

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7515403号
(P7515403)

(45)発行日 令和6年7月12日(2024.7.12)

(24)登録日 令和6年7月4日(2024.7.4)

(51)国際特許分類

H 02 K 1/18 (2006.01)
H 02 K 15/02 (2006.01)

F I

H 02 K 1/18
H 02 K 15/02B
F

請求項の数 5 (全19頁)

(21)出願番号 特願2020-561428(P2020-561428)
 (86)(22)出願日 令和1年12月17日(2019.12.17)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2019/049269
 (87)国際公開番号 WO2020/129927
 (87)国際公開日 令和2年6月25日(2020.6.25)
 審査請求日 令和3年4月15日(2021.4.15)
 審判番号 不服2022-19099(P2022-19099/J
 1)
 審判請求日 令和4年11月28日(2022.11.28)
 (31)優先権主張番号 特願2018-235870(P2018-235870)
 (32)優先日 平成30年12月17日(2018.12.17)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000006655
 日本製鉄株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74)代理人 100149548
 弁理士 松沼 泰史
 (74)代理人 100140774
 弁理士 大浪 一徳
 (74)代理人 100134359
 弁理士 勝俣 智夫
 (74)代理人 100188592
 弁理士 山口 洋
 (74)代理人 100217249
 弁理士 堀田 耕一郎
 (74)代理人 100221279
 弁理士 山口 健吾

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステータ用接着積層コア、その製造方法、および回転電機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに積層され、両面が絶縁被膜により被覆された複数の電磁鋼板と、
 積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間に配置され、これらの電磁鋼板同士を接着する接着部と、を備え、

前記積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の全ての組が、複数の前記接着部により接着され、

前記接着部を形成する接着剤が、速硬化型接着剤および熱硬化型接着剤であり、
 前記積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間において、前記接着部が部分的に設けられ、

前記接着部が、前記速硬化型接着剤で形成された第1接着部と、前記熱硬化型接着剤で形成された第2接着部とを含み、

前記接着部が、各々の前記電磁鋼板のティース部間に設けられた前記第1接着部と、コアバック部間に設けられた前記第2接着部とを含み、

前記第1接着部が平均直径3mm以上7mm以下の点状であり、前記第2接着部が平均直径5mm以上10mm以下の点状であり、

各々の前記電磁鋼板間において、前記接着部による総接着面積に対して、前記第1接着部の接着面積の割合が5%以上50%未満であり、前記第2接着部の接着面積の割合が50%以上95%以下であり、

各々の前記電磁鋼板間における、前記接着部によるティース部の接着面積率 Q_{B0} が1

0 % 以上 70 % 以下であり、前記接着部によるコアバック部の接着面積率 Q_{A0} が 40 % 以上 90 % 以下であり、

前記第 1 接着部による前記コアバック部の接着面積率 Q_{A1} が 4 % 以上 30 % 以下であり、

前記第 2 接着部による前記コアバック部の接着面積率 Q_{A2} が 15 % 以上 90 % 以下であり、

前記第 1 接着部による前記ティース部の接着面積率 Q_{B1} が 5 % 以上 30 % 以下であり、

前記第 2 接着部による前記ティース部の接着面積率 Q_{B2} が 0 % 以上 65 % 以下であるステータ用接着積層コア。

【請求項 2】

前記速硬化型接着剤がシアノアクリレート系接着剤である、請求項 1 に記載のステータ用接着積層コア。

【請求項 3】

前記熱硬化型接着剤が、ガラス転移温度が 80 以上 150 以下であるエポキシ樹脂を含むエポキシ樹脂系接着剤である、請求項 1 または 2 に記載のステータ用接着積層コア。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のステータ用接着積層コアの製造方法であって、

前記電磁鋼板の表面の一部に前記速硬化型接着剤と前記熱硬化型接着剤とを塗布した後に別の電磁鋼板の上に重ねて圧着し、前記接着部を形成する操作を繰り返す、ステータ用接着積層コアの製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のステータ用接着積層コアを備える回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステータ用接着積層コア、その製造方法、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 2018-235870 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、回転電機に使用されるコアとして、複数の電磁鋼板が互いに積層された積層コアが知られている。複数の電磁鋼板は、溶接、接着、かしめなどの方法で接合される。しかし、溶接やかしめによる接合は、回転電機の振動を低減しにくく、また高い機械強度が得られにくい。

【0003】

特許文献 1 には、各々の電磁鋼板間をシアノアクリレート系接着剤で部分的に接着して積層した後、エポキシ樹脂を真空含浸して電磁鋼板同士を全面接着した積層コアが開示されている。特許文献 2 には、電磁鋼板を積層した積層体の側面にシアノアクリレート系瞬間接着剤を塗布して仮固定した後、エポキシ樹脂などの熱硬化型樹脂を含浸し、電磁鋼板同士を全面接着した積層コアが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】 日本国特開 2003-264962 号公報

【文献】 日本国特開 2005-019642 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1、2 のような従来の方法は、生産性が悪く、また得られる回転電機の鉄損を充分に抑制できない。

10

20

30

40

50

【0006】

本発明は、生産性に優れ、機械強度が高く、回転電機の振動や騒音を低減し、鉄損を抑制できるステータ用接着積層コアおよびその製造方法、ならびにステータ用接着積層コアを備えた回転電機の提供を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一実施形態は、以下の態様を有する。

[1] 互いに積層され、両面が絶縁被膜により被覆された複数の電磁鋼板と、

積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間に配置され、これらの電磁鋼板同士を接着する接着部と、を備え、

前記積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の全ての組が、複数の前記接着部により接着され、

前記接着部を形成する接着剤が、速硬化型接着剤および熱硬化型接着剤であり、

前記積層方向に隣り合う前記電磁鋼板同士の間において、前記接着部が部分的に設けられ、

前記接着部が、前記速硬化型接着剤で形成された第1接着部と、前記熱硬化型接着剤で形成された第2接着部とを含み、

前記接着部が、各々の前記電磁鋼板のティース部間に設けられた前記第1接着部と、コアバック部間に設けられた前記第2接着部とを含み、

前記第1接着部が平均直径3mm以上7mm以下の点状であり、前記第2接着部が平均直径5mm以上10mm以下の点状であり、

各々の前記電磁鋼板間において、前記接着部による総接着面積に対して、前記第1接着部の接着面積の割合が5%以上50%未満であり、前記第2接着部の接着面積の割合が50%以上95%以下であり、

各々の前記電磁鋼板間における、前記接着部によるティース部の接着面積率 Q_{B0} が10%以上70%以下であり、前記接着部によるコアバック部の接着面積率 Q_{A0} が40%以上90%以下であり、

