明　細　書

発明の名称 ： 積層コア、回転電機、加圧治具、および積層コアの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、積層コア、回転電機、加圧治具、および積層コアの製造方法に関する。

本願は、２０２４年４月１０日に、日本に出願された特願２０２４－０６３５６０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] 自動車の電動化が進む中、航続距離を延ばすために更なるモータの高効率化が望まれている。高効率化の手段の一つとしてコアに使用する電磁鋼板の板厚を薄くする方法が検討されている。電磁鋼板の薄手化が進むとカシメによる積層固定が困難となるなどのため、接着部材を用いた積層固定法が採用されつつある。

例えば、特許文献１には、積層方向に隣り合う電磁鋼板同士を接着部によって接着する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０２０／１２９９２８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 電磁鋼板を接着固定する場合、接着剤の凝固収縮により電磁鋼板に圧縮応力が付与されるため、電磁鋼板の鉄損などの磁気特性が劣化する可能性がある。このため、接着による圧縮応力の影響を小さくできれば、その分、モータ特性の劣化を抑制することができる。接着の主な目的は、積層した電磁鋼板を固定することにあるので、全体として必要な接着強さ（固定力）が得られれば電磁鋼板表面の全面を接着させる必要はない。よって、積層状態が保

てるのであれば電磁鋼板表面のモータ特性への影響が小さい領域を選択して部分的に接着固定することで、接着による圧縮応力がモータ特性に及ぼす影響を抑制することができると考えられる。

[0005] 一方で、モータなどの回転電機の運転時において、回転電機のステータなどのコアを構成する各電磁鋼板には平面視において磁束が主に流れる領域（第２領域）と、この領域よりも磁束が流れない領域（第１領域）が存在する。つまり、第１領域は、第２領域より磁束がもともと流れないので、回転電機の特性に対する接着剤の凝固収縮による影響は第２領域よりも軽微と考えられる。よって、第１領域を相対的に強く接着することで固定力を高めつつ、これによる不足を第２領域において相対的に弱く接着することにより補うようにすれば、全体として必要な固定力を得つつ、接着剤の凝固収縮による回転電機の特性の劣化を抑制できると考えた。

[0006] 本開示は、上述の問題点に鑑みてなされたもので、必要な固定力を確保しながらも、接着による磁気特性の劣化が抑制された積層コア、回転電機、加圧治具、および積層コアの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] ＜１＞本開示の一実施形態に係る積層コアは、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に設けられ、前記電磁鋼板同士をそれぞれ接着する接着部と、を備え、前記接着部は、前記電磁鋼板の第１領域に設けられた第１接着部と、前記第１領域とは異なる第２領域に設けられた第２接着部と、を有し、前記第１接着部が設けられた前記第１領域に残留している圧縮応力は、前記第２接着部が設けられた前記第２領域に残留している圧縮応力よりも大きい。

＜２＞上記＜１＞に記載の積層コアは、前記第１接着部の接着強さは、前記第２接着部の接着強さよりも大きくてもよい。

＜３＞上記＜１＞または＜２＞に記載の積層コアは、前記積層コアは、ステータコアであり、前記第１接着部は、前記ステータコアのコアバック部の外周側に、環状に設けられてもよい。

＜４＞上記＜１＞から＜３＞のいずれか一項に記載の積層コアは、前記第１接着部は、前記電磁鋼板の外周縁から前記電磁鋼板の半径の０％以上、１６％以内であってもよい。

＜５＞上記＜１＞から＜４＞のいずれか一項に記載の積層コアは、前記第１接着部による前記電磁鋼板の接着面積率が９％以上、６０％以下であってもよい。

＜６＞本開示の一実施形態に係る回転電機は、上記＜１＞から＜５＞のいずれか一項に記載の積層コアであるステータまたはロータコアを備える。

＜７＞本開示の一実施形態に係る加圧治具は、第１接着部と第２接着部とを有する積層コアの製造に用いられる加圧治具であって、前記第１接着部と前記第２接着部を押圧する押圧面を備え、前記押圧面は、前記第１接着部に対応する第１押圧部の方が、前記第２接着部に対応する第２押圧部よりも突出している。

＜８＞本開示の一実施形態に係る積層コアの製造方法は、上記＜１＞から＜５＞のいずれか一項に記載の積層コアの製造方法であって、前記積層コアの磁気特性への影響の分析結果に基づいて、前記積層コアを構成する電磁鋼板上に第１接着部を設けた場合の前記磁気特性への寄与が相対的に小さい領域を特定する特定ステップと、前記特定ステップで特定された前記電磁鋼板上の領域の少なくとも一部であって、前記第１接着部を設ける位置を決定する決定ステップと、を備える。

