

明 細 書

発明の名称： 積層コアおよび回転電機

技術分野

[0001] 本開示は、積層コアおよび回転電機に関する。

本願は、2021年11月25日に、日本に出願された特願2021-191446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] 今後、使用数の増加が見込まれるEV／HEV用の主機（回転電機、電動機、モータ）は、体格・重量低減を目的として、高速回転化が進んでいる。回転数の増加に伴い、ロータコアやステータコアの鉄損が増加し、効率低減を招く。高周波励磁による鉄損増加の主要因は、渦電流損の増加であり、改善の方策としては、電磁鋼板の薄板化がある。

一方、打ち抜き等で作成したロータコアやステータコアを積層する際には、一般的にカシメが用いられるが、極薄の電磁鋼板をカシメで積層固定することは、非常に困難である。その際、極薄電磁鋼板を積層固定する方法の一つとして、接着固定がある（例えば、下記特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-78346号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、前記従来の接着固定方法では、電磁鋼板を接着剤を使って固定する際に、接着剤の凝固収縮に起因して電磁鋼板に発生する弾性圧縮応力により、磁気特性（励磁特性や鉄損特性）が劣化して損失の増加を招くおそれがある。なおこのような課題は、電動機だけでなく、発電機を含む回転電機全般にも生じる。

[0005] 本開示は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、積層固定する保

持力を維持したまま、損失（鉄損および銅損）の増加を抑えることができる積層コアを提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] <1>本開示の一態様に係る積層コアは、積層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配置された複数の接着層と、を備え、前記電磁鋼板は、環状体を含み、前記複数の接着層のうちの少なくとも1つの接着層は、第1接着層であり、前記第1接着層を前記積層方向に挟む2つの前記電磁鋼板のうちの一方の電磁鋼板において、前記環状体の中心軸に交差し磁化容易方向に延びる仮想軸をL軸、前記中心軸に交差し前記L軸と交差する仮想軸をC軸とし、かつ、前記電磁鋼板を前記L軸と前記C軸とによって前記環状体の周方向に複数の区間に区画したとき、前記複数の区間のうちの少なくとも1つの区間は、第1区間であり、前記第1区間では、前記電磁鋼板のうち主磁束が前記L軸方向に発生する第1部分における前記第1接着層の面積が、前記電磁鋼板のうち主磁束が前記C軸方向に発生する第2部分における前記第1接着層の面積よりも小さい。

[0007] 本願発明者は、鋭意検討の結果、以下の知見を得た。すなわち、積層方向に隣り合う電磁鋼板同士が、接着剤によって接着固定された積層コアにおいて、接着剤に起因して電磁鋼板に圧縮応力が印加され、この圧縮応力が電磁鋼板の磁気特性の劣化（鉄損増加量など）に影響を与える。この影響の程度が、電磁鋼板において発生する主磁束の方向に応じて異なることを本願発明者は新たに見出した。より具体的には、主磁束の方向がL方向（磁化容易方向）である場合には、主磁束の方向がC方向（L方向と交差する方向、磁化容易方向ではない方向）である場合に比べて、電磁鋼板における接着面積率が高いほど鉄損劣化率が大きく、電磁鋼板の単位面積あたりに印加されている圧縮応力が高いほど鉄損劣化率が大きい（例えば、後述する図13、14、16参照）。なお、主磁束は、ロータコアやステータコアに発生する磁束の総称である。

[0008] 以上の知見に基づいて、本願発明者は、環状体を含む積層コアにおいて、

電磁鋼板をL軸およびC軸によって複数の区間に区画し、その複数の区間のうちの少なくとも1つの区間において、主磁束が発生する方向に応じて接着層の面積を異ならせることに想到した。すなわち、前記複数の区間のうちの少なくとも1つである第1区間において、主磁束がL方向に発生する第1部分における第1接着層の面積を、主磁束がC方向に発生する第2部分における第1接着層の面積よりも小さくすることに本願発明者は想到した。これにより、電磁鋼板のうち鉄損への影響が大きい部分に接着層を大きく形成することに代えて、鉄損への影響が小さい部分に接着層を大きく形成することができる。よって、要求される保持力を確保したまま、損失の増加を抑えることができる。

[0009] <2>上記<1>に係る積層コアでは、前記第1区間において、前記C軸に相対的に近い領域をC軸側領域とし、かつ前記L軸に相対的に近い領域をL軸側領域としたとき、前記第1部分は、前記環状体のうち前記C軸側領域に位置する部分を含み、前記第2部分は、前記環状体のうち前記L軸側領域に位置する部分を含む構成を採用してもよい。

[0010] 環状体を含む積層コアにおいて、主磁束は、環状体では周方向に主に発生する。そして、環状体で発生する主磁束と、L方向やC方向との相対的な関係は、その主磁束が発生する周方向の位置で異なる。例えば、環状体のうち、L軸側に位置する部分では、主磁束におけるC方向の成分が多くなる。一方、環状体のうち、C軸側に位置する部分では、主磁束におけるL方向の成分が多くなる。

[0011] <3>上記<2>に係る積層コアでは、前記第1接着層は、前記環状体の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に配置された第1接着部を含み、前記第1区間では、前記C軸側領域における前記第1接着部の面積が、前記L軸側領域における前記第1接着部の面積よりも小さい構成を採用してもよい。

[0012] 第1接着部は、環状体の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に配置され、主に周方向に延びる。そのため、第1接着部は、C軸側領域におい

て、C方向よりもL方向に近い（傾斜が緩い）方向に延び、L軸側領域において、L方向よりもC方向に近い（傾斜が緩い）方向に延びる。よって、第1接着部については、L軸側領域に配置される部分が多いほど、C方向に近い方向に延びる割合が高くなり、鉄損への影響が小さくなる。

そこでこの積層コアにおいて、第1区間では、C軸側領域における第1接着部の面積が、L軸側領域における第1接着部の面積よりも小さい。したがって、第1接着部が、鉄損に与える影響を小さく抑えることができる。

[0013] <4>上記<3>に係る積層コアでは、前記第1接着部は、前記環状体の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に沿って帯状に延び、前記第1区間では、前記第1接着部の幅が、前記周方向の位置によらず同等である、または、前記周方向に沿って前記L軸から前記C軸に向かうに従い小さくなる構成を採用してもよい。

[0014] <5>上記<4>に係る積層コアでは、前記第1区間では、前記第1接着部の幅が、前記周方向に沿って前記L軸から前記C軸に向かうに従い小さくなる構成を採用してもよい。

[0015] 第1区間では、第1接着部の幅が、周方向の位置によらず同等である、または、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い小さくなる。なお、第1接着部の幅が、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い小さくなるのが好ましい。以上により、前述の作用効果が顕著に奏功される。

[0016] <6>上記<1>から<5>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記電磁鋼板は、前記環状体から前記環状体の径方向の内側に突出するとともに前記環状体の周方向に間隔をあけて配置された複数のティースを更に含み、前記第1部分は、前記ティースのうち前記L軸側領域に位置する部分を含み、前記第2部分は、前記ティースのうち前記C軸側領域に位置する部分を含む構成を採用してもよい。

なおこのように、電磁鋼板が、環状体だけでなくティースも備える場合、第1接着層は、電磁鋼板のうち、環状体同士だけでなくティース同士も接着し、第1区間は、環状体だけでなくティースにも規定され、第1部分、第2

