接着部を設けることができる。

すなわち、複数積層した電磁鋼板40の径方向外側に、接着剤を配置する。複数の電磁鋼板40の径方向内側の空気の圧力を下げると、複数の電磁鋼板40の間に接着剤が含浸する。この接着剤を硬化させて、接着部を設けることができる。

[0052] 本実施形態に係るステータコア21（積層コア）において、コアバック部22におけるカシメ部25の外周側を、カシメ部25の外周縁25aの外側とする。そして、コアバック部22におけるカシメ部25の内周側を、カシメ部25の外周縁25aの内側とする。

このように構成することにより、接着領域42のうち、最も内周側の部分が、カシメ部25と全く重ならない。このため、カシメ部25で積層方向を固定することで電磁鋼板40に歪が生じている領域に、接着部41を設けて固定することで歪がさらに加わることを回避することができる。従って、固定部の面積がより少なくなる。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。

[0053] 本実施形態に係るステータコア21（積層コア）において、コアバック部22の外周側を、カシメ部25の外周縁25aの外周側に形成される仮想円27の外側とする。そして、コアバック部22の内周側を、カシメ部25の外

周縁 25 a の外周側に形成される仮想円 27 の内側とする。

このように構成することにより、ティース部 23 に接着領域 42 が設けられない。従って、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士を固定する、カシメ部 25 と接着部 41（接着領域 42）からなる固定部の面積がより少なくなる。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。

[0054] 本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）において、接着部 41 を、コアバック部 22 の外縁のうち、少なくともカシメ部 25 近傍に設ける。これにより、接着部 41 が、コアバック部 22 の外縁の全周にわたって連続に設けられることなく、間隔をあけて不連続（間欠的に）に設けられる。従って、例えば接着領域がコアバック部の全周にわたって形成されている場合に比べて、コアバック部 22 に形成される接着領域 42 の面積が減少する。これにより、固定部の面積がより少なくなる。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。

[0055] 本実施形態に係るステータコア 21（積層コア）において、コアバック部 22 の接着領域 42 に設けられた接着部 41 を備える。このため、接着部 41 を用いて積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士を確実に接着することができる。

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 が、非接着領域 43 が形成されている複数のティース部 23 を備える。これにより、電磁鋼板 40 における非接着領域 43 の面積が増加する。従って、ステータコア 21 における歪が生じない領域を増加させることができる。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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

[0063] 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。

[0064] [実施例 1]

図 4 に示すように、電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の外周側に接着部 41 を設けた。このように構成した複数の電磁鋼板 40 を積層し、積層コアを構成した。

電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の面積 100% に対する接着領域 42 の面積の割合を、20% とした。

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。

[0065] [実施例 2]

図 5 に示すように、電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の外周側、かつ、コアバック部 22 の外縁のうち、少なくともカシメ部 25 の近傍に、接着部 41 を設けた。このように構成した複数の電磁鋼板 40 を積層し、積層コアを構成した。

電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の面積 100% に対する接着領域 42 の面積の割合を、12% とした。

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。

[0066] [比較例]

図 6 に示すように、電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 と外周縁 22 a との境界 22 c から、電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の内周側にわたって、接着部 41 を設けた。このように構成した複数の電磁鋼板 40 を積層し、積層コアを構成した。

電磁鋼板 40 の第 1 面 40 a のコアバック部 22 の面積 100% に対する接着領域 42 の面積の割合を、80% とした。

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 種類の積層コアを作製した。

[0067] 〔鉄損の評価〕

実施例 1、実施例 2 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 10 A、周波数 100 Hz の励磁電流を印加した。そして、ロータの回転数を 1000 rpm 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、J SOL 株式会社製の有限要素法電磁場解析ソフト J MAG 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 および実施例 2 の積層コアの鉄損の相対値を図 7 に示す。

図 7 の結果から、電磁鋼板 40 の板厚によらず、実施例 1 および実施例 2 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 および実施例 2 の積層コアは、積層コア全体に生じる歪を小さくすることで、積層コア内に発生する損失を低減できることが分かった。さらに、実施例 1 および実施例 2 の積層コアは、積層コアの磁気特性を十分に確保できることが分かった。

産業上の利用可能性

[0068] 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

- [0069] 10 回転電機
20 ステータ
21 ステータコア（積層コア）
22 コアバック部
23 ティース部

- 2 5 カシメ部
- 2 7 仮想円
- 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
- 4 2 接着領域
- 4 3 非接着領域
- 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を備え、
前記コアバック部の外周側には接着領域が形成され、
前記コアバック部の内周側には非接着領域が形成され、
前記コアバック部の前記非接着領域には、周方向に間隔をあけて複数のカシメ部が設けられている、積層コア。
- [請求項2] 前記コアバック部の外周側は、前記カシメ部の外周縁の外側であり、
前記コアバック部の内周側は、前記カシメ部の外周縁の内側である、
請求項1に記載の積層コア。
- [請求項3] 前記コアバック部の外周側は、前記カシメ部の外周縁の外周側に形成される仮想円の外側であり、
前記コアバック部の内周側は、前記仮想円の内側である、請求項2に記載の積層コア。
- [請求項4] 前記接着領域は、前記コアバック部の外周縁のうち、少なくとも前記カシメ部近傍に形成される、請求項1～3のいずれか1項に記載の積層コア。
- [請求項5] 積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間であって、前記コアバック部の前記接着領域に設けられ、積層方向に隣り合う前記コアバック部同士を接着する接着部を備える、請求項1～4のいずれか1項に記載の積層コア。
- [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5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5または6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5～7のいずれか1項に記載の積層コア。

[請求項9] 請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の積層コアを備える、回転電機。