＜９＞上記＜８＞に記載の積層コアの製造方法は、前記決定ステップの決定に従って、前記積層コアを製造する製造ステップを、さらに備えてもよい。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、必要な固定力を確保しながらも、接着による磁気特性の劣化が抑制された積層コア、回転電機、加圧治具、および積層コアの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の一実施形態に係る積層コアを示す断面図である。

[図2]本開示の一実施形態に係る加圧治具を用いた使用例を示す断面図である。

[図3]本開示の一実施形態に係る積層コアの製造方法を示すフローチャートである。

[図4]電磁界解析で求めた鉄損分布を示す図である。

[図5]鉄損分布と第１接着部４１Ａ１の対応関係を示す図である。

[図6]鉄損分布と第１接着部４１Ａ２の対応関係を示す図である。

[図7]鉄損分布と第１接着部４１Ａ３の対応関係を示す図である。

[図8]鉄損分布と第１接着部４１Ａ４の対応関係を示す図である。

[図9]鉄損分布と第１接着部４１Ａ５の対応関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照し、本開示の一実施形態による積層コア、加圧治具および積層コアの製造方法について説明する。本開示に係る積層コアは、例えば、電動機（モータ）や発電機などとなる、ロータとステータとを備える回転電機に採用されてもよい。電動機は、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例えば埋込磁石型などの永久磁石界磁型電動機が挙げられる。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。

[0011] ［積層コア］

図１は、本実施形態に係る積層コア１を示す断面図である。積層コア１の積層方向を軸方向（中心軸線Ｏ方向）、積層コア１の径方向（積層コア１の中心軸線Ｏに直交する方向）を径方向、積層コア１の周方向（積層コア１の中心軸線Ｏ周りに周回する方向）を周方向という。

[0012] 図１に示すように、積層コア１は、例えばステータコア２１である。

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。

[0013] コアバック部２２は、ステータコア２１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から径方向の内側に向けて（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７．５度おきに４８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。

各ティース部２３に巻線（不図示）が巻き回されることで、ステータを構成する。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] 積層コア１は、ロータ３０を構成するロータコア３１であってもよい。ロータ３０は、ステータコア２１に対して例えば径方向の内側に配置されるロータコア３１と、ロータコア３１に設置される複数の永久磁石３２と、ロータコア３１に固定される回転軸６０と、を備えてもよい。

ロータコア３１は、ステータコア２１と同軸に配置される環状（円環状）に形成されてもよい。また、ロータコア３１において、例えば２つ１組の永久磁石３２など複数組の永久磁石３２が１つの磁極を形成してもよい。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もよい。

積層コア１がモータなどの回転電機２００に採用される場合、ロータ３０がステータ内に配置されたインナーロータ型であってもよい。また、ロータ３０がステータの外側に配置されるアウターロータ型でもよい。モータコアの極数やスロット数、相数などは適宜変更することができる。

[0015] 積層コア１は、複数の電磁鋼板１０が接着剤で接着固定された状態で積層されて形成される。積層コア１を形成する各電磁鋼板１０の厚さは、鉄損改善効果などの磁気特性改善効果や製造コスト、プレス打ち抜き作業性などを考慮して適宜決定すればよい。電磁鋼板１０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。本実施形態では、電磁鋼板１０として無方向性電磁鋼板（例えば、ＪＩＳ　Ｃ　２５５２：２０１４など）を採用しているが、方向性電磁鋼板（例えば、ＪＩＳ　Ｃ　２５５３：２０１９など）を採用しても良い。電磁鋼板１０の化学組成は特に限定さ

れない。電磁鋼板の加工性や、積層コアの鉄損などの磁気特性を改善するため、電磁鋼板１０の両面には、絶縁被膜が設けられているが、絶縁被膜の厚さ（電磁鋼板１０片面あたりの厚さ）は、互いに積層される電磁鋼板１０での絶縁性能や占積率などを考慮して適宜決定される。

[0016] また、電磁鋼板１０の接着固定に用いる接着剤の種類としては、例えば重合結合による熱硬化型の接着剤や、アクリル系接着剤常温硬化型の接着剤、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などが挙げられる。