部分それぞれは、環状体の一部または全部だけでなく、ティースの一部または全部も含む。

[0017] ティースを含む積層コアにおいて、主磁束は、ティースでは径方向に主に発生する。そして、ティースで発生する主磁束と、L方向やC方向との相対的な関係は、その主磁束が発生するティースの周方向の位置で異なる。例えば、複数のティースのうち、L軸側に位置するティースでは、主磁束のうちのL方向の成分が多くなる。一方、複数のティースのうち、C軸側に位置するティースでは、主磁束のうちのC方向の成分が多くなる。

[0018] <7>上記<6>に係る積層コアでは、前記第1接着層は、前記ティースの周縁に配置された第2接着部を含み、前記第1区間では、前記C軸側領域における前記第2接着部の面積が、前記L軸側領域における前記第2接着部の面積よりも大きい構成を採用してもよい。

[0019] 第2接着部は、ティースの周縁に配置され、主に径方向に延びる。そのため、第2接着部は、C軸側領域において、L方向よりもC方向に近い（傾斜が緩い）方向に延び、L軸側領域において、C方向よりもL方向に近い（傾斜が緩い）方向に延びる。よって、第2接着部については、C軸側領域に配置される部分が多いほど、C方向に近い方向に延びる割合が高くなり、鉄損への影響が小さくなる。

そこでこの積層コアにおいて、第1区間では、C軸側領域における第2接着部の面積が、L軸側領域における第2接着部の面積よりも大きい。したがって、第2接着部が、鉄損に与える影響を小さく抑えることができる。

[0020] <8>上記<7>に係る積層コアでは、前記第2接着部は、前記ティースの周縁に沿って帯状に延び、前記第1区間では、前記ティースの前記周方向の位置によらず同等である、または、前記第2接着部の幅が、前記周方向に沿って前記L軸側に位置する前記ティースから前記C軸側に位置する前記ティースほど大きくなる構成を採用してもよい。

[0021] <9>上記<8>に係る積層コアでは、前記第1区間では、前記第2接着部の幅が、前記周方向に沿って前記L軸側に位置する前記ティースよりも前

記C軸側に位置する前記ティースほど大きくなる構成を採用してもよい。

[0022] 第1区間では、第2接着部の幅が、ティースの周方向の位置によらず同等である、または、周方向に沿ってL軸側に位置するティースよりもC軸側に位置するティースほど大きくなる。なお、第1区間では、第2接着部の幅が、周方向に沿ってL軸側に位置するティースよりもC軸側に位置するティースほど大きくなるのが好ましい。以上により、前述の作用効果が顕著に奏功される。

[0023] <10>上記<2>から<5>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記第1区間において、前記C軸および前記L軸が前記中心軸回りになす中心角を半分に分ける方向に延びる仮想軸を基準軸としたとき、前記C軸側領域および前記L軸側領域は、前記基準軸を基準として前記周方向に対称の関係である構成を採用してもよい。

[0024] C軸側領域およびL軸側領域が、基準軸を基準として周方向に対称の関係である。したがって、前述の作用効果が顕著に奏功される。

[0025] <11>上記<2>から<10>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記第1接着層は、帯状の接着部を含み、前記L軸側領域では、前記周方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計が、前記環状体の径方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計よりも大きく、前記C軸側領域では、前記周方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計が、前記径方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計よりも小さい構成を採用してもよい。

[0026] <13>上記<1>から<11>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記複数の接着層の全てが前記第1接着層である構成を採用してもよい。

[0027] 複数の接着層の全てが、前記第1区間を備える第1接着層である場合、言い換えると、複数の接着層の全てが、第1接着層であるという条件を満たしている場合には、例えば、複数の接着層のうちの一部が、第1接着層であるという条件を満たしていない場合などに比べて、前述の作用効果が顕著に奏功される。

- [0028] <14>上記<1>から<12>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記複数の区間の全てが前記第1区間である構成を採用してもよい。
- [0029] 第1接着層における前記複数の区間の全てが前記第1区間である場合、言い換えると、複数の区間の全てが、第1区間であるという条件を満たしている場合には、例えば、複数の区間のうちの一部が、第1区間であるという条件を満たしていない場合に比べて、前述の作用効果が顕著に奏功される。
- [0030] <14>上記<1>から<13>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記電磁鋼板は、無方向性電磁鋼板である構成を採用してもよい。
- [0031] <15>上記<1>から<13>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記電磁鋼板は、方向性電磁鋼板である構成を採用してもよい。
- [0032] <16>上記<1>から<15>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記磁化容易方向は、1つの前記電磁鋼板に1方向のみ存在し、前記L軸および前記C軸は、互いに直交する構成を採用してもよい。
- [0033] <17>上記<1>から<15>のいずれか1項に係る積層コアでは、前記磁化容易方向は、1つの前記電磁鋼板に2方向以上存在し、前記L軸は、2方向以上の前記磁化容易方向それぞれに延びて前記中心軸上で互いに交差し、前記C軸は、前記周方向に隣り合う前記L軸が前記中心軸回りになす中心角を半分に分ける方向に延びる構成を採用してもよい。
- [0034] <18>本開示の一態様に係る回転電機は、上記<1>から<17>のいずれか1項に係る積層コアを備える。

発明の効果

- [0035] 本開示によれば、積層固定する保持力を維持したまま、損失の増加を抑えることができる。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]本開示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]図1に示す回転電機が備えるステータの側面図である。
- [図4]図1に示す回転電機が備えるステータの電磁鋼板および接着層の平面図

である。

[図5]電磁鋼板および接着層の平面図であって、L軸およびC軸によって区画される1つの区間の拡大図である。

[図6]ロールマークを説明するための写真であって、一般的な電磁鋼板を示す写真である。

[図7]図7に示す写真の一部を拡大した写真である。

[図8]図1に示す回転電機が備えるステータを製造する製造装置の一例を示す側面図である。

[図9]図1に示す回転電機が備えるステータの第1変形例に係る平面図であって、図5に示す拡大図に相当する図である。

[図10]図1に示す回転電機が備えるステータの第2変形例に係る平面図であって、図4に示す拡大図に相当する図である。

[図11]図1に示す回転電機が備えるステータの第2変形例に係る平面図であって、図5に示す拡大図に相当する図である。

[図12]回し積みを説明するための写真であって、一般的な積層コアを示す写真である。

[図13]第1の検証試験にてL方向に磁束が発生した場合における接着面積率と鉄損との関係を示すグラフである。

[図14]第1の検証試験にてC方向に磁束が発生した場合における接着面積率と鉄損との関係を示すグラフである。

[図15]第2の検証試験にて鉄損のシミュレーション対象としたステータの電磁鋼板の平面図であって、図5に示す拡大図に相当する図である。

[図16]第2の検証試験の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、図面を参照し、本開示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、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。

[0038] 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、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。なおこの回転電機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。

[0039] 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、筒状（円筒状）のコアバック22（環状体）と、複数のティース23と、を備える。以下では、ステータコア21（コアバック22）の軸方向（ステータコア21の中心軸線O方向）を単に軸方向といい、ステータコア21（コアバック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）を単に径方向といい、ステータコア21（コアバック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）を単に周方向という。

[0040] コアバック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である。

複数のティース23は、コアバック22から径方向の内側に向けて（径方向に沿ってコアバック22の中心軸線Oに向けて）突出する。複数のティース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23が設けられている。複数のティース23は、互いに同等の形状で、かつ同等の大きさ

である。

前記巻線は、ティース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。

[0041] 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筒状（円筒状）である。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と一緒に回転するように、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つの磁極として機能する。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。

[0042] 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。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等により、実現することができる。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。

[0043] 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23の先端部に内接する仮想円の直径である。