前記第1接着部による前記コアバック部の接着面積率 Q_{A1} が4%以上30%以下であり、

前記第2接着部による前記コアバック部の接着面積率 Q_{A2} が15%以上90%以下であり、

前記第1接着部による前記ティース部の接着面積率 Q_{B1} が5%以上30%以下であり、

前記第2接着部による前記ティース部の接着面積率 Q_{B2} が0%以上65%以下であるステータ用接着積層コア。

[2] 前記速硬化型接着剤がシアノアクリレート系接着剤である、[1]に記載のステータ用接着積層コア。

[3] 前記熱硬化型接着剤が、ガラス転移温度が80以上150以下であるエポキシ樹脂を含むエポキシ樹脂系接着剤である、[1]または[2]に記載のステータ用接着積層コア。

[4] [1]に記載のステータ用接着積層コアの製造方法であって、

前記電磁鋼板の表面の一部に前記速硬化型接着剤と前記熱硬化型接着剤とを塗布した後に別の電磁鋼板の上に重ねて圧着し、前記接着部を形成する操作を繰り返す、ステータ用接着積層コアの製造方法。

[5] [1]～[3]のいずれかに記載のステータ用接着積層コアを備える回転電機。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、生産性に優れ、機械強度が高く、回転電機の振動や騒音を低減し、鉄損を抑制できるステータ用接着積層コアおよびその製造方法、ならびにステータ用接着積層コアを備えた回転電機を提供できる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0009】

【図1】本発明の一実施形態に係るステータ用接着積層コアを備えた回転電機の断面図である。

【図2】同ステータ用積層コアの側面図である。

【図3】図2のA-A断面図であって、同ステータ用接着積層コアの接着部の配置パターン例を示す図である。

【図4】ステータ用接着積層コアの製造装置の概略構成を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照し、本発明の一実施形態に係るステータ用接着積層コアと、このステータ用接着積層コアを備えた回転電機について説明する。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、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を一例に挙げて説明する。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。

10

【0011】

図1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内に収容される。ステータ20は、ケース50内に固定される。

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の径方向内側に位置するインナーロータ型を採用している。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ターロータ型を採用してもよい。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、極数、スロット数、相数などは、適宜変更することができる。

20

回転電機10は、例えば、各相に実効値10A、周波数100Hzの励磁電流を印加することにより、回転数1000rpmで回転することができる。

【0012】

ステータ20は、ステータ用接着積層コア（以下、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。以下では、ステータコア21（またはコアバック部22）の中心軸線O方向を軸方向と言い、ステータコア21（またはコアバック部22）の径方向（中心軸線Oに直交する方向）を径方向と言い、ステータコア21（またはコアバック部22）の周方向（中心軸線O回りに周回する方向）を周方向と言う。

30

【0013】

コアバック部22は、ステータ20を軸方向から見た平面図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の内周から径方向内側に向けて（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、周方向に同等の角度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。よって、複数のティース部23は、互いに同じ厚み寸法を有している。

40

前記巻線は、ティース部23に巻回されている。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。

【0014】

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。

50

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、周方向に同等の角度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。

【0015】

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 の配置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。各永久磁石 32 のロータコア 31 への固定は、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などにより、実現できる。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を採用してもよい。

【0016】

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。例えばステータコア 21 は、図 2 に示すように、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（中心軸線 O に沿った全長）は、例えば 50.0 mm とされる。ステータコア 21 の外径は、例えば 250.0 mm とされる。ステータコア 21 の内径は、例えば 165.0 mm とされる。ロータコア 31 の外径は、例えば 163.0 mm とされる。ロータコア 31 の内径は、例えば 30.0 mm 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、これらの値のみに限られない。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 の先端部を基準とする。すなわち、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。

【0017】

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などにより形成される。電磁鋼板 40 としては、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 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。方向性電磁鋼板としては、例えば、JIS C 2553:2012 の方向性電鋼帯を採用することができる。

【0018】

電磁鋼板の加工性や、ステータコアの鉄損を改善するため、電磁鋼板 40 の両面が絶縁被膜で被覆されていることが望ましい。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、などが採用できる。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、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、アクリルスチレン樹脂、ポリエステル樹脂、シリコン樹脂、フッ素樹脂などが挙げられる。

【0019】

絶縁被膜で被覆されている場合、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、ステータ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 2.0 μm 以下、さらに好ましくは 0.3 μm 以

10

20

30

40

50

上 $1.2 \mu\text{m}$ 以下である。

【0020】

電磁鋼板 40 の板厚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みしい。

一方で電磁鋼板 40 が厚すぎると、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みしく、 0.20 mm または 0.25 mm とすることがより好みしい。

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、好みしくは 0.10 mm 以上 0.35 mm 以下、より好みしくは 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。

【0021】

図 2 に示すように、ステータコア 21 では、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士の全ての組の間に、これらの電磁鋼板 40 同士を接着する接着部 41 が部分的に設けられている。積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士の全ての組は、それらの間に部分的に設けられた接着部 41 を介して積層されている。積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士は、他の手段（例えば、かしめ等）によっては固定されていない。

【0022】

接着部 41 は、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士を接着するものである。接着部 41 は、分断されることなく硬化した接着剤である。

接着部 41 は、図 3 に示すように第 1 接着部 41a と第 2 接着部 41b とからなる。第 1 接着部 41a は、分断されることなく硬化した速硬化型接着剤である。第 2 接着部 41b は、分断されることなく硬化した熱硬化型接着剤である。第 1 接着部 41a および第 2 接着部 41b は、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 の間において、それぞれ点状に形成されている。

【0023】

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

一方で接着部 41 の厚さが $10 \mu\text{m}$ 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、ステータ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 $10 \mu\text{m}$ 以下とすることが好みしく、 $1 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下とすることがより好みしい。

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。

【0024】

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みしい。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、 $1.0 \mu\text{m}$ 、より好みしくは $1.2 \mu\text{m}$ 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、 $3.0 \mu\text{m}$ 、より好みしくは $2.6 \mu\text{m}$ とされる。

接着部 41 の平均厚みは、積層コア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積層コア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、積層コア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ます。

【0025】

接着部 41 は、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士の間において、部分的に設けられている。つまり、電磁鋼板 40 において積層方向を向く面（第 1 面）には、接着領域 42 と非接着領域 43 とが形成されている。接着領域 42 は、電磁鋼板 40 の第 1 面のうち接着部 41 が設けられた領域、すなわち電磁鋼板 40 の第 1 面のうち分断されることなく硬