[0017] ここで、電磁鋼板１０は、第１領域１１と第２領域１２とを有する（図１参照）。第１領域１１及び第２領域１２は、例えば代表的な１以上の運転条件で回転電機２００を運転（駆動）した時（以下、励磁時）の磁束密度の分布に基づいて定められる。第１領域１１は、励磁時において、第２領域１２よりも磁束が流れない領域（磁気抵抗が高く、磁束密度が低い領域）であり、その領域のうちの、例えば磁束密度が低い領域など、少なくとも一部の領域である。第１領域１１は、回転電機２００の構造や巻線条件などによってコア内で励磁されない、あるいは、励磁されにくい領域の少なくとも一部を含んでも良い。第２領域１２は、励磁時において、相対的に磁束が多く流れる領域（磁気抵抗が低く、磁束密度が高い領域）であり、第１領域１１ではない領域である。

[0018] 例えば、所定の閾値以下の磁束密度を有する領域から第１領域１１を定め、それ以外の領域を第２領域１２としても良い。電磁鋼板１０は、第３領域をさらに有しても良く、上述のように定めた第１領域１１以外の領域を、磁束密度の分布に基づくなどして、第２領域１２と、例えば接着部を設けない領域などの第３領域とに領域分けしても良い。

[0019] 要するに、第１領域１１は、第２領域１２に比べて、鉄損（単位体積または単位重量当たりの鉄損値）などの磁気特性値への寄与が小さい領域である。磁気特性値への寄与は、例えば、積層コア１をソフトウエア上でモデル

化し、磁気特性の分布のシミュレーションを実施することで、判定することができる。なお、熟練者などの経験上の知見に基づいて選択されてもよい。

[0020] また、既に説明した通り、積層コア１は、隣接する電磁鋼板１０同士が接着剤で接着固定されている。つまり、積層コア１は、積層方向に隣り合う電磁鋼板１０同士の間に設けられ、電磁鋼板１０同士をそれぞれ接着する接着部４１を備える。接着部４１は、上述したような接着剤が凝固（硬化）した後のものである。接着部４１は、電磁鋼板１０の表面において全面に設けられてもよく、電磁鋼板１０の表面において部分的に設けられてもよい。

[0021] 以下、接着部４１について詳細に説明する。

図１に示すように、接着部４１は、電磁鋼板１０の第１領域１１（前述）に設けられた第１接着部４１Ａと、第１接着部４１Ａと異なる領域となる第２領域１２（図１では第１接着部４１Ａ以外の領域）に設けられた第２接着部４１Ｂと、を有する。換言すれば、第１接着部４１Ａが設けられている領域が第１領域１１であり、第２接着部４１Ｂが設けられている領域が第２領域１２である。

[0022] そして、積層コア１において、第１接着部４１Ａが設けられた第１領域１１に残留している圧縮応力は、第２接着部４１Ｂが設けられた第２領域１２に残留している圧縮応力よりも高い。つまり、電磁鋼板１０には、第１領域１１と第２領域１２に対応した圧縮応力分布が生じている。このような電磁鋼板１０に残留させる圧縮応力分布は、第１接着部４１Ａおよび第２接着部４１Ｂを形成する接着剤の種類を変えることによって形成しても良い。つまり、第１接着部４１Ａを形成する第１接着剤４１Ａｇと、第２接着部４１Ｂを形成する第２接着剤４１Ｂｇは、異なる接着剤であっても良い。

あるいは、接着時に加えられる圧力の大きさに応じた接着強さを発揮するタイプの接着剤を用いることにより、同じ種類の接着剤を用いても良い。つまり、第１接着部４１Ａを形成する第１接着剤４１Ａｇと、第２接着部４１Ｂを形成する第２接着剤４１Ｂｇは、同一の接着剤であっても良い。この場合には、第１領域１１に加える接着時の圧力を、第２領域１２に加える接着

時の圧力よりも大きくするなど、上述した圧縮応力分布を接着時の圧力を変えることによって形成しても良い。

[0023] このような電磁鋼板１０における圧縮応力分布あるいは領域毎の圧縮応力の違いは例えばＸ線回折法（ＸＲＤ法など）で測定できる。Ｘ線回折法については、以下の文献に詳細が記載されている。文献〔Ｘ線応力測定法標準（２００２年版）鉄鋼編（ＪＳＭＳ　ＳＤ－５－０２：２００２）、発行社団法人日本材料学会〕

積層コア１において、その他の領域に比べて圧縮残留応力が予め定めた閾値（例えば３ＭＰや５ＭＰａなど）以上に大きくなっていれば、接着力が大きい領域（第１接着部４１Ａ）と認定することができる。この閾値は、測定誤差などの測定値のバラつく範囲よりも大きい値に設定しても良い。