[0044] 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、JISC 2552:2014の無方向性電磁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、JISC 2553:2012の方向性電磁鋼帯を採用することができる。さらに、電磁鋼板40として、無方向性電磁鋼板に代えてFe系非晶質合金を採用することも可能である。Fe系非晶質合金としては、例えば、JISC 2534:2017の鉄基アモルファス帯を採用することもできる。

[0045] 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。

[0046] 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、さらに好ましくは0.1 μm 以上2 μm 以下である。

[0047] 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く、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、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。

[0048] ステータコア21を形成する複数の電磁鋼板40は、接着層41によって接着されている。接着層41は、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士の間 に設けられている。接着層41は、硬化した接着剤である接着部42、43を含む。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。このような接着剤としては、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り、生産性の観点からは、常温硬化型の接着剤を使用することが望ましい。常温硬化型の接着剤は、 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ で硬化する。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。本開示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い、接着剤が硬化した後は接着層41となる。

[0049] 接着層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。接着層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、接着層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、接着層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、接着層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。

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、硬化させて接着層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、接着層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、積層コア全体としての平均値に等しくなるので、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、積層コアの上端位置にある、硬化後の接着層41を測定した数値をもってその値とすることもできる。

[0050] 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、どのような手段でも良い。

[0051] 安定して十分な接着強度を得るために、接着層41の厚さは1 μm 以上とすることが好ましい。

一方で接着層41の厚さが100 μm を超えると接着力が飽和する。また、接着層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、接着層41の厚さは1 μm 以上100 μm 以下、さらに好ましくは1 μm 以上10 μm 以下とすることが好ましい。

なお、上記において接着層41の厚さは、接着層41の平均厚みを意味する。

[0052] 接着層41の平均厚みは、1.0 μm 以上3.0 μm 以下とすることがより好ましい。接着層41の平均厚みが1.0 μm 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、接着層41の平均厚みの下限値は、1.0 μm 、より好ましくは1.2 μm とされる。逆に、接着層41の平均厚みが3.0 μm 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、接着層4

1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。

接着層41の平均厚みは、積層コア全体としての平均値である。接着層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、接着層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る。

[0053] なお、接着層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、接着層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及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。

[0054] 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51（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40が、接着層41によって互いに接着されているもよい。

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るもよい。ただし本実施形態では、ステータコア21は、回し積みされていない。そのため、ステータコア21を形成する複数の電磁鋼板40では、圧延方向が一致している。

[0055] ここで図3および図4に示すように、本開示では、ステータコア21において、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士が、接着層41によって接着されている。図示の例では、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士は、接着のみによって固定されていて、他の手段（例えば、かしめ等）によっては固定されていない。ただし、他の手段で固定した上で、接着層41で接着しても良い。

[0056] 図4～図5（後述する図9、図10、図11、図15も同様）に示すように、本実施形態では、積層方向に隣り合う電磁鋼板40同士は、接着層41によって接着されている。なお本実施形態では、電磁鋼板40同士の間に設

けられた全ての接着層41の平面視形状は同一である。接着層41の平面視形状とは、接着層41が設けられた電磁鋼板40を積層方向から見た平面視における、接着層41の全体形状を意味する。電磁鋼板40同士の上に設けられた全ての接着層41の平面視形状が同一であることは、電磁鋼板40同士の上に設けられた全ての接着層41の平面視形状が完全に同一である場合だけを含むものではなく、実質的に同一の場合を含む。前記実質的に同一の場合は、電磁鋼板40同士の上に設けられた全ての接着層41の平面視形状が90%以上の部分で共通している場合である。

[0057] 各接着層41は、第1接着部42と、第2接着部43と、を含む。第1接着部42は、コアバック22の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に配置されている。第1接着部42は、コアバック22の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に沿って帯状に延びている。第2接着部43は、ティース23の周縁に配置されている。第2接着部43は、ティース23の周縁に沿って帯状に延びている。

[0058] ここで帯状とは、帯の幅が途中で変化する形状や、帯の途中位置が分断されている形状も含む。例えば、個々の部分は丸形状や四角形状などの所定の形状を有しているが、これらが分断されることなく一方向に連続する形状や、隣接する2つの個々の部分同士は離間しているもののその離間距離が比較的僅かであり全体として（上記の個々の部分の集合として）みると帯状である形状も、一方向に延びる帯状に含まれる。帯状の接着部42、43では、例えば、接着部42、43のアスペクト比（長短辺比）が5倍以上である（長辺が短辺に比べて5倍以上の長さである）。また、接着部42、43が周縁に沿っていることは、接着部42、43が一方向に連続する形状を前提としていない。例えば、複数の接着部42、43が、一方向に間欠的に配置されている場合も含まれる。ただしこの場合、一方向に隣り合う一对の接着部42、43同士の間隔（一方向の長さ）が、一对の接着部42、43それぞれの大きさ（一方向の長さ）も大きくなっていることが好ましい。このような帯状の接着部42、43では、前記一方向が長手方向となる。帯状の接着

部42、43の長手方向とは、例えば、アスペクト比が5倍以上である接着部42、43の長辺が延びる方向である。

また、接着部42、43が周縁に沿っていることには、接着部42、43が周縁から隙間なく設けられている場合だけでなく、接着部42、43が、電磁鋼板40の周縁に対して隙間をあけて設けられている場合も含まれる。なおこの場合、接着部42、43が周縁に沿っていることは、対象とする周縁に対して接着部42、43が実質的に平行に延びていることを意味する。言い換えると、接着部42、43が周縁に沿っていることには、接着部42、43が周縁に対して完全に平行な場合だけでなく、接着部42、43が周縁に対して例えば5度以内の傾斜を有している場合も含まれる。また、接着部42、43が周縁に沿っていることには、接着部42、43が、電磁鋼板40の周縁に対して、一定の幅を超えた隙間をあけて設けられている場合は含まれない。具体的には、接着部42、43が、電磁鋼板40の周縁から、電磁鋼板40の板厚に相当する大きさの3倍の幅を超えない範囲に設けられている。接着部42、43と電磁鋼板40の周縁との間の距離（幅）は、電磁鋼板40の板厚以下とすることが好ましく、板厚の3倍以下であれば良い。なお前記距離が0の場合は、接着部42、43が電磁鋼板40の周縁に隙間なく設けられている場合となる。

[0059] 本実施形態では、図4～図5に示すように、第1接着部42は、コアバック22の内周縁に配置された内側接着部42aと、コアバック22の外周縁に配置された外側接着部42bと、の両方を含む。内側接着部42aおよび外側接着部42bはそれぞれ、周方向に延びている。内側接着部42aおよび外側接着部42bは、周方向に同等の位置に配置されている。内側接着部42aは、外側接着部42bに対して径方向の内側に配置されている。内側接着部42aは、周方向に間欠的に延びている。外側接着部42bは、周方向に連続的に延びている。

[0060] 内側接着部42aは、コアバック22の内周縁においてティース23が配置されていない部分に配置されている。内側接着部42aは、周方向に間隔

をあけて配置された部分接着部42cを備えている。部分接着部42cは、コアバック22の内周縁において周方向に隣り合うティース23同士の間位置している。部分接着部42cは、コアバック22の内周縁における前記ティース23同士の間の全長にわたって延びている。

なお図5に示すように、内側接着部42aの幅は、外側接着部42bの幅よりも狭くても良い。コアバック22では、外周縁よりも内周縁で磁束が発生し易く、その内周縁において接着部の幅（面積）を小さくすることで、鉄損が低減される。