10

20

30

40

50

化した接着剤が設けられている領域である。非接着領域 4 3 は、電磁鋼板 4 0 の第 1 面のうち接着部 4 1 が設けられていない領域、すなわち電磁鋼板 4 0 の第 1 面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である。ステータコア 2 1 では、積層方向に隣り合う電磁鋼板 4 0 同士の間において、接着部 4 1 が、コアバック部 2 2 間に部分的に設けられ、かつティース部 2 3 間にも部分的に設けられていることが好ましい。

接着部 4 1 は、典型的には、積層方向に隣り合う電磁鋼板 4 0 同士の間の複数箇所に分散して配置されている。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、接着部 4 1 の配置パターンの一例である。この例において、第 1 接着部 4 1 a および第 2 接着部 4 1 b は、円形をなす複数の点状に形成されている。より具体的に言うと、コアバック部 2 2 においては、その周方向に等角度間隔を置いて複数の第 2 接着部 4 1 b が、平均直径が 7 mm の点状に形成されている。各第 2 接着部 4 1 b の一部は、ティース部 2 3 まではみ出している。各ティース部 2 3 においては、径方向に沿って複数の第 1 接着部 4 1 a が、平均直径が 5 mm の点状に形成されている。

ここで示した平均直径は一例である。点状の第 2 接着部 4 1 b の平均直径は、5 mm 以上 10 mm 以下とすることが好ましく、6 mm 以上 10 mm 以下とすることがより好ましい。点状の第 1 接着部 4 1 a の平均直径は、3 mm 以上 7 mm 以下とすることが好ましく、3 mm 以上 6 mm 未満とすることがより好ましい。第 1 接着部 4 1 a の平均直径は、第 2 接着部 4 1 b の平均直径よりも小さいことが好ましい。

また、図 3 の形成パターンは一例であり、電磁鋼板 4 0 同士の間に設けられる接着部 4 1 の数、形状および配置は必要に応じて適宜変更できる。

平均直径は、電磁鋼板 4 0 同士を剥離した接着部 4 1 の接着剤跡の直径を定規により測定することで求められる。接着剤跡の平面視形状が真円でない場合、その直径は平面視での接着剤跡の外接円（真円）の直径とする。

第 1 接着部、第 2 接着部それぞれのティース部とコアバック部の平均直径は同じでなくとも構わない。

【 0 0 2 7 】

一般に、接着剤を硬化させる際には、硬化収縮により、電磁鋼板 4 0 に圧縮応力や引張応力が加わる。これら応力が電磁鋼板 4 0 に加わることにより、歪が生じる。特に熱硬化型接着剤の場合、電磁鋼板 4 0 と接着部との熱膨張係数の差により、加わる応力が大きくなる。電磁鋼板 4 0 の歪は、回転電機 1 0 の鉄損を増大させる。ステータコア 2 1 を構成する電磁鋼板 4 0 の歪が鉄損に与える影響は、ロータコア 3 1 を構成する鋼板の歪が与える影響よりも大きい。

本実施形態では、接着部 4 1 が部分的に設けられているので、接着部 4 1 が全面に設けられている場合に比べて、硬化収縮により電磁鋼板 4 0 に加わる応力が低減されている。

【 0 0 2 8 】

速硬化型接着剤は、常温にて短時間で硬化し、熱硬化型接着剤に比べて硬化収縮が小さい。また、電磁鋼板 4 0 の歪が鉄損に与える影響は、コアバック部 2 2 よりもティース部 2 3 の方が大きい。そのため、本実施形態のように、コアバック部 2 2 に熱硬化型接着剤を塗布して第 2 接着部 4 1 b を形成し、ティース部 2 3 に速硬化型接着剤を塗布して第 1 接着部 4 1 a を形成することで、鉄損の増大をさらに抑制できる。

【 0 0 2 9 】

また、短時間で硬化する速硬化型接着剤による仮接着と、硬化後の機械強度が高い熱硬化型接着剤による本接着とを組み合わせ、電磁鋼板同士の間に接着部を部分的に設けてそれらを接着することで、高生産性、高強度、低騒音および低振動を兼ね備えたステータコアとすることができる。

【 0 0 3 0 】

接着部 4 1 による電磁鋼板 4 0 の接着面積率 Q_0 は、10 % 以上 90 % 以下が好ましく、20 % 以上 85 % 以下がより好ましく、30 % 以上 70 % 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_0 が前記範囲の下限値以上であれば、積層コアの機械強度が確保される。接着面

10

20

30

40

50

積率 Q_0 が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_0 は、電磁鋼板 4 0 の第 1 面の面積に対する、電磁鋼板 4 0 の第 1 面のうちの接着部 4 1 が占める領域（接着領域 4 2）の面積の割合である。接着面積率 Q_0 の算出には、ティース部の第 1 面に存在する第 1 接着部と第 2 接着部の両方を含める。

【 0 0 3 1 】

接着部 4 1 によるコアバック部 2 2 の接着面積率 Q_{A0} は、40% 以上 90% 以下が好ましく、50% 以上 90% 以下がより好ましく、60% 以上 90% 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{A0} が前記範囲の下限値以上であれば、積層方向に隣り合う電磁鋼板 4 0 同士を充分な接着強度で接着できるので、ステータコアの剛性が向上し、騒音特性が優れる。接着面積率 Q_{A0} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{A0} は、電磁鋼板 4 0 のコアバック部 2 2 の第 1 面の面積に対する、コアバック部 2 2 の第 1 面のうちの接着部 4 1 が占める領域（接着領域 4 2）の面積の割合である。接着面積率 Q_{A0} の算出には、コアバック部の第 1 面に存在する第 1 接着部と第 2 接着部の両方を含める。例えば、ティース部 2 3 に塗布した速硬化型接着剤で形成された第 1 接着部 4 1 a の一部がコアバック部 2 2 にも存在する場合は、その部分も含めて接着面積率 Q_{A0} を算出する。

【 0 0 3 2 】

第 1 接着部 4 1 a によるコアバック部 2 2 の接着面積率 Q_{A1} は、0% 以上 50% 以下が好ましく、0% 以上 40% 以下がより好ましく、0% 以上 30% 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{A1} が前記範囲の下限値以上であれば、仮止め効果が得られる。接着面積率 Q_{A1} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{A1} は、電磁鋼板 4 0 のコアバック部 2 2 の第 1 面の面積に対する、コアバック部 2 2 の第 1 面のうちの第 1 接着部 4 1 a が占める領域の面積の割合である。