[0024] 接着力が大きい領域（第１接着部４１Ａ）は、後述する加圧治具１００の凸部により加圧される。このため、その他の領域に比べて凹みが生じる可能性がある。すなわち、接着力が大きい領域は、強く加圧されることで第１接着部４１Ａが第２接着部４１Ｂよりも薄くなっている可能性がある。したがって、積層コア１の表面や断面を観察等することにより、接着力が大きい領域（第１接着部４１Ａ）を確認、認定する方法が考えられる。さらに、この方法では、部分的に加圧して接着強度を変えている領域（第１接着部４１Ａ）を確認、認定することもできる。

[0025] 例えば、接着剤のはく離接着強さ試験などの接着剤の接着強さの試験（ＪＩＳ）で、第１接着部４１Ａの接着強さが、第２接着部４１Ｂの接着強さよりも大きいことで確認する方法も考えられる。

また、剪断強度測定法により、第１接着部４１Ａや第２接着部４１Ｂの接着強さを測定してもよい。剪断強度測定法では、引張試験装置として、例えばオートグラフＡＧＳ－１０ｋＮＸ（株式会社　島津製作所）を用いる。試験条件は以下の通りである。すなわち、引張形態：せん断引張試験、引張温度：２５℃、引張速度：５０ｍｍ／ｍｉｎである。剪断強度測定は、試験片（第１接着部４１Ａや第２接着部４１Ｂ）の破断まで引張試験を行い、試験

片が複数採取できる場合は試験片毎の破断までの最大強度の平均値を剪断接着強度とする。そして、得られた剪断接着強度の値を接着面積で除した値を常温接着強度として求める。これにより、第１接着部４１Ａの接着強さが、第２接着部４１Ｂの接着強さよりも大きいことを確認することもできる。

[0026] なお、第１接着部４１Ａおよび第２接着部４１Ｂは、それぞれ、１つの接着剤の凝固部分を含んでも良いし、規則的または不規則的で互いに離間して配置された複数の接着剤の凝固部分を含んでも良い。

[0027] 電磁鋼板１０を接着固定する場合、接着剤が凝固収縮する際に電磁鋼板１０に圧縮応力が付与されるため、電磁鋼板１０の磁気特性が劣化する可能性がある。しかしながら、本実施形態に係る積層コア１では、鉄損などの磁気特性（モータ特性など回転電機２００の特性）への影響が少ない領域（第１領域１１）の接着強さ（接着力）を、磁気特性への影響が大きい領域のものよりも高めつつ、磁気特性への影響が大きい領域（第２領域１２）の接着強さを弱めるなどして当該領域に付与される圧縮応力の低減を図っている。これによって、接着剤の凝固収縮により電磁鋼板１０に付与される圧縮応力を第２領域１２において低減しつつ、第１領域１１において強く接着固定できるので、積層コア１全体として、必要な接着強さを確保しながらも、接着による磁気特性の劣化を抑制することができる。

[0028] 次に、第１接着部４１Ａおよび第２接着部４１Ｂの具体的な配置場所を説明する。

励磁時における磁束密度の分布は、ステータコア２１のコアバック部２２の外周側において、その内周側やティース部２３よりも少ない。また、コアバック部２２には励磁されにくい領域（図４では濃い半円上の領域）を含んでいる。このため、第１領域１１は、環状のコアバック部２２の外周縁１６側に位置してもよい。すなわち、第１領域１１は、当該外周縁１６から径方向で所定距離だけ内側の位置との間に位置において、例えば環状に設けられてもよい。この際、第１接着部４１Ａは、コアバック部２２の外周縁１６に沿って、１つの接着剤の凝固部分で帯状に、または、複数の接着剤の凝固部

分が線状に設けられてもよい。第１接着部４１Ａとコアバック部２２の外周縁１６との間には、第１接着部４１Ａがない領域（非接着領域）があっても良い。帯状の第１接着部の幅は一定であっても良いし、部分的に変わっていても良い。

[0029] 一方、第２領域１２は、第１領域１１以外の領域の少なくとも一部となるので、第２接着部４１Ｂは、ステータコア２１のコアバック部２２において、第１接着部４１Ａ以外の部分に設けられる。例えば、第１接着部４１Ａが前述のようにコアバック部２２の外周側に環状に設けられている場合、第２接着部４１Ｂは、第１接着部４１Ａの径方向の内側に配置される。