[0061] 第2接着部43は、周方向に間欠的に配置されている。第2接着部43は、各ティース23に配置された複数のティース接着部43aを備えている。ティース接着部43aは、電磁鋼板40を積層方向から見た平面視においてU字状である。ティース接着部43aは、2つの側縁部43bと、1つの先端縁部43cと、を備えている。2つの側縁部43bは、1つのティース23における2つの側縁に設けられている。2つの側縁部43bは、周方向に間隔をあけて配置されている。各側縁部43bは、径方向に帯状に延びている。1つの先端縁部43cは、1つのティース23における先端（図示の例では、径方向の内側の端）に設けられている。各側縁部43bは、径方向に帯状に延びている。先端縁部43cは、周方向に帯状に延びている。なお先端縁部43cは、ティース23の先端に外力が加えられたときにティース23の先端の剥離を防止する。前記外力は、例えば、巻線をスロットに挿入するときにティース23に加えられるおそれがある。

[0062] 本実施形態では、第1接着部42および第2接着部43は、周方向に交互に設けられている。図示の例では、第1接着部42（内側接着部42a）の周方向の端部と、第2接着部43（側縁部43b）の周方向の端部と、が周方向に連なっている。第1接着部42および第2接着部43は、周方向に交互に全周にわたって配置されている。第1接着部42および第2接着部43は、2つずつ配置されている。第1接着部42および第2接着部43はそれぞれ、約1/4周ずつ配置されている。

[0063] ここでL軸およびC軸を規定する。L軸およびC軸は、いずれもコアバック22の中心軸（中心軸線O）に交差する仮想軸である。L軸は、磁化容易方向に延びる。なお本実施形態では、電磁鋼板は無方向性電磁鋼板であり、L軸は、圧延方向および磁化容易方向に延びる。すなわち、本実施形態では、磁化容易方向と圧延方向とが一致している。C軸は、L軸と直交（交差）する。以下、L軸が延びる方向をL方向といい、C軸が延びる方向をC方向という。

[0064] なお本実施形態では、磁化容易方向は、1つの電磁鋼板40に1方向のみ存在している。磁化容易方向は、例えば、（1）電磁鋼板40の結晶粒を確認する、または、（2）電磁鋼板40を磁気測定する、等により判別可能である。上記（1）、（2）いずれの判別方法においても、例えば、まず、ステータコア21から測定の対象とする電磁鋼板40を、例えば剥離する等して取り出す。

その後、（1）の電磁鋼板40の結晶粒を確認する方法では、例えば、反射型電子顕微鏡（EBSD）にて圧延面に平行方向について（100）逆曲点図を作成し、最も強度が高い方向を磁化容易方向とすることがある（参考文献：“EBSD読本＝OIMを使用するにあたって＝（B4.00）”，鈴木清一著、株式会社TSLソリューションズ、URL:<https://www.tsljapan.com/archives/3380>）。

一方、（2）の電磁鋼板40を磁気測定する方法では、例えば、圧延方向から所定の角度で傾けた長方形もしくは正方形の鋼板を切り出して測定試料とし、JIS C 2556：2015に規定される単板試験機による電磁鋼帯の磁気測定方法に基づいて測定する方法がある。この場合、前述の測定試料を、圧延方向に対する傾斜角度を異ならせて複数準備し、複数の測定試料の測定結果を比較することで、磁化容易方向を判別することができる。

ここで、本開示において、磁化容易方向の数を数える場合（例えば、磁化容易方向が1方向であるか2方向以上であるか）には、中心軸線O回りに180°反対の向きは、同一の方向（1方向）として数える。例えば、0°方

向と 180° 方向は同一の方向（1方向）として数える。例えば、圧延方向に対して、中心軸線O回りの一方向に $+X^\circ$ の方向と、 $+(X+180)^\circ$ の方向は、同一の方向（1方向）として数える。

[0065] また圧延方向は、図6および図7に例示するロールマーク40aによって判別可能である。図6および図7は、一般的な電磁鋼板40Zを示す写真である。ただし、ステータコア21に含まれる電磁鋼板40においても、同様のロールマーク40aが確認可能である。

ロールマーク40aは、電磁鋼板40、40Zの圧延時に、圧延用のロールによって電磁鋼板40、40Zの表面に設けられる線状の疵（きず）である。ロールマーク40aは、圧延方向に延びる筋（すじ）であるとも言える。ロールマーク40aは、人が目視により確認することができる。例えば、図6および図7に示す電磁鋼板40では、紙面に対して左右方向に延びるロールマーク40a（疵、筋）があることが確認可能である（例えば、ロールマーク40aは、図7における範囲Rにおいて視認し易い）。

なお、ステータコア21に含まれる電磁鋼板40の圧延方向を判別する際には、例えば、ステータコア21から電磁鋼板40を取り出し、その後、電磁鋼板40の表面から接着層41を除去した状態で、電磁鋼板40を観察すること等が好ましい。

[0066] 図4および図5に示すように、前述した2つの第1接着部42（図4参照）は、C軸（あるいはL軸）を対称軸として線対称である。2つの第2接着部43は、L軸を基準としてC方向に線対称である。

[0067] さらに図5に示すように、電磁鋼板40を複数の区間Sに区画する。図5に示す実施形態では4つの区間に区画している。4つの区間Sは、電磁鋼板40をL軸とC軸とによって4等分に区画した各区間Sである。この4つの区間Sのうち、C軸（あるいはL軸）を挟んで隣り合う2つの区間は、C軸（あるいはL軸）対称軸として互いに線対称である。この4つの区間Sのうち、中心軸（中心軸線O）回りに 180° 回転した位置に位置する2つの区間は、中心軸（中心軸線O）を中心として互いに点対称である。

[0068] ここで、4つの区間Sそれぞれにおいて、基準軸R、C軸側領域SCおよびL軸側領域SLを規定する。基準軸Rは、C軸およびL軸の真ん中（周方向の中心）を通る仮想線であり、本実施形態では、C軸およびL軸それぞれに対して45°ずつ傾斜して延びる仮想軸である。基準軸Rは、C軸およびL軸が中心軸線O回りになす中心角を半分に分ける方向に延びる。C軸側領域SCは、C軸に相対的に近い領域である。つまり、C軸側領域SCに属する各位置は、L軸との距離よりもC軸との距離の方が近い。換言すれば、C軸側領域SCは、基準軸RとC軸とに挟まれている領域である。L軸側領域SLは、L軸に相対的に近い領域である。つまり、L軸側領域SLに属する各位置は、C軸との距離よりもL軸との距離の方が近い。換言すれば、L軸側領域SLは、基準軸RとL軸とに挟まれている領域である。C軸側領域SCおよびL軸側領域SLは、互いに同じ面積を有する。C軸側領域SCおよびL軸側領域SLは、基準軸Rを対象軸として線対称の関係である。本実施形態では、C軸側領域SCを、中心軸線O回りにC軸からL軸に向かう所定の中心角の範囲内に位置する全領域とする。L軸側領域SLを、中心軸線O回りにL軸からC軸に向かう所定の中心角の範囲内に位置する全領域とする。本実施形態では、C軸側領域SCおよびL軸側領域SLの中心角を45°とする。C軸側領域SCは、基準軸RよりもL軸側に位置する全領域である。L軸側領域SLは、基準軸RよりもC軸側に位置する全領域である。

[0069] ところで本願発明者は、以下の（１）、（２）の知見を見出した。

（１）コアバック22を含むステータコア21において、主磁束Mは、コアバック22では周方向に主に発生する。コアバック22において、主磁束Mが発生する方向は、周方向である。そして、コアバック22で発生する主磁束Mと、L方向やC方向との相対的な関係は、その主磁束Mが発生する周方向の位置で異なる。例えば、コアバック22のうち、L軸側に位置する部分では、主磁束MにおけるC方向の成分が多くなる。一方、コアバック22のうち、C軸側に位置する部分では、主磁束MにおけるL方向の成分が多くなる。