【 0 0 3 3 】

第 2 接着部 4 1 b によるコアバック部 2 2 の接着面積率 Q_{A2} は、5% 以上 90% 以下が好ましく、15% 以上 70% 以下がより好ましく、30% 以上 65% 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{A2} が前記範囲の下限値以上であれば、積層コアの剛性向上効果が得られる。接着面積率 Q_{A2} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{A2} は、電磁鋼板 4 0 のコアバック部 2 2 の第 1 面の面積に対する、コアバック部 2 2 の第 1 面のうちの第 2 接着部 4 1 b が占める領域の面積の割合である。

【 0 0 3 4 】

接着部 4 1 によるティース部 2 3 の接着面積率 Q_{B0} は、10% 以上 70% 以下が好ましく、10% 以上 50% 以下がより好ましく、10% 以上 30% 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{B0} が前記範囲の下限値以上であれば、積層方向に隣り合う電磁鋼板 4 0 同士を充分な接着強度で接着できるので、ティース部の跳ね上がりが抑制できるためコア形状が優れる。接着面積率 Q_{B0} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{B0} は、電磁鋼板 4 0 のティース部 2 3 の第 1 面の面積に対する、ティース部 2 3 の第 1 面のうちの接着部 4 1 が占める領域（接着領域 4 2）の面積の割合である。接着面積率 Q_{B0} の算出には、ティース部の第 1 面に存在する第 1 接着部と第 2 接着部の両方を含める。例えば、コアバック部 2 2 に塗布した熱硬化型接着剤で形成された第 2 接着部 4 1 b の一部がティース部 2 3 にも存在する場合は、その部分も含めて接着面積率 Q_{B0} を算出する。

【 0 0 3 5 】

第 1 接着部 4 1 a によるティース部 2 3 の接着面積率 Q_{B1} は、5% 以上 70% 以下が好ましく、6% 以上 50% 以下がより好ましく、7% 以上 30% 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{B1} が前記範囲の下限値以上であれば、ティース部のずれ防止効果が得られる。接着面積率 Q_{B1} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{B1} は、電磁鋼板 4 0 のティース部 2 3 の第 1 面の面積に対する、

10

20

30

40

50

ティース部 2 3 の第 1 面のうちの第 1 接着部 4 1 a が占める領域の面積の割合である。

【 0 0 3 6 】

第 2 接着部 4 1 b によるティース部 2 3 の接着面積率 Q_{B2} は、0 % 以上 6 5 % 以下が好ましく、0 % 以上 5 0 % 以下がより好ましく、0 % 以上 3 0 % 以下がさらに好ましい。接着面積率 Q_{B2} は 0 % でも構わない。接着面積率 Q_{B2} が前記範囲の上限値以下であれば、鉄損の抑制効果がより優れる。

なお、接着面積率 Q_{B2} は、電磁鋼板 4 0 のティース部 2 3 の第 1 面の面積に対する、ティース部 2 3 の第 1 面のうちの第 2 接着部 4 1 b が占める領域の面積の割合である。

【 0 0 3 7 】

積層方向に隣り合う各々の電磁鋼板 4 0 間においては、接着部 4 1 による総接着面積に対して、第 1 接着部 4 1 a の接着面積の割合（割合 P_1 ）が 5 % 以上 5 0 % 以下であり、第 2 接着部 4 1 b の接着面積の割合（割合 P_2 ）が 5 0 % 以上 9 5 % 以下であることが好ましい。これにより、機械強度の向上効果、騒音や振動の低減効果、鉄損の抑制効果が十分に得られやすくなる。また、割合 P_1 が 5 % 以上 5 0 % 未満であり、割合 P_2 が 5 0 % 以上 9 5 % 以下であることがより好ましく、割合 P_1 が 1 0 % 以上 4 0 % 以下であり、割合 P_2 が 6 0 % 以上 9 0 % 以下であることがさらに好ましく、割合 P_1 が 1 5 % 以上 4 0 % 以下であり、割合 P_2 が 6 0 % 以上 8 5 % 以下であることが特に好ましく、割合 P_1 が 1 5 % 以上 3 5 % 以下であり、割合 P_2 が 6 5 % 以上 8 5 % 以下であることが最も好ましい。割合 P_1 と割合 P_2 の合計は 1 0 0 % である。

なお、接着面積率 Q_0 、 Q_{A0} 、 Q_{A1} 、 Q_{A2} 、 Q_{B0} 、 Q_{B1} 、 Q_{B2} 、および割合 P_1 、 P_2 の算出にあたっては、電磁鋼板 4 0 同士を剥離した後の接着部 4 1、第 1 接着部 4 1 a または第 2 接着部 4 1 b の接着剤跡を画像解析することで求められる接着剤跡の面積を、それら接着部による接着領域の面積として採用する。

【 0 0 3 8 】

本実施形態では、第 1 接着部 4 1 a が平均直径 3 mm 以上 7 mm 以下の点状であり、第 2 接着部 4 1 b が平均直径 5 mm 以上 1 0 mm 以下の点状であり、割合 P_1 が 5 % 以上 5 0 % 未満であり、割合 P_2 が 5 0 % 以上 9 5 % 以下であることが好ましい。また、第 1 接着部 4 1 a が平均直径 3 mm 以上 7 mm 以下の点状であり、第 2 接着部 4 1 b が平均直径 5 mm 以上 1 0 mm 以下の点状であり、割合 P_1 が 5 % 以上 5 0 % 未満であり、割合 P_2 が 5 0 % 以上 9 5 % 以下であり、接着面積率 Q_{B0} が 1 0 % 以上 5 0 % 以下であり、接着面積率 Q_{B1} が 6 % 以上 5 0 % 以下であることがより好ましい。

【 0 0 3 9 】

速硬化型接着剤は、液状のモノマーが空气中または被着体の表面のごく微量の水分によって瞬時に重合して接着能を発揮するものである。

速硬化型接着剤としては、例えば、シアノアクリレート系接着剤、嫌気性接着剤を例示できる。なかでも、速硬化性に優れる点から、瞬間接着剤として知られるシアノアクリレート系接着剤が好ましい。

【 0 0 4 0 】

シアノアクリレート系接着剤としては、シアノアクリレートが重合して硬化する接着剤を制限なく使用できる。シアノアクリレート系接着剤に含まれるシアノアクリレートとしては、例えば、メチルシアノアクリレート、エチルシアノアクリレート、メトキシエチルシアノアクリレート、ブチルシアノアクリレート、オクチルシアノアクリレートを例示できる。シアノアクリレート系接着剤に含まれるシアノアクリレートは、1 種でもよく、2 種以上でもよい。