[0030] 図１に示す実施形態では、各電磁鋼板１０は、第１領域１１と第２領域１２との２つに領域分けされおり、接着部４１は各電磁鋼板１０の全面に設けられている。第１接着部４１Ａおよび第２接着部４１Ｂが１つの凝固部分で形成されている。また、２つの電磁鋼板１０間の少なくとも一部に一種類の接着剤が塗布された状態で、電磁鋼板１０の第１領域１１と第２領域１２に対応する領域とで、積層方向に加える圧力を変えた状態で凝固（硬化）させることにより、各電磁鋼板１０上に第１接着部４１Ａと第２接着部４１Ｂを設けている。

[0031] だたし、本実施形態に本発明は限定されない。第１領域１１と第２領域１２とに塗布される接着剤は、凝固後の接着強さが異なるような互いに異なる種類のものを用いても良い。また、接着部４１は、電磁鋼板１０間の全面に設けられていなくても良い。具体的には、第１接着部４１Ａまたは第２接着部４１Ｂの少なくとも一方が互いに離間した複数の凝固部分で構成されていても良い。あるいは、電磁鋼板１０は、接着部がない第３領域をさら有していても良い。これらの組合せであっても良い。

[0032] このように、第１接着部４１Ａが、例えば鉄損などの磁気特性への影響が小さいステータコア２１のコアバック部２２の外周側に設けられることで、磁気特性への影響が小さい第１領域１１で第１接着部４１Ａにより必要な接着強さを確保しながらも、磁気特性への影響が大きい第２領域１２の圧縮応

力が第２接着部４１Ｂにより低減されているので、全体としての磁気特性の劣化をより抑制することができる。

[0033] 第１接着部４１Ａは、電磁鋼板１０を積層方向から見た平面視において、電磁鋼板１０の外周縁１６から電磁鋼板１０の半径の０％以上、１６％以内に設けることが好ましい。これにより、第１接着部４１Ａを電磁鋼板１０の外周縁１６側に配置することができるので、鉄損劣化などの磁気特性劣化をより抑制できる。第１接着部４１Ａは、より好ましくは電磁鋼板１０の外周縁１６から電磁鋼板１０の半径の０％以上、６％以内、さらに好ましくは０％以上、３％以内に設けることである。

[0034] 電磁鋼板１０を積層方向から見た平面視において、第１接着部４１Ａによる電磁鋼板１０の接着面積率は、適切な固定力を確保するために、９％以上、６０％以下が好ましく、１０％以上、６０％以下がより好ましい。第１接着部４１Ａによる電磁鋼板１０の接着面積率は、大きすぎると磁気特性の劣化が大きくなるので、２０％以下が好ましい。つまり、接着面積率は、９％以上、２０％以下、または１０％以上、２０％以下が好ましい。なお、第１接着部４１Ａによる電磁鋼板１０の接着面積率とは、電磁鋼板１０の面積に対する、第１接着部４１Ａが設けられた領域の面積の割合である。第１接着部４１Ａが設けられた領域とは、電磁鋼板１０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る領域である。第１接着部４１Ａが設けられた領域の面積は、例えば、剥離後の電磁鋼板１０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。

[0035] なお、電磁鋼板１０同士の間に設けられた全ての接着部４１の平面視での位置は概ね同一となるように製造される。

[0036] 以上、積層コア１がステータコア２１である場合を例に説明したが、積層コア１はロータコア３１であっても良い。励磁時における電磁鋼板１０での磁束密度の分布などに基づいて、ロータコア３１を構成する電磁鋼板１０の第１領域１１と第２領域１２を決定される。例えば、第１領域１１は、回転軸６０側に設けても良く、円環状などに設けても良い。

[0037] ［回転電機］

回転電機２００は、上述の積層コア１であるステータコア２１またはロータコアを備える。本実施形態に係る回転電機２００は、上述した積層コア１であるステータコア２１またはロータコアを備えるので、必要な接着強さを確保しながらも、鉄損劣化などの磁気特性劣化をより抑制することが、性能が向上された回転電機２００を提供できる。

[0038] ［加圧治具］

上述の実施形態に係る積層コア１の製造に用いられる加圧治具１００を説明する。図２は、加圧治具１００の用いた使用例を示す概略図である。加圧治具１００は、接着に圧力付与が必要な場合、例えば、主に電磁鋼板１０に接着被膜が設けられる場合に用いられる。