(2) ティース 23 を含むステータコア 21 において、主磁束 M は、ティース 23 では径方向に主に発生する。ティース 23 において、主磁束 M が発生する方向は、径方向である。そして、ティース 23 で発生する主磁束 M と、L 方向や C 方向との相対的な関係は、その主磁束 M が発生するティース 23 の周方向の位置で異なる。例えば、複数のティース 23 のうち、L 軸側に位置するティース 23 では、主磁束 M のうちの L 方向の成分が多くなる。一方、複数のティース 23 のうち、C 軸側に位置するティース 23 では、主磁束 M のうちの C 方向の成分が多くなる。

[0070] そこで本願発明者は、電磁鋼板 40 のうち主磁束 M が L 方向に発生する部分を、第 1 部分 P1 と規定する。また本願発明者は、電磁鋼板 40 のうち主磁束 M が C 方向に発生する部分を、第 2 部分 P2 と規定する。例えば、電磁鋼板 40 の各部分において、主磁束 M を L 方向の成分と C 方向の成分とに分けて表した場合に、電磁鋼板 40 のうち、主磁束 M の L 方向の成分が多くなる部分を第 1 部分 P1 と規定し、主磁束 M の C 方向の成分が多くなる部分を第 2 部分 P2 と規定してもよい。

そして本願発明者は、上記知見 (1)、(2) に基づいて、第 1 部分 P1 および第 2 部分 P2 をそれぞれ、対象とする電磁鋼板 40 の各部分を通る主磁束 M の方向が相対的に L 方向に近い C 方向に近いことによって規定した。本願発明者は、具体的には第 1 部分 P1 および第 2 部分 P2 を以下のように規定する (図 5 参照)。すなわち、第 1 部分 P1 は、＜1-1＞コアバック 22 のうち C 軸側領域 SC に位置する部分 SC1 と、＜1-2＞ティース 23 のうち L 軸側領域 SL に位置する部分 SL1 と、を含む。第 2 部分 P2 は、＜2-1＞コアバック 22 のうち L 軸側領域 SL に位置する部分 SL2 と、＜2-2＞ティース 23 のうち C 軸側領域 SC に位置する部分 SC2 と、を含む。図 5 に示すように、基準軸 R が 1 つのティース 23 上を通過する場合、1 つのティース 23 が部分 SL1、SL2 の 2 つの部分に区画される。

[0071] そして本実施形態では、前述の 4 つの区間 S の全てで、第 1 部分 P1 にお

ける接着層４１の面積が、第２部分Ｐ２における接着層４１の面積よりも小さい。

ここで、第１部分Ｐ１における接着層４１は、＜１－１＞コアバック２２のうちＣ軸側領域ＳＣに位置する部分ＳＣ１に設けられた接着層４１と、＜１－２＞ティース２３のうちＬ軸側領域ＳＬに位置する部分ＳＬ１に設けられた接着層４１と、を含む。すなわち、第１部分Ｐ１における接着層４１は、＜１－１＞Ｃ軸側領域ＳＣ（部分ＳＣ１）における第１接着部４２と、＜１－２＞Ｌ軸側領域ＳＬ（部分ＳＬ１）における第２接着部４３と、を含む。

また、第２部分Ｐ２における接着層４１は、＜２－１＞コアバック２２のうちＬ軸側領域ＳＬに位置する部分ＳＬ２に設けられた接着層４１と、＜２－２＞ティース２３のうちＣ軸側領域ＳＣに位置する部分ＳＣ２に設けられた接着層４１と、を含む。すなわち、第２部分Ｐ２における接着層４１は、＜２－１＞Ｌ軸側領域ＳＬ（部分ＳＬ２）における第１接着部４２と、＜２－２＞Ｃ軸側領域ＳＣ（部分ＳＣ２）における第２接着部４３と、を含む。

なお図５に示す例では、第１部分Ｐ１、第２部分Ｐ２における電磁鋼板４０の面積、および、第１部分Ｐ１、第２部分Ｐ２における接着層４１の面積を、それぞれ、以下の表１に示すように設定することが可能である。

[0072] [表１]

		電磁鋼板 面積 [mm ²]	接着層 面積 [mm ²]	接着 面積率 [%]	接着面積率 (第１部分と第２部分) [%]
第１ 部分	SL1 (P1, ティース)	1271.8	259.1	20.4	11.7
	SC1 (P1, ヨーク)	944.4	0.0	0.0	
第２ 部分	SC2 (P2, ティース)	706.6	518.2	73.3	41.3
	SL2 (P2, ヨーク)	1225.9	279.4	22.8	

[0073] さらに表１に示すように、Ｃ軸側領域ＳＣにおける第１接着部４２の面積（部分ＳＣ１における接着層４１の面積）が、Ｌ軸側領域ＳＬにおける第１接着部４２の面積（部分ＳＬ２における接着層４１の面積）よりも小さい。

また、C軸側領域S Cにおける第2接着部4 3の面積（部分S C 2における接着層4 1の面積）が、L軸側領域S Lにおける第2接着部4 3の面積（部分S L 1における接着層4 1の面積）よりも大きい。

[0074] なお図5に示す例では、各区分SのL軸側領域、C軸側領域それぞれにおける電磁鋼板4 0の面積、および、各区分SのL軸側領域、C軸側領域それぞれにおける接着層4 1の面積を、それぞれ、以下の表2に示すように設定することも可能である。このように、各区分Sで、C軸側領域S Cにおける接着層4 1の面積と、L軸側領域S Lにおける接着層4 1の面積と、が異なっている。

[0075] [表2]

	電磁鋼板面積 [mm ²]	接着層面積 [mm ²]	接着面積率 [%]
L軸側領域	2497.7	538.5	21.6
C軸側領域	1651.0	518.2	31.4

[0076] また図示の例では、前述の4つの区分Sの全てで、第1接着部4 2の幅が、周方向の位置によらず同等である、または、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い小さくなる。本実施形態（図4～図5参照）では、第1接着部4 2を構成する複数の部分接着部4 2 cの各々、および外側接着部4 2 bの幅は、それぞれにおいて、周方向の位置によらず同等である。また、上記の複数の部分接着部4 2 cの幅は、互いに同等である。なお、他の実施形態では、複数の部分接着部4 2 cの幅は、少なくとも1つの部分接着部4 2 cにおいて他の部分接着部4 2 cと異なっても良い。

[0077] ここで接着部（例えば第1接着部4 2）の幅とは、帯状に延びる接着部において、その接着部の延在方向（長手方向）に直交する方向の大きさである。接着部の幅が、周方向の位置によらず同等であることは、接着部の幅が、周方向の位置によらず完全に同等である場合だけでなく、接着部の幅が、周方向の位置によらず実質的に同等である場合も含む。前記実質的に同等の場合は、接着部の幅が、該当する接着部における平均幅に対して10%前後の

変動がある場合である。

さらに図示の例では、前述の4つの区間Sの全てで、第2接着部43の幅が、ティース23の周方向の位置によらず同等である、または、周方向に沿ってL軸側に位置するティース23よりもC軸側に位置するティース23ほど大きくなる。なお本実施形態では、第2接着部43の幅が、ティース23の周方向の位置によらず同等である。