【 0 0 4 1 】

熱硬化型接着剤は、1 液型であってもよく、2 液型であってもよい。

熱硬化型接着剤としては、例えば、エポキシ樹脂系接着剤、フェノール樹脂系接着剤、不飽和ポリエステル樹脂系接着剤を例示できる。なかでも、機械強度が高いステータコアが得られやすい点から、エポキシ樹脂系接着剤が好ましい。

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50

エポキシ樹脂系接着剤は、エポキシ樹脂と硬化剤を含む。

エポキシ樹脂としては、特に限定されず、例えば、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ビスフェノールAD型エポキシ樹脂、アミン型エポキシ樹脂、脂環型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂を例示できる。なかでも、塗布性の点から、フェノールノボラック型エポキシ樹脂が好ましい。

エポキシ樹脂系接着剤に含まれる硬化剤は、1種でもよく、2種以上でもよい。

【0043】

エポキシ樹脂のガラス転移温度(T_g)は、80以上150以下が好ましく、100以上150以下がより好ましく、120以上150以下がさらに好ましい。エポキシ樹脂の T_g が前記範囲の下限値以上であれば、耐熱性に優れ、機械強度が高いステータコアが得られやすい。エポキシ樹脂の T_g が前記範囲の上限値以下であれば、電磁鋼板との密着性が得られやすい。

なお、エポキシ樹脂の T_g は、JIS K 7121-1987に準じ、示差走査熱量測定(DSC)法で測定した中間点ガラス転移温度である。

【0044】

エポキシ樹脂の数平均分子量(M_n)は、1200以上20000以下が好ましく、2000以上18000以下がより好ましく、2500以上16000以下がさらに好ましい。エポキシ樹脂の M_n が前記範囲の下限値以上であれば、接着強度を高めやすい。エポキシ樹脂の M_n が前記範囲の上限値以下であれば、エポキシ樹脂系接着剤が高粘度になることを抑制しやすい。

なお、エポキシ樹脂の M_n は、標準物質としてポリスチレンを用い、JIS K 7252-1:2008に記載のサイズ排除クロマトグラフィー(SEC: Size-exclusion Chromatography)により測定できる。

【0045】

硬化剤は、一般に使用される熱硬化型のエポキシ樹脂硬化剤を使用できる。硬化剤としては、特に限定されず、例えば、酸無水物系硬化剤(フタル酸無水物、ヘキサヒドロフタル酸無水物、4-メチルヘキサヒドロフタル酸無水物など)、フェノールノボラック樹脂、ジシアンジアミド(DICY)を例示できる。エポキシ樹脂系接着剤に含まれる硬化剤は、1種でもよく、2種以上でもよい。

【0046】

フェノールノボラック樹脂は、酸触媒を用いてフェノール類(フェノールなど)とアルデヒド類(ホルムアルデヒドなど)とを縮合反応させて得られるノボラック型のフェノール樹脂である。硬化剤としては、機械強度が高いステータコアが得られやすい点から、フェノールノボラック樹脂が好ましい。

【0047】

エポキシ樹脂系接着剤中の硬化剤の含有量は、硬化剤の種類に応じて適宜設定でき、例えばフェノールノボラック樹脂を用いる場合、エポキシ樹脂100質量部に対して、5質量部以上35質量部以下が好ましい。

【0048】

エポキシ樹脂系接着剤は、エポキシ樹脂および硬化剤に加えて、アクリル樹脂を含んでもよい。エポキシ樹脂にアクリル樹脂をグラフト重合させたアクリル変性エポキシ樹脂を用いてもよい。

【0049】

アクリル樹脂としては、特に限定されない。アクリル樹脂に用いる単量体としては、例えば、アクリル酸、メタクリル酸などの不飽和カルボン酸、メチル(メタ)アクリレート、エチル(メタ)アクリレート、n-ブチル(メタ)アクリレート、シクロヘキシル(メタ)アクリレート、2-エチルヘキシル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレートなどの(メタ)アクリレートを例示できる。なお、(メタ)アクリレートとは、アクリレートまたはメタクリレートを指す。

10

20

30

40

50

トを意味する。

【0050】

アクリル樹脂の数平均分子量 (M_n) は、5000以上100000以下が好ましく、6000以上80000以下がより好ましく、7000以上60000以下がさらに好ましい。アクリル樹脂のM_nが前記範囲の下限値以上であれば、接着強度を高めやすい。アクリル樹脂のM_nが前記範囲の上限値以下であれば、エポキシ樹脂系接着剤が高粘度になることを抑制しやすい。

なお、アクリル樹脂のM_nは、エポキシ樹脂のM_nと同様の方法で測定できる。

【0051】

エポキシ樹脂系接着剤がアクリル樹脂を含む場合、アクリル樹脂の含有量は、特に制限されず、例えば、エポキシ樹脂とアクリル樹脂の合計量に対して、20質量%以上80質量%以下とすることができる。

10

【0052】

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は、かしめ（ダボ）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も、ステータコア21と同様に接着剤により固定した積層構造を有してもよい。

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。

【0053】

（ステータコアの製造方法）

20

ステータコア21は、例えば、常温（例えば20以上30以下）下で、電磁鋼板40の表面の一部に速硬化型接着剤と熱硬化型接着剤とを部分的に塗布した後に別の電磁鋼板40の上に重ねて圧着し、接着部41を形成する操作を繰り返すことにより製造できる。

【0054】

塗布された速硬化型接着剤は常温下で硬化が進み、第1接着部41aが形成される。また、熱硬化型接着剤は圧着時に加熱することで硬化が進み、第2接着部41bが形成される。

速硬化型接着剤と熱硬化型接着剤は、どちらを先に塗布してもよく、同時に塗布してもよい。また、速硬化型接着剤と熱硬化型接着剤は、それぞれを個別に塗布してもよく、混合状態で塗布してもよい。

30

【0055】

以下に、図4に示す製造装置100を用いて、ステータコア21を製造する方法を説明する。

まず先に、製造装置100について説明する。同製造装置100では、コイルC（フープ）から電磁鋼板Pを矢印F方向に向かって送り出しつつ、各ステージに配置された金型により複数回の打ち抜きを行って電磁鋼板40の形状に徐々に形成ていき、2枚目以降の電磁鋼板40の下面の所定の位置に速硬化型接着剤および熱硬化型接着剤を塗布し、打ち抜いた電磁鋼板40を順次積層して加熱しつつ圧着する。

