明　細　書

発明の名称 ： ロータコア、ロータおよび回転電機、並びに加圧治具

技術分野

[0001] 本発明は、ロータコア、ロータおよび回転電機、並びに加圧治具に関する。

本願は、２０２４年４月１０日に、日本に出願された特願２０２４－０６３４３２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、モータは小型且つ高出力化が望まれている。モータの高出力化のためには、例えば高回転数化が検討される。高回転数化に伴って、モータのロータコアにより大きな遠心力が発生するため、高強度な電磁鋼板を適用するなどして耐遠心力性を高めることが必要となる。例えば、特許文献１には、永久磁石の両端部分に形成したスリットに樹脂を充填し、永久磁石とスリットの接触による応力集中の緩和により耐遠心力強度を向上させる技術が開示されている。また、特許文献２には、磁石に直接コーティングされた接着剤により、磁石とロータコアとを接着する技術が開示されている。特許文献３には、応力集中部を加工硬化で強化し、減肉部分を接着剤で埋めて加工強化および抜熱性を高め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：特開２００２－３５９９４２号公報

特許文献2：特開２００３－１９９３０３号公報

特許文献3：特開２００５－９４９４０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ロータコアを形成する電磁鋼板の強度と磁気特性とは、トレードオフの関係にある。よって、磁石を支えているブリッジ部の耐遠心力性の向上のために電磁鋼板自体の高強度化を行うと、ブリッジ部以外の部分も不必要に高強度となり、磁気特性が劣化する。このため、ブリッジ部の幅のみを広くすることで耐遠心力性を向上することも考えられるが、ブリッジ部を通って還流する磁束量の増大を許容することになる。よって、トルク向上に寄与するロータとステータ間の磁束量が減少する結果、モータの性能が劣化する。

[0005] 本開示は、上述の問題点に鑑みてなされたもので、耐遠心力性および特性向上が可能なロータコア、ロータおよび回転電機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

[0006] ＜１＞本開示の一実施形態に係るロータコアは、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を固定する固定部と、前記電磁鋼板同士の間において前記固定部とは異なる領域に部分的に設けられた、前記固定部とは固定強さが異なる第１接着部と、を備え、前記電磁鋼板は、他の部分よりも高い強度が要求される第１部分を有し、前記第１部分はブリッジ部を含み、前記第１接着部は、前記電磁鋼板における前記第１部分を覆うように設けられている。

＜２＞上記＜１＞に記載のロータコアは、各々の前記電磁鋼板は、複数の磁極をそれぞれ構成する永久磁石を設置するための１以上の貫通孔を有し、前記第１部分は、前記電磁鋼板の外周縁と前記貫通孔との間に形成された第１ブリッジ部を含んでもよい。

＜３＞上記＜１＞または＜２＞に記載のロータコアは、各々の前記電磁鋼板は、複数の磁極をそれぞれ構成する複数の永久磁石を設置するための複数の貫通孔を有し、前記第１部分は、各々の前記磁極において隣接する２つの前記貫通孔の間に形成された第２ブリッジ部を含んでもよい。

＜４＞上記＜１＞から＜３＞のいずれか一項に記載のロータコアは、前記固定部は、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第２接着部であり、前記第１接着部が設けられた前記第１部分に残留する圧縮応力は、前記第２接着部に残留する圧縮応力よりも大きくてもよい。

＜５＞上記＜４＞に記載のロータコアは、前記第２接着部は、隣接する前記電磁鋼板の間において、前記第１接着部のない残りの領域を覆うように設けられていてもよい。

＜６＞上記＜５＞に記載のロータコアは、前記固定部は、凝固すると前記第１接着部になる第１接着剤とは異なる第２接着剤が凝固した前記第２接着部であり、前記電磁鋼板同士の間に部分的に設けられていてもよい。

＜７＞上記＜１＞から＜４＞のいずれか一項に記載のロータコアは、前記固定部が、カシメ部であってもよい。

＜８＞本開示の一実施形態に係るロータは、上記＜１＞から＜７＞のいずれか１項に記載のロータコアと、前記ロータコアに設置される永久磁石と、前記ロータコアに固定される回転軸と、を備える。

＜９＞本開示の一実施形態に係る回転電機は、上記＜８＞に記載のロータと、ステータと、を備える。

＜１０＞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。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、耐遠心力性および特性向上が可能なロータコア、ロータおよび回転電機を提供する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の一実施形態に係るロータコアを示す断面図である。

[図2]図１に示すロータコアの拡大断面図である。

[図3]第２ブリッジ部の発生応力の計算結果を示す図である。

[図4]回転数と最大主応力の計算結果を示すグラフである。

[図5]第２ブリッジ部の幅と１周期の平均トルクの関係を示す図である。

[図6]回転数と最大主応力の計算結果を示すグラフである。

[図7]第１ブリッジ部の幅と最大主応力の関係を示す図である。

[図8]第１ブリッジ部の幅と１周期の平均トルクの関係を示す図である。

[図9]本開示の一実施形態に係る加圧治具を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照し、本開示の一実施形態によるロータコア、ロータおよび回転電機を説明する。本開示に係る回転電機１００は、例えば電動機（モータ）や発電機である。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。