[0078] また、L軸側領域SLでは、周方向が長手方向となる帯状の接着部42、43の面積の合計が、径方向が長手方向となる帯状の接着部42、43の面積の合計よりも大きい。さらに、C軸側領域SCでは、周方向が長手方向となる帯状の接着部42、43の面積の合計が、径方向が長手方向となる帯状の接着部42、43の面積の合計よりも小さい。ここで、周方向が長手方向となる帯状の接着部42、43とは、例えば、内側接着部42a、外側接着部42b、先端縁部43cである。径方向が長手方向となる帯状の接着部42、43とは、例えば、側縁部43bである。周方向が長手方向となる帯状の接着部42、43には、周方向に平行に曲線状に延びる接着部42、43だけでなく、例えば、周方向に直線状に延びる接着部42、43なども含まれる。径方向が長手方向となる帯状の接着部42、43には、径方向に直線状に延びる接着部42、43だけでなく、例えば、径方向に曲線状に延びる接着部42、43なども含まれる。

[0079] なお、接着層41の面積とは、電磁鋼板40において接着部42、43が設けられた領域の面積である。この面積は、例えば、隣り合う電磁鋼板40を剥離した後の電磁鋼板40の表面を撮影し、その撮影結果を画像解析することによって求められる。

[0080] 上記ステータコア21は、例えば、図8に示す製造装置100を用いて製造される。以下、上記ステータコア21の製造方法について説明する。ただし、製造方法はこれに限られない。

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101（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していき、電磁鋼板40の下面に接着剤を塗布し、打ち抜いた電磁鋼板40を積層して昇温しながら加圧接着して各接着層41を形成する。

[0081] 製造装置100は、コイル101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接着剤塗布ステーション130と、を備えている。

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。

接着剤塗布ステーション130は、接着剤の塗布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を備える。

[0082] 製造装置100は、さらに、接着剤塗布ステーション130よりも下流位置に積層ステーション140を備える。この積層ステーション140は、加熱装置141と、外周打ち抜き雌金型142と、断熱部材143と、外周打ち抜き雄金型144と、スプリング145と、を備えている。

加熱装置141、外周打ち抜き雌金型142、断熱部材143は、電磁鋼板Pの下方に配置されている。一方、外周打ち抜き雄金型144及びスプリング145は、電磁鋼板Pの上方に配置されている。なお、符号21は、ステータコアを示している。

[0083] 以上説明の構成を有する製造装置100において、まずコイル101より電磁鋼板Pを図8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2、図3に示したコ

アバック 22 と複数のティース 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。次工程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供給される接着剤が点状に塗布される。

[0084] そして最後に、電磁鋼板 P は積層ステーション 140 へと送り出され、外周打ち抜き雄金型 144 により打ち抜かれて精度良く、積層される。この積層の際、電磁鋼板 40 はスプリング 145 により一定の加圧力を受ける。以上説明のような、打ち抜き工程、接着剤塗布工程、積層工程、を順次繰り返すことで、所定枚数の電磁鋼板 40 を積み重ねることができる。さらに、このようにして電磁鋼板 40 を積み重ねて形成された積層コアは、加熱装置 141 によって例えば温度 200℃まで加熱される。この加熱により接着剤が硬化して接着層 41 が形成される。

以上の各工程により、ステータコア 21 が完成する。

[0085] 本願発明者は、鋭意検討の結果、以下の知見を得た。すなわち、積層方向に隣り合う電磁鋼板 40 同士が、接着剤によって接着固定されたステータコア 21 において、接着剤に起因して電磁鋼板 40 に圧縮応力が印加され、この圧縮応力が電磁鋼板 40 の磁気特性の劣化（鉄損増加量など）に影響を与えることを本願発明者は新たに見出した。この影響の程度が、電磁鋼板 40 において発生する主磁束 M の方向に応じて異なる。より具体的には、主磁束 M の方向が L 方向である場合には、主磁束 M の方向が C 方向である場合に比べて、電磁鋼板 40 における接着面積率が高いほど鉄損劣化率が大きく、電磁鋼板 40 の単位面積あたりに印加されている圧縮応力が高いほど鉄損劣化率が大きい（後述する図 13、14、16 参照）。

[0086] 以上の知見に基づいて、本願発明者は、コアバック 22 を含むステータコア 21 において、電磁鋼板 40 を L 軸および C 軸によって 4 つの区間 S に区画し、その 4 つの区間 S のうちの少なくとも 1 つの区間 S において、主磁束 M が発生する方向に応じて接着層 41 の面積を異ならせることに想到した。例えば、前記 4 つの区間 S において、主磁束 M が L 方向に発生する第 1 部分

P 1における接着層4 1の面積を、主磁束MがC方向に発生する第2部分P 2における接着層4 1の面積よりも小さくすることに本願発明者は想到した。これにより、電磁鋼板4 0のうち鉄損への影響が大きい部分に接着層4 1を大きく形成することに代えて、鉄損への影響が小さい部分に接着層4 1を大きく形成することができる。よって、要求される保持力を確保したまま、損失の増加を抑えることができる。このような構成には、接着剤の収縮に伴う電磁鋼板4 0への圧縮応力の印加に着目して初めて到達すると言える。すなわち、このような構成には、接着とは異なる方向（例えば、かしめや溶接）で電磁鋼板4 0を固定する積層コアを前提としては想到し得ないと言える。

[0087] 第1接着部4 2は、コアバック2 2の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に配置され、主に周方向に延びる。そのため、第1接着部4 2は、C軸側領域S Cにおいて、C方向よりもL方向に近い（傾斜が緩い）方向に延び、L軸側領域S Lにおいて、L方向よりもC方向に近い（傾斜が緩い）方向に延びる。よって、第1接着部4 2については、L軸側領域S Lに配置される部分が多いほど、C方向に近い方向に延びる割合が高くなり、鉄損への影響が小さくなる。

そこでこのステータコア2 1において、各区間Sでは、C軸側領域S Cにおける第1接着部4 2の面積が、L軸側領域S Lにおける第1接着部4 2の面積よりも小さい。したがって、第1接着部4 2が、鉄損に与える影響を小さく抑えることができる。

[0088] 第2接着部4 3は、ティース2 3の周縁に配置され、主に径方向に延びる。そのため、第2接着部4 3は、C軸側領域S Cにおいて、L方向よりもC方向に近い（傾斜が緩い）方向に延び、L軸側領域S Lにおいて、C方向よりもL方向に近い（傾斜が緩い）方向に延びる。よって、第2接着部4 3については、C軸側領域S Cに配置される部分が多いほど、C方向に近い方向に延びる割合が高くなり、鉄損への影響が小さくなる。

そこでこのステータコア2 1において、各区間Sでは、C軸側領域S Cに

における第2接着部43の面積が、L軸側領域SLにおける第2接着部43の面積よりも大きい。したがって、第2接着部43が、鉄損に与える影響を小さく抑えることができる。

[0089] なお、本開示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、本開示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。

[0090] 例えば、図9に示す第1変形例に係るステータ20Aのように、第1接着部42の幅が、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い小さくなる構成を採用してもよい。第2接着部43の幅が、周方向に沿ってL軸側に位置するティース23よりもC軸側に位置するティース23ほど大きくなる構成を採用してもよい。ここで図9に示す第1変形例では、第1接着部42の幅が、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い、段階的に小さくなっている。ただし、第1接着部42の幅が、周方向に沿ってL軸からC軸に向かうに従い、連続的に小さくなってもよい。第2接着部43についても同様に、連続的に小さくなってもよい。

なお図9に示す拡大図では、図5に示す拡大図に対して、L軸とC軸との位置を入れ替えている。ここで図5に示す実施形態に係るステータ20では、前述したように第1接着部42の幅や第2接着部43の幅が、周方向の位置によらず一定（同等）である。