【0056】

図4に示すように、製造装置100は、コイルCに最も近い位置に一段目の打ち抜きステーション110と、この打ち抜きステーション110よりも電磁鋼板Pの搬送方向に沿った下流側に隣接配置された二段目の打ち抜きステーション120と、この打ち抜きステーション120よりもさらに下流側に隣接配置された第1の接着剤塗布ステーション130と、第1の接着剤塗布ステーション130よりもさらに下流側に隣接配置された第2の接着剤塗布ステーション140と、を備えている。

40

【0057】

打ち抜きステーション110は、電磁鋼板Pの下方に配置された雌金型111と、電磁鋼板Pの上方に配置された雄金型112とを備える。

打ち抜きステーション120は、電磁鋼板Pの下方に配置された雌金型121と、電磁鋼板Pの上方に配置された雄金型122とを備える。

50

第1の接着剤塗布ステーション130、第2の接着剤塗布ステーション140はそれぞれ、前述した接着部41の配置パターンに応じて配置された複数本のインジェクターを備える塗布器131、141を備える。

【0058】

製造装置100は、さらに、第2の接着剤塗布ステーション140よりも下流位置に積層ステーション150を備える。この積層ステーション150は、加熱装置151と、外周打ち抜き雌金型152と、断熱部材153と、外周打ち抜き雄金型154と、スプリング155と、を備えている。

加熱装置151、外周打ち抜き雌金型152、断熱部材153は、電磁鋼板Pの下方に配置されている。

外周打ち抜き雄金型154およびスプリング155は、電磁鋼板Pの上方に配置されている。

【0059】

<打ち抜き工程>

以上の構成を有する製造装置100において、まずコイルCより電磁鋼板Pを図4の矢印F方向に順次送り出す。そして、この電磁鋼板Pに対し、まず打ち抜きステーション110による打ち抜き加工を行う。続いて、この電磁鋼板Pに対し、打ち抜きステーション120による打ち抜き加工を行う。これら打ち抜き加工により、電磁鋼板Pに、図3に示したコアバック部22と複数のティース部23を有する電磁鋼板40の形状を得る。ただし、この時点では完全には打ち抜かれていないので、矢印F方向に沿って次工程へと進む。

【0060】

<塗布工程>

次工程の第1の接着剤塗布ステーション130では、塗布器131の前記各インジェクターから速硬化型接着剤が供給され、電磁鋼板40のティース部23の下面の複数箇所に速硬化型接着剤が点状に塗布される。さらに、第2の接着剤塗布ステーション140では、塗布器141の前記各インジェクターから熱硬化型接着剤が供給され、電磁鋼板40のコアバック部22の下面の複数箇所に熱硬化型接着剤が点状に塗布される。

【0061】

<積層工程>

次いで、電磁鋼板Pは積層ステーション150へと送り出され、外周打ち抜き雄金型154により打ち抜かれて精度良く、積層される。例えば、コアバック部の外周端部の複数箇所に切欠きを形成し、その切欠きに対して側面からスケールを押し当てることで、各電磁鋼板40のずれを防止でき、より高精度に積層できる。積層の際、電磁鋼板40はスプリング155により一定の加圧力を受けつつ、加熱装置151によって例えば150以上160以下に加熱される。この加熱によって熱硬化型接着剤の硬化が促進される。

【0062】

以上のような、打ち抜き工程、塗布工程、積層工程、を順次繰り返すことでの所定枚数の電磁鋼板40を、部分的に設けた接着部41を介して積み重ねることができる。

以上の各工程により、ステータコア21が完成する。

【0063】

ステータコアの製造方法は、前記した方法には限定されない。例えば、第1の接着剤塗布ステーション130で熱硬化型接着剤を塗布し、第2の接着剤塗布ステーション140で速硬化型接着剤を塗布してもよい。また、第1の接着剤塗布ステーション130および第2の接着剤塗布ステーション140のいずれか一方または両方において、熱硬化型接着剤と速硬化型接着剤とをそれぞれ個別に塗布してもよく、熱硬化型接着剤と速硬化型接着剤とを混合状態で塗布してもよい。

【0064】

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。

電磁鋼板同士を接着する接着部は、速硬化型接着剤で形成された第1接着部と、熱硬化

型接着剤で形成された第2接着部の2種からなることが好ましいが、速硬化型接着剤と熱硬化型接着剤とが混合された接着剤で形成された第3接着部を含んでもよい。電磁鋼板同士を接着する接着部が第3接着部を含む場合、接着部を第3接着部のみとしてもよく、第1接着部および第2接着部のいずれか一方または両方と第3接着部との組み合わせとしてもよい。

【0065】

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応じて任意に設計可能である。

10

【0066】

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。

【0067】

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ず、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、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、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。

20

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が、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が、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が、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。

【0068】

前記ステータコア21を、回転電機10に代えて変圧器に採用することも可能である。この場合、電磁鋼板として、無方向電磁鋼板を採用することに代えて、方向性電磁鋼板を採用することが好ましい。

30

【0069】

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り、また、前記した変形例を適宜組み合わせてもよい。

【0070】

以下、実施例によって本発明を具体的に説明するが、本発明は以下の記載によっては限定されない。

【0071】

（接着剤）

速硬化型接着剤（A-1）：シアノアクリレート系接着剤（製品名「アロンアルファ」、東亜合成社製）。

40

熱硬化型接着剤（B-1）：エポキシ樹脂系接着剤（製品名「スリー・ボンド」、スリーボンド社製、エポキシ樹脂のTg：130℃）。

【0072】

（実施例1）

Si：3.0質量%、Al：0.5質量%、Mn：0.1質量%を含有する無方向性電磁鋼板用の組成を有するフープを作製した。地鉄の厚さは0.3mmとした。このフープにリン酸金属塩とアクリル樹脂エマルジョンを含有する絶縁被膜処理液を塗布し、300℃で焼付け、所定量の絶縁被膜を施した。

50

このフープ(電磁鋼板)を、図4に示す構成の製造装置100を用いて、以下の手順により、外径200mm、内径134mmのリング状で、内径側に長さ23mm、幅15mmの長方形のティース部を18か所設けた単板コアに打ち抜き、順次積層してステータコアを作製した。

コイルCより前記フープを図4の矢印F方向に順次送り出した。そして、このフープに対し、まず打ち抜きステーション110による打ち抜き加工を行い、続いて、このフープに対し、打ち抜きステーション120による打ち抜き加工を行った。これら打ち抜き加工により、フープに、図3に示したコアバック部22と複数のティース部23を有する電磁鋼板40の形状を形成した(打ち抜き工程)。