[0039] 加圧治具１００は、積層コア１の製造時に、積層コア１を構成する複数の電磁鋼板１０のうちの少なくとも一部が接着剤を挟んだ状態で積み重ねられたもの（以下、コア部分Ｐ）を、接着固定のために押圧するための治具である。図２に示すように、加圧治具１００は、コア部分Ｐに接触などしながら押圧する押圧面１１１に凹凸を有する第１部材１１０を備える。そして、押圧装置の押圧部１０１で第１部材１１０を介してコア部分Ｐに圧力を加えることで、接着する。コア部分Ｐを所定の温度まで加熱した上で圧力を加えても良い。

[0040] より詳細には、第１部材１１０の押圧面１１１は、電磁鋼板１０の第１領域１１における第１接着部４１Ａを形成する領域に対応する面（領域）の方が、積層コア１の積層方向に第２接着部４１Ｂを形成する領域に対応する面（領域）よりも突出している。つまり、第１接着部４１Ａに対応する面（領域）が積層コア１の積層方向に凸形状であり、第２接着部４１Ｂに対応する面（領域）が積層コア１の積層方向に凹形状である。このように、押圧面１１１は、第１接着部４１Ａに対応する領域を相対的に強く押圧するよう構成された第１押圧部１１１Ａ（凸部）と、第２接着部４１Ｂに対応する領域を

相対的に弱く押圧するよう構成された第２押圧部１１１Ｂ（凹部）と、を有する。

[0041] 要するに、加圧治具１００は、接着時において、コア部分Ｐにおける所望の領域の加圧力が他の領域よりも高くなるように、押圧面１１１が凹凸を有している。積層コア１を積層方向から見た平面視における押圧面１１１の凹凸の形状は、積極的に加圧する領域の形状に応じて設計する。これによって、凸部（第１押圧部１１１Ａ）に対応する領域が、凹部（第２押圧部１１１Ｂ）に対応する領域よりも、押圧時の圧力が高くなる。よって、積層コア１の接着固定に用いる接着剤が、接着時に加えられる圧力の大きさに応じた接着強さを発揮するタイプのものである場合に、一度のコア部分Ｐへ圧力印加により、第１接着部４１Ａと第２接着部４１Ｂとを形成することができる。

[0042] 図２に示す実施形態では、加圧治具１００（第１部材１１０）は、所定の厚みを有する金属板に厚み方向に凹凸が形成された金型など、板状の部材に凹凸が形成された部材となっている。また、押圧部１０１により押圧されることで、第１部材１１０における第１押圧部１１１Ａは、コアバック部２２の外周側に設けられる第１領域１１（第１接着部４１Ａ）を押圧し、第２押圧部１１１Ｂは、第１領域１１以外の第２領域１２（第２接着部４１Ｂ）を押圧する。

[0043] また、押圧面１１１は、第１押圧部１１１Ａと第２押圧部１１１Ｂとを接続するテーパ部１１２を備えている。すなわち、第１押圧部１１１Ａと第２押圧部１１１Ｂとは、滑らかに接続されており、加圧力が徐々に変化するように形成されている。加圧力が徐々に変化する構成として、例えば、テーパ部１１２が、一定の割合で徐々に傾斜してもよく、二次曲線的に変化してもよい。

[0044] 図２に示す実施形態では、コア部分Ｐの上方に、第１部材１１０が、押圧面１１１を下方に向けた状態で配置される。また、コア部分Ｐの下方に固定配置した第２部材１２０の上面にコア部分Ｐを配置することによりコア部分

Ｐを下から支持した状態で、押圧装置の押圧部１０１で第１部材１１０を矢印Ｆ方向（積層方向の下方向）に押圧することで、コア部分Ｐに圧力を加えて接着固定を行う。

[0045] ただし、上述した実施形態に本発明は限定されずない。例えば、第１部材１１０が下に配置され、第２部材１２０が上に配置されても良い。また、第１部材１１０に加えて、第２部材１２０におけるコア部分Ｐの支持面にも、第１部材１１０の押圧面１１１の凹凸に合わせて凹凸が形成されていても良い。また、第１部材１１０の第１押圧部１１１Ａおよび第２押圧部１１１Ｂは、テーパ部１１２を備えていなくても良く、例えば、１段の階段状の段部で接続されていても良い。