[0091] 前記実施形態では、4つの区間全てにおいて、C軸側領域SCにおける接着層41の面積と、L軸側領域SLにおける接着層41の面積と、が異なっていて、かつ、C軸側領域SCにおける第1接着部42の面積が、L軸側領域SLにおける第1接着部42の面積よりも小さく、かつ、C軸側領域SCにおける第2接着部43の面積が、L軸側領域SLにおける第2接着部43の面積よりも大きい。しかしながら、4つの区間Sの少なくとも1つが、上記条件を満たす区間Sである第1区間である他の構成を採用してもよい。例えば、4つの区間Sの1つのみが第1区間であってもよく、残りの3つの区間Sが、上記条件を満たさない区間Sであってもよい。

[0092] 前記実施形態では、平面視において、全ての接着層41の平面視形状が同一であるとしたが、全ての接着層41の平面視形状が同一でなくてもよい。

前記実施形態では、全ての接着層41が第1区間を備えているとしたが、第1区間を有する接着層41である第1接着層を少なくとも1つ備える他の形態に適宜変更することが可能である。

[0093] 接着層41が、第1接着部42および第2接着部43の両方を兼ね備えていなくてもよい。例えば、接着層41が、第1接着部42や第2接着部43の一方のみを備えていてもよい。

C軸側領域SCおよびL軸側領域SLは、上記実施形態に示した形態に限られない。各区間Sにおいて、C軸に相対的に近い領域をC軸側領域SCとし、C軸側領域SCと同じ面積を有し、かつL軸に相対的に近い領域をL軸側領域SLとした他の形態に適宜変更することができる。

[0094] ステータコア21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21の外径および内径の寸法、積厚、スロット数、ティース23の周方向と径方向の寸法比率、ティース23とコアバック22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。

[0095] 前記実施形態におけるロータ30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、本開示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。

[0096] 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、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が、本開示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

たが、本開示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、本開示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、本開示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。

[0097] 前記実施形態では、本開示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が、ロータコアに適用することも可能である。

[0098] なおL軸が延びる方向（L方向）は、前述したように磁化容易方向である。ここで、磁化容易方向と圧延方向との関係は、例えば、電磁鋼板の種類によって適宜設定される。例えば、磁化容易方向が圧延方向と一致していてもよく、一致していなくてもよい。L軸が延びる方向（磁化容易方向）に磁束が発生した場合には、C軸が延びる方向に磁束が発生した場合に比べて、鉄損増加量が小さくなる。ただし、L軸が延びる方向に弾性圧縮応力が印加された場合には、C軸が延びる方向に弾性圧縮応力が印加された場合に比べて、鉄損増加量は大きくなる。また、L軸が延びる方向に塑性歪みが印加された場合も、C軸が延びる方向に塑性歪みが印加された場合に比べて、鉄損増加量が大きくなる。

[0099] また本実施形態では、電磁鋼板40を4つの区間Sに区画したが、本開示はこれに限られない。例えば、図10および図11に示す第2変形例に係るステータ20Cのように、電磁鋼板40を8つの区間Sに区画したりすることも可能である。第2変形例に係るステータ20Cでは、磁化容易方向が、1つの電磁鋼板40に2方向以上存在している。2方向の磁化容易方向は、互いに直交している。このような電磁鋼板40において、L軸は、2方向の磁化容易方向それぞれに延びて中心軸線O上で互いに直交している。L軸（磁化容易方向）は、中心軸線O回りに等間隔に90度おきに配置されている。C軸は、周方向に隣り合うL軸が中心軸線O回りになす中心角（90度）

を半分に分ける方向（45度方向）に延びている。なお、本変形例では、L軸（磁化容易方向）は圧延方向とは一致しなくとも良い。L軸（磁化容易方向）の延びる方向は、圧延方向に対して45°方向、135°方向であっても良い。また、C軸の延びる方向は、圧延方向と一致してもよく、圧延方向に対して直角である方向と一致しても良い。

なお、磁化容易方向が1つの電磁鋼板40に2方向存在しているか否かは、例えば、以下のように判別可能である。すなわち、前述の磁化容易方向の判別方向により、例えば、電磁鋼板40を圧延方向に対して、複数の角度を持つように正方形もしくは長方形の測定試料を切り出す。その切り出した試料を、前記している単板試験機による電磁鋼帯の磁気測定方法により磁気測定を行うことで、磁化容易方向の存在を確認できる。

[0100] また上記実施形態では、ステータコア21は、回し積みされていないとしたが、回し積みされていてもよい。ステータコア21が回し積みされているか否かは、例えば、ステータコア21の外観を確認することで判別可能である。

図12は、回し積みの判別について説明するための写真である。この写真には、一般的なステータ20Zが示されている。このステータ20Zは、電磁鋼板40が所定の枚数おきに回し積みされている。このステータ20Zでは、ステータ20Zが、第1積層体A1～第6積層体A6までの6つの積層体A1～A6を含む。各積層体A1～A6は、電磁鋼板40が積層されてなる。ステータ20Zは、6つの積層体A1～A6が積層されて構成されている。

同一の積層体A1～A6を形成する電磁鋼板40の向きは共通している。そのため、同一の積層体A1～A6を形成する電磁鋼板40は、平面視において、L軸およびC軸が重なる。結果として、各積層体A1～A6の内部に配置されている接着層41は、その接着層41が接着する2つの電磁鋼板40の両方に対して、第1接着層として機能し、例えば、前述した本開示における接着面積率の関係を満たす。

一方、積層方向に隣り合う積層体 A 1 ～ A 6 間では、電磁鋼板 4 0 の向きが異なっている。そのため、積層方向に隣り合う積層体 A 1 ～ A 6 を形成する電磁鋼板 4 0 は、平面視において、L 軸および C 軸が重ならないことがある。結果として、各積層体 A 1 ～ A 6 の境界に位置している接着層 4 1 については、どちらか一方の積層体 A 1 ～ A 6 の電磁鋼板 4 0 に対してのみ、第 1 接着層として機能し、例えば、前述した本開示における接着面積率の関係を満たすことがある。

図 1 2 に示すように、各積層体 A 1 ～ A 6 の外周面の光沢は、人により視認可能な程度、各積層体 A 1 ～ A 6 の境界において変化している。そのため、ステータ 2 0 Z の外周面を視認することで、そのステータ 2 0 Z が積層体 A 1 ～ A 6 を含むか否か（すなわち、回し積みされているか否か）を判別することが可能である。

[0101] その他、本開示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。

[0102] 次に、上記した作用効果を検証する検証試験を実施した。

[0103] （第 1 の検証試験）

本検証試験では、複数の試験片を準備した。各試験片は、同一材質の無方向性電磁鋼板である。各試験片は、一辺 1 0 0 m m の正形状である。試験片がなす正形状のうち、第 1 の辺は、磁化容易方向（圧延方向）である L 方向に平行であり、第 2 の辺は、圧延方向に直交する方向である C 方向に平行である。

また、これらの試験片に全面にわたって間欠的に接着剤を点状に塗布した。複数の点状の接着剤は、互いに同等の形状、同等の大きさであり、かつ、互いに同間隔をあけて配置した。そして、複数の試験片ごとに、接着剤の大きさや間隔を異ならせ、試験片の表面上における接着剤の専有面積率（すなわち、接着面積率）を異ならせた。