続いて、第1の接着剤塗布ステーション130で塗布器131により速硬化型接着剤(A-1)を、フープのティース部23の下面(第1面)の所定箇所に点状に塗布した。続いて、第2の接着剤塗布ステーション140で塗布器141により熱硬化型接着剤(B-1)を、フープのコアバック部22の下面(第1面)の所定箇所に点状に塗布した(塗布工程)。

続いて、積層ステーション150へ送り出されたフープを外周打ち抜き雄金型154により単板コアに打ち抜き、加圧しながら積層した(積層工程)。また、このとき、加熱装置151により80℃に加熱して接着剤の硬化を促進した。

以上の打ち抜き工程、塗布工程、積層工程を順次繰り返して単板コア130枚を積層した。電磁鋼板40間において、速硬化型接着剤(A-1)で形成した第1接着部の平均直径は5mmであった。熱硬化型接着剤(B-1)で形成した第2接着部の平均直径は8mmであった。接着面積率Q₀、Q_{A0}、Q_{A1}、Q_{A2}、Q_{B0}、Q_{B1}、Q_{B2}、および割合P₁、P₂は表1に示すとおりであった。

【0073】

(実施例2~13)

第1接着部と第2接着部の平均直径、接着面積率Q₀、Q_{A0}、Q_{A1}、Q_{A2}、Q_{B0}、Q_{B1}、Q_{B2}、および割合P₁、P₂を表1および表2に示すとおりにした以外は、実施例1と同様にしてステータコアを作製した。

【0074】

(比較例1)

実施例1と同様にティース部の第1面に速硬化型接着剤(A-1)を塗布して仮接着した後、熱硬化型接着剤(B-1)を真空含浸して金属鋼板同士を全面接着し、表2に示す接着面積率Q₀、Q_{A0}、Q_{A1}、Q_{A2}、Q_{B0}、Q_{B1}、Q_{B2}、および割合P₁、P₂であるステータコアを作製した。

【0075】

(比較例2)

用いる接着剤を速硬化型接着剤(A-1)のみとし、接着面積率Q₀、Q_{A0}、Q_{A1}、Q_{A2}、Q_{B0}、Q_{B1}、Q_{B2}、および割合P₁、P₂を表2に示すとおりにした以外は、実施例1と同様にしてステータコアを作製した。

【0076】

(比較例3)

用いる接着剤を熱硬化型接着剤(B-1)のみとし、接着面積率Q₀、Q_{A0}、Q_{A1}、Q_{A2}、Q_{B0}、Q_{B1}、Q_{B2}、および割合P₁、P₂を表2に示すとおりにした以外は、実施例1と同様にしてステータコアを作製した。

【0077】

(評価)

各例のステータコアについて、以下の評価を行った。結果を表1および表2に示す。

【0078】

<コア強度>

ステータコアを1mの高さから落下させた後、積層方向に隣り合う電磁鋼板同士の全ての組のうち、電磁鋼板同士の間に隙間が発生した電磁鋼板同士の組の数を計測し、コア強

10

20

30

40

50

度を評価した。電磁鋼板同士の距離が落下前に比べて広がったときに、その電磁鋼板同士の間に隙間が発生したと判定した。電磁鋼板同士の間に隙間が発生した電磁鋼板同士の組の数が少ないほど、コア強度が高いことを意味する。

：電磁鋼板同士の間に隙間が発生した電磁鋼板同士の組の数が 1 未満である。即ちステータコアに何ら問題が生じなかった場合である。

：電磁鋼板同士の間に隙間が発生した電磁鋼板同士の組の数が 1 以上 2 未満である。即ちステータコアに目視できる隙間が発生した場合である。

×：電磁鋼板同士の間に隙間が発生した電磁鋼板同士の組の数が 2 以上である。即ちステータコアに目視できる隙間が複数個所発生したり、割れた場合である。

【 0 0 7 9 】

10

< 打音テスト (騒音評価) >

ステータコアのコアバック部の外周端部をインパクトハンマーによって半径方向に加振し、その加振源に対して軸方向に 180° の方向におけるティース部の先端とコアバック部の中央部を測定点として、騒音振動のモーダル解析を行った。また、コアバック部の半径方向の中央部をインパクトハンマーによって軸方向に加振した場合についても、その加振源に対して軸方向に 180° の方向におけるティース部の先端とコアバック部の中央部を測定点として、騒音振動のモーダル解析を行った。評価は以下の基準に従って行った。数値が小さいほど騒音を抑制できることを意味する。

1：振動ピークが 1 つないし 2 つのみ検出される。

2：振動ピークが数個検出される。

3：加振方向によっては 10 個以上の振動ピークが検出される。

4：主ピークはあるが、10 個以上の振動ピークが検出される。

5：主ピークが無く、10 個以上の振動ピークが検出される。

【 0 0 8 0 】

20

< 鉄損 >

直径 133.5 mm のロータ形状の検出器を持つ回転鉄損シミュレーターを用いて、ステータ鉄損を測定した。この回転鉄損シミュレーターは、電気学会研究会資料 . R M - 9 2 - 79, 1992 に開示されているものである。

ステータコアの鉄損評価においては、評価の基準とするコアとして、コアバック部に接着部を 8 箇所形成し、全ティース部の中央部に直径 1.5 mm のかしめを形成した積層枚数 10 枚のかしめ固定積層コアを作製した。各例のステータコアとかしめ固定積層コアについて回転鉄損シミュレーターによる測定を行い、以下の評価基準で鉄損を評価した。

30

○：かしめ固定積層コアに比べて 20 % 以上磁性が良好である。

：かしめ固定積層コアに比べて 10 % 以上 20 % 未満の範囲で磁性が良好である。

×：かしめ固定積層コアに比べて磁性の向上が見られないか、磁性の向上がかしめ固定積層コアに比べて 10 % 未満である。

【 0 0 8 1 】

< 生産性 >

図 4 に示す製造装置を用いて、150 spm (1 分間に積層する電磁鋼板の数が 150 枚) でステータコアを作製した際に、金型から取り出されたステータコアの固定状況を確認し、ステータ以下の基準で評価した。