[0046] なお、図２は、加圧治具１００の形状を分かり易くするために概略化したものであり、実際の加圧治具１００の寸法などは異なる。例えば、図２の矢視（積層コア１の側面視）では、押圧面１１１の凹凸の差Ｈ（μｍ）が設けられる。差Ｈは、電磁鋼板１０に付与したい圧縮応力を決定し、実験や計算などにより、決定した圧縮応力に応じた接着強さが得られる接着時圧力の算出と、この接着時圧力が得られる差Ｈの算出を行うことを通して決定されていても良い。

[0047] 上述した加圧治具１００によれば、押圧面１１１に形成された凹凸により、一度の加圧において、電磁鋼板１０の表面上に圧力分布を設けることができる。よって、接着固定時において、一度の圧力印加により、電磁鋼板１０の第１接着部４１Ａを形成したい領域に対して、第２接着部４１Ｂを形成したい領域よりも高い圧力を加えることができる。したがって、第１接着部４１Ａおよび第２接着部４１Ｂを効率的に形成できるので、積層コア１の製造コストを低減することができる。

[0048] ［積層コアの製造方法］

上述の実施形態に係る積層コア１の製造方法Ｓを説明する。上述の実施形態に係る積層コア１の製造方法Ｓは、図３に示すように、特定ステップＳ１と、決定ステップＳ２と、を備える。

[0049] 特定ステップＳ１は、積層コア１の鉄損などの磁気特性への影響の分析結果に基づいて、積層コア１を構成する電磁鋼板１０上に第１接着部４１Ａを設けた場合の磁気特性への寄与が相対的に小さい領域を特定する。

[0050] 決定ステップＳ２は、特定ステップＳ１で特定された電磁鋼板１０上の領域の少なくとも一部であって、第１接着部４１Ａを設ける第１領域１１を決定する。また、電磁鋼板１０における、決定した第１領域１１以外の電磁鋼板１０の領域を対象に第２領域１２を決定する。第２領域１２は、電磁鋼板１０における第１領域１１以外の領域の少なくとも一部であって良く、全部であっても良い。また、決定ステップＳ２は、第１領域１１を決定した後に第３領域を決定しても良い。第３領域は、第１領域１１および第２領域１２以外の少なくとも一部に決定される。第３領域の決定は、第２領域１２と一緒に行っても良いし、第２領域１２の決定後としても良い。

[0051] 積層コア１の製造方法Ｓは、決定ステップＳ２の決定に従って、積層コア１を製造する製造ステップＳ３を備える。

[0052] ［実施例］

電磁界解析で鉄損分布を求めた際に、どの領域が小さいかを確認した結果を図４に示す。図４において、色の濃い部分は鉄損値が小さい領域であり、色の薄い部分は鉄損値が大きい領域である。図５から図９は、鉄損分布と第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ１－４１Ａ５）の対応関係を示す。

なお、図４から図９の下部には、濃淡の凡例としてグレースケールチャートを付す。

[0053] 図５に示す第１実施例では、鉄損値が最も小さい領域を第１領域１１として選んで第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ１）を設けた。つまり、第１実施例では、鉄損値が最も小さい領域と第１接着部４１Ａ１をほぼ一致させている。第１接着部４１Ａ１は、電磁鋼板１０の外周縁１６に接する複数個所に、略半円形状を有して配置される。第１接着部４１Ａ１による電磁鋼板１０の接着面積率は約９％である。

[0054] 図６に示す第２実施例では、鉄損値が最も小さい領域に隣接する、鉄損値が小さい領域を第１領域１１として選んで第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ２）を設けた。第２実施例では、鉄損値が最も小さい領域の内側に、第１接着部４１Ａ２が配置される。第１接着部４１Ａ２は、電磁鋼板１０の外周縁１６に沿って、外周縁１６に接したり離れたりする帯形状を有する。第１接着部４１Ａ２による電磁鋼板１０の接着面積率は約１３％である。

[0055] 図７に示す第３実施例では、第１実施例で選んだ領域と第２実施例で選んだ領域の両方を第１領域１１として選んで第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ３）を設けた。第３実施例では、鉄損値が小さい領域をほぼ網羅するように、第１接着部４１Ａ３が配置される。第１接着部４１Ａ３は、外側が電磁鋼板１０の外周縁１６の大部分に接し、内側が波状にうねる形状を有する。第１接着部４１Ａ３による電磁鋼板１０の接着面積率は約２２％である。

[0056] 図８に示す第４実施例では、電磁鋼板１０の外周縁１６から半径方向の約３％以内の範囲を第１領域１１として選んで第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ４）を設けた。第４実施例では、鉄損値が最も小さい領域の一部が第１接着部４１Ａ４に含まれる。第１接着部４１Ａ４は、電磁鋼板１０の外周縁１６に沿う細い円環形状を有する。第１接着部４１Ａ４による電磁鋼板１０の接着面積率は約１０％である。