さらに、接着剤が塗布されていない試験片も準備した。この試験片は、鉄

損の基準となる試験片である。

[0104] 上記複数の試験片それぞれにおいて、(1) 磁束がL方向である場合の鉄損、および、(2) 磁束がC方向である場合の鉄損をそれぞれ、測定した。

(1)、(2) それぞれの場合において、接着面積率と鉄損との関係を示したグラフをそれぞれ図13および図14に示す。これらのグラフにおいて、横軸は接着面積率(%)であり、縦軸は $W15/50$ 変化率(%)である。縦軸の値が高いほど、鉄損が大きい。なお、 $W15/50$ とは、磁束密度の最大値が1.5Tで、かつ、50Hzで交番する変動磁束が発生した場合における鉄損である。

[0105] これらのグラフから、(2) 磁束がC方向である場合(図14)の方が、(1) 磁束がL方向である場合(図13)に比べて、特に接着面積率が高いほど、鉄損が低く(半分程度に)抑えられていることが確認された。

[0106] (第2の検証試験)

本検証試験は、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。

[0107] 本検証試験では、前提を以下のように設定した。

- ・ 12極、18スロット、集中巻、IPMモータ
- ・ ステータコア外径： $\phi 260\text{ mm}$ 、ロータコア外径： $\phi 164\text{ mm}$
- ・ 供試材：35A300
- ・ 回転数、トルク：1000rpm、28.9Nm/m

[0108] 以上の前提において、実施例、比較例となるステータコアをそれぞれ1つずつ設計した。実施例のステータコアでは、接着層の平面視形状が、図4および図5に示す形状となっている。一方、比較例のステータコアでは、接着層の平面視形状が、図4および図5に示す平面視形状に対して、L軸とC軸との位置を入れ替えた形状となっている。すなわち、図15に示すステータ20Bのように、前述の4つの区間SそれぞれにおけるC軸側領域SCとL軸側領域SLとで、接着層41の平面視形状が入れ替わった形状となってい

る。

[0109] これらの実施例、比較例についての鉄損についてシミュレーションを実施した。結果を図16に示す。図16において、縦軸はステータ鉄損劣化比を示している。劣化比1は、接着層がない場合であり、劣化比の値が大きくなるほど、鉄損が大きくなることを表している。

[0110] 上記グラフから、実施例の鉄損が比較例の鉄損よりも抑えられていることが確認された。

[0111] その他、本開示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。

符号の説明

- [0112] 10 回転電機
23 ティース
40 電磁鋼板
41 接着層
42 第1接着部
43 第2接着部
P1 第1部分
P2 第2部分
R 基準軸
S 区間
SC C軸側領域
SL L軸側領域

請求の範囲

- [請求項1] 積層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配置された複数の接着層と、を備え、
前記電磁鋼板は、環状体を含み、
前記複数の接着層のうちの少なくとも1つの接着層は、第1接着層であり、
前記第1接着層を前記積層方向に挟む2つの前記電磁鋼板のうちの一方の電磁鋼板において、前記環状体の中心軸に交差し磁化容易方向に延びる仮想軸をL軸、前記中心軸に交差し前記L軸と交差する仮想軸をC軸とし、かつ、前記電磁鋼板を前記L軸と前記C軸とによって前記環状体の周方向に複数の区間に区画したとき、
前記複数の区間のうちの少なくとも1つの区間は、第1区間であり、
前記第1区間では、前記電磁鋼板のうち主磁束が前記L軸方向に発生する第1部分における前記第1接着層の面積が、前記電磁鋼板のうち主磁束が前記C軸方向に発生する第2部分における前記第1接着層の面積よりも小さい、積層コア。
- [請求項2] 前記第1区間において、前記C軸に相対的に近い領域をC軸側領域とし、かつ前記L軸に相対的に近い領域をL軸側領域としたとき、
前記第1部分は、前記環状体のうち前記C軸側領域に位置する部分を含み、
前記第2部分は、前記環状体のうち前記L軸側領域に位置する部分を含む、請求項1に記載の積層コア。
- [請求項3] 前記第1接着層は、前記環状体の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に配置された第1接着部を含み、
前記第1区間では、前記C軸側領域における前記第1接着部の面積が、前記L軸側領域における前記第1接着部の面積よりも小さい、請

求項 2 に記載の積層コア。

[請求項4] 前記第 1 接着部は、前記環状体の内周縁および外周縁のうちの少なくとも一方に沿って帯状に延び、

前記第 1 区間では、前記第 1 接着部の幅が、前記周方向の位置によらず同等である、または、前記周方向に沿って前記 L 軸から前記 C 軸に向かうに従い小さくなる、請求項 3 に記載の積層コア。

[請求項5] 前記第 1 区間では、前記第 1 接着部の幅が、前記周方向に沿って前記 L 軸から前記 C 軸に向かうに従い小さくなる、請求項 4 に記載の積層コア。

[請求項6] 前記電磁鋼板は、前記環状体から前記環状体の径方向の内側に突出するとともに前記環状体の周方向に間隔をあけて配置された複数のティースを更に含み、

前記第 1 部分は、前記ティースのうち前記 L 軸側領域に位置する部分を含み、

前記第 2 部分は、前記ティースのうち前記 C 軸側領域に位置する部分を含む、請求項 2 から 5 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項7] 前記第 1 接着層は、前記ティースの周縁に配置された第 2 接着部を含み、

前記第 1 区間では、前記 C 軸側領域における前記第 2 接着部の面積が、前記 L 軸側領域における前記第 2 接着部の面積よりも大きい、請求項 6 に記載の積層コア。

[請求項8] 前記第 2 接着部は、前記ティースの周縁に沿って帯状に延び、

前記第 1 区間では、前記第 2 接着部の幅が、前記ティースの前記周方向の位置によらず同等である、または、前記周方向に沿って前記 L 軸側に位置する前記ティースよりも前記 C 軸側に位置する前記ティースほど大きくなる、請求項 7 に記載の積層コア。

[請求項9] 前記第 1 区間では、前記第 2 接着部の幅が、前記周方向に沿って前記 L 軸側に位置する前記ティースよりも前記 C 軸側に位置する前記テ

ィースほど大きくなる、請求項 8 に記載の積層コア。

[請求項10] 前記第 1 区間において、前記 C 軸および前記 L 軸が前記中心軸回りになす中心角を半分に分ける方向に延びる仮想軸を基準軸としたとき、

前記 C 軸側領域および前記 L 軸側領域は、前記基準軸を基準として前記周方向に対称の関係である、請求項 2 から 9 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項11] 前記第 1 接着層は、帯状の接着部を含み、

前記 L 軸側領域では、前記周方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計が、前記環状体の径方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計よりも大きく、

前記 C 軸側領域では、前記周方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計が、前記径方向が長手方向となる前記帯状の接着部の面積の合計よりも小さい、請求項 2 から 10 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項12] 前記複数の接着層の全てが前記第 1 接着層である、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項13] 前記複数の区間の全てが前記第 1 区間である、請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項14] 前記電磁鋼板は、無方向性電磁鋼板である、請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項15] 前記電磁鋼板は、方向性電磁鋼板である、請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項16] 前記磁化容易方向は、1 つの前記電磁鋼板に 1 方向のみ存在し、前記 L 軸および前記 C 軸は、互いに直交する、請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の積層コア。

[請求項17] 前記磁化容易方向は、1 つの前記電磁鋼板に 2 方向以上存在し、前記 L 軸は、2 方向以上の前記磁化容易方向それぞれに延びて前記

中心軸上で互いに交差し、

前記C軸は、前記周方向に隣り合う前記L軸が前記中心軸回りになす中心角を半分に分ける方向に延びる、請求項1から15のいずれか1項に記載の積層コア。

[請求項18] 請求項1から17のいずれか1項に記載の積層コアを備える回転電機。