40

○：問題無く積層コアが作製できた。

：ハンドリング中に電磁鋼板同士が剥がれたり、積層が歪んだりした。

×：電磁鋼板同士の固定が不充分であった。

【 0 0 8 2 】

50

【表1】

塗布した接着剤	実施例1		実施例2		実施例3		実施例4		実施例5		実施例6		実施例7		実施例8	
	第1接着部	速硬化	速硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	速硬化
接着面積率 Q_0 [%]	71	56	54	50	39	45	45	51	46							
接着面積率 Q_{A0} [%]	87	87	45	51	41	64	42	52								
接着面積率 Q_{A1} [%]	12	12	7	4	6	7	4	29								
接着面積率 Q_{B2} [%]	75	75	38	47	34	57	38									
接着面積率 Q_{B0} [%]	55	26	63	50	38	26	59									
接着面積率 Q_{B1} [%]	11	11	7	4	4	7	4									
接着面積率 Q_{B2} [%]	44	15	55	46	33	18	55									
割合 P_1 [%]	16	21	14	8	13	16	8									
割合 P_2 [%]	84	79	86	92	87	84	92									
第1接着部の平均直径 [mm]	5	5	4	3	3	4	3									
第2接着部の平均直径 [mm]	8	8	9	10	7	9	9									
コア強度	○	○	○	△	○	○	○									
打音テスト	2	2	1	1	3	1	2									
鉄損	○	○	○	○	○	○	△									
生産性	○	○	○	△	○	△	○									

【0083】

【表 2】

塗布した 接着剤	実施例9		実施例10		実施例11		実施例12		実施例13		比較例1	比較例2	比較例3
	第1接着部	速硬化	速硬化	熱硬化	熱硬化	熱硬化	速硬化	速硬化	熱硬化	熱硬化	速硬化	熱硬化	熱硬化
接着面積率 Q_0 [%]	46	33	36	59	65	100	100	100	100	100	32	21	-
接着面積率 Q_{A0} [%]	41	42	47	79	71	100	100	100	100	100	52	23	-
接着面積率 Q_{A1} [%]	11	19	5	11	11	0	0	0	0	0	52	0	熱硬化
接着面積率 Q_{A2} [%]	30	23	42	67	60	100	100	100	100	100	0	0	23
接着面積率 Q_{B0} [%]	51	24	26	40	58	100	100	100	100	100	11	19	-
接着面積率 Q_{B1} [%]	7	7	2	7	15	100	100	100	100	100	11	0	-
接着面積率 Q_{B2} [%]	44	17	25	33	44	0	0	0	0	0	0	19	-
割合 P_1 [%]	20	39	9	16	20	0	0	0	0	0	100	0	-
割合 P_2 [%]	80	61	91	84	80	100	100	100	100	100	0	100	-
第1接着部の平均直径 [mm]	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	-
第2接着部の平均直径 [mm]	8	5	6	12	8	8	8	8	8	8	7	7	-
コア強度	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
打音テスト	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	5	3	-
鉄損	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
生産性	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	×

【産業上の利用可能性】

【0084】

本発明によれば、ステータ用積層コアの生産性、機械強度を向上させ、回転電機の振動や騒音を低減し、鉄損を抑制できる。よって、産業上の利用可能性は大である。

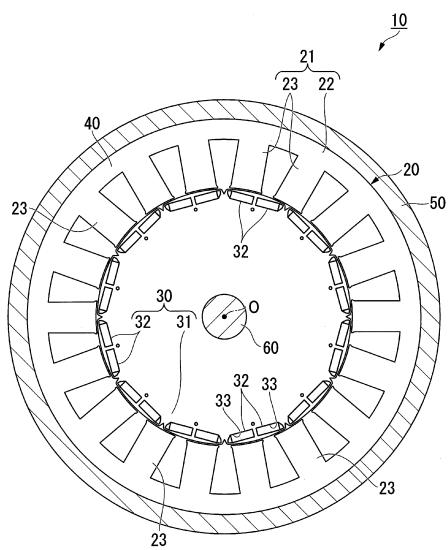
【符号の説明】

【0085】

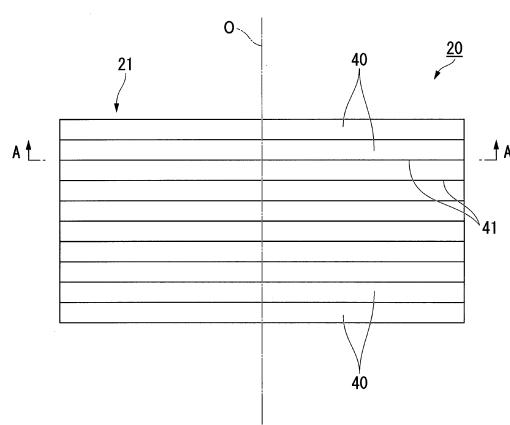
1 0 …回転電機、2 0 …ステータ、2 1 …ステータ用接着積層コア、4 0 …電磁鋼板、4 1 …接着部、4 1 a …第1接着部、4 1 b …第2接着部。

【図面】

【図 1】



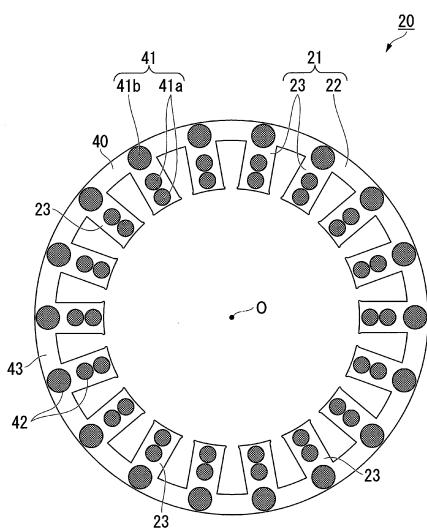
【図 2】



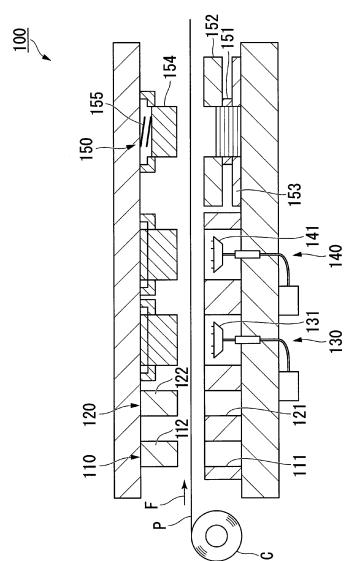
10

20

【図 3】



【図 4】



30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100207686
弁理士 飯田 恒宏

(74)代理人 100224812
弁理士 井口 翔太

(72)発明者 竹田 和年
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

(72)発明者 藤井 浩康
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

(72)発明者 高谷 真介
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

合議体
審判長 柿崎 拓
審判官 関口 哲生
審判官 米倉 秀明

(56)参考文献 特開2016-171652 (JP, A)
特開2017-11863 (JP, A)
特開2005-269732 (JP, A)
特開平7-298567 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02K1/18
H02K15/02