[0057] 図９に示す第５実施例では、電磁鋼板１０の外周縁１６から半径方向の約６％以内の範囲を第１領域１１として選んで第１接着部４１Ａ（第１接着部４１Ａ５）を設けた。第５実施例では、鉄損値が最も小さい領域の大部分が第１接着部４１Ａ５に含まれる。第１接着部４１Ａ５は、電磁鋼板１０の外周縁１６に沿う、第１接着部４１Ａ４よりも太い円環形状を有する。第１接着部４１Ａ５による電磁鋼板１０の接着面積率は約２０％である。

[0058] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的

思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0059] 積層コア１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。積層コア１の外径および内径の寸法、積厚など、所望の積層コア１の特性に応じて任意に設計可能である。また、ステータコア２１のスロット数、ティース部２３の周方向と径方向の寸法比率、ティース部２３とコアバック部２２との径方向の寸法比率、なども、所望の積層コア１の特性に応じて任意に設計可能である。また、上述した実施形態では積層コア１としてステータコア２１を例に説明したが、積層コア１はロータコアであっても良く、同様に本発明を適用できる。

産業上の利用可能性

[0060] 本開示によれば、必要な固定力を確保しながらも、接着による磁気特性の劣化が抑制された積層コア、回転電機、加圧治具、および積層コアの製造方法を提供することができる。よって、産業上の利用可能性は大である。

符号の説明

[0061]

１	積層コア
１０	電磁鋼板
１１	第１領域
１２	第２領域
２１	ステータコア
２２	コアバック部
２３	ティース部
３０	ロータ
３１	ロータコア
３２	永久磁石
４１	接着部
４１Ａ	第１接着部

４１Ａｇ　第１接着剤
４１Ｂ　第２接着部
４１Ｂｇ　第２接着剤
１００　加圧治具
１１０　第１部材
１１１　押圧面
１１１Ａ　第１押圧部
１１１Ｂ　第２押圧部
１２０　第２部材
２００　回転電機
Ｓ　製造方法
Ｓ１　特定ステップ
Ｓ２　決定ステップ
Ｓ３　製造ステップ

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に設けられ、前記電磁鋼板同士をそれぞれ接着する接着部と、を備え、

前記接着部は、

前記電磁鋼板の第１領域に設けられた第１接着部と、

前記第１領域とは異なる第２領域に設けられた第２接着部と、

を有し、

前記第１接着部が設けられた前記第１領域に残留している圧縮応力は、前記第２接着部が設けられた前記第２領域に残留している圧縮応力よりも大きい積層コア。

[請求項2] 前記第１接着部の接着強さは、前記第２接着部の接着強さよりも大きい請求項１に記載の積層コア。

[請求項3] 前記積層コアは、ステータコアであり、

前記第１接着部は、前記ステータコアのコアバック部の外周側に、環状に設けられている請求項１に記載の積層コア。

[請求項4] 前記第１接着部は、前記電磁鋼板の外周縁から前記電磁鋼板の半径の０％以上、１６％以内である、請求項３に記載の積層コア。

[請求項5] 前記第１接着部による前記電磁鋼板の接着面積率が９％以上、６０％以下である、請求項３に記載の積層コア。

[請求項6] 請求項１から５のいずれか１項に記載の積層コアであるステータコアまたはロータコアを備える回転電機。

[請求項7] 第１接着部と第２接着部とを有する積層コアの製造に用いられる加圧治具であって、

前記第１接着部と前記第２接着部を押圧する押圧面を備え、

前記押圧面は、前記第１接着部に対応する第１押圧部の方が、前記第２接着部に対応する第２押圧部よりも突出している加圧治具。

[請求項8] 請求項１から５のいずれか一項に記載の積層コアの製造方法であって、

前記積層コアの磁気特性への影響の分析結果に基づいて、前記積層コアを構成する電磁鋼板上に第１接着部を設けた場合の前記磁気特性への寄与が相対的に小さい領域を特定する特定ステップと、

前記特定ステップで特定された前記電磁鋼板上の領域の少なくとも一部であって、前記第１接着部を設ける位置を決定する決定ステップと、

を備える積層コアの製造方法。

[請求項9] 前記決定ステップの決定に従って、前記積層コアを製造する製造ステップを、さらに備える請求項８に記載の積層コアの製造方法。