[0010] 図１は、本実施形態に係る回転電機１００を示す断面図である。

図１に示すように、回転電機１００は、ステータ２０と、ロータ３０と、を備える。ロータ３０は、ロータコア３１と、永久磁石３２と、回転軸６０と、を備える。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。ロータ３０は、ステータ２０（ステータコア２１）に対して例えば径方向の内側などで同軸に配置される。図１に示す実施形態の回転電機１００は、ロータ３０がステータ２０の内側に配置されたインナーロータ型となっているが、ロータ３０がステータ２０の外側に配置されるアウターロータ型でもよい。

[0011] 以下では、回転軸６０の中心軸線Ｏの延びる方向（後述の積層コア１の積層方向）を軸方向、中心軸線Ｏに直交する方向（積層コア１の径方向）を径方向、中心軸線Ｏ周りに周回する方向（積層コア１の周方向）を周方向という。

[0012] より詳細には、ステータコア２１は、環状（円環状）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、ステータコア２１を軸方向から見た平面視（図１）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２０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。

[0013] 一方、ロータ３０は、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、を備える。

ロータコア３１は、環状（円環状）に形成されており、円環状の中央に回転軸６０が固定される。また、ロータコア３１において、例えば１つ、または２つ１組の永久磁石３２などの複数の永久磁石３２の組が１つの磁極を形成すると共に、複数の磁極が周方向に同等の間隔をあけて配置される。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。図１に示す実施形態では、各磁極を形成する２つの永久磁石３２は、平面視において、径方向の内側に向けて凸となるＶ字状に配置されている。

[0014] また、複数の永久磁石３２は、ロータコア３１に形成されている、ロータコア３１を軸方向に貫通する複数の貫通孔３３にそれぞれ設置されている。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。

[0015] この貫通孔３３について詳述すると、図１に示すように、各貫通孔３３は、永久磁石３２の設置領域と、フラックスバリア３４とを含んでも良い。フラックスバリア３４は、ロータコア３１を軸方向に貫通する磁気的空隙部であり、ロータ３０内で還流する永久磁石３２からの磁石磁束（以下、還流磁束ともいう）を低減したり、永久磁石３２からステータ２０へ向かう磁石磁束の流入経路を変化させたりする。図１では、フラックスバリア３４は、貫通孔３３における永久磁石３２の設置領域の両側に設けられている。これにより、永久磁石３２の磁石磁束（以下、単に磁石磁束ともいう）がステータ２０に効果的に伝達されて高いトルクが出力される。フラックスバリア３４は、磁石磁束をステータ２０に誘導するともいえる。

[0016] また、上述したロータコア３１またはステータコア２１の少なくとも一方は、それぞれ、積層された複数の電磁鋼板１０で構成される積層コア１である。積層コア１を形成する各々の電磁鋼板１０には各種の穴が形成されており、複数の電磁鋼板１０が積層されることによって各種の穴同士が軸方向で連なることにより、前述の貫通孔３３などが形成される。

[0017] なお、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される。また、積層コア１を形成する各電磁鋼板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。電磁鋼板１０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１０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。電磁鋼板の加工性や、積層コアの鉄損を改善するため、電磁鋼板１０の両面には、絶縁被膜が設けられている。絶縁被膜を構成する物質や厚さ（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。

[0018] 次に、積層コア１がロータコア３１である場合を例に本発明を詳細に説明する。

図１に示すように、ロータコア３１は、固定部１１と、第１接着部１２Ａと、を備える。

[0019] 固定部１１は、積層方向に隣り合う電磁鋼板１０同士を固定する。例えば固定部１１はカシメであっても良いし、接着剤が凝固（硬化）した接着部であっても良い。接着部は電磁鋼板１０同士を接着固定する。あるいは、これら以外の物であっても良い。固定部１１がカシメの場合は、積層コア１の周方向に沿って間隔をあけて複数のカシメが設けられても良い。固定部１１が接着部である場合、使用され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。

[0020] 第１接着部１２Ａは、接着剤が凝固（硬化）したものであり、電磁鋼板１０同士の間において固定部１１とは異なる領域に部分的に設けられる。第１接着部１２Ａを形成する接着剤の種類としては、固定部１１が接着部である場合に用いられる接着剤とは異なる種類のものであっても良い。つまり、第１接着部１２Ａを形成する第１接着剤１２Ａｇと、固定部１１を形成する第２接着剤１２Ｂｇは、異なる接着剤であっても良い。また、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、同じ種類のものであっても良い。つまり、第１接着部１２Ａを形成する第１接着剤１２Ａｇと、固定部１１を形成する第２接着剤１２Ｂｇは、同じ接着剤であっても良い。

[0021] そして、第１接着部１２Ａと、固定部１１とは固定強さが異なる。ここでいう固定強さとは、電磁鋼板１０同士を固定する強さ（固定力）であり、固定手段の種類が異なれば異なる。例えばカシメによる固定強さと、接着剤による固定強さ（接着強さ）とは異なる。接着材同士では、接着剤の種類や接着時の圧力の違いなどにより接着強さが異なれば、電磁鋼板１０に付与される圧縮応力（後述）も異なると考えられることから、固定強さは異なる。一

方で、接着強さが同じであれば固定強さは同じとなる。また、第１接着部１２Ａは接着剤が凝固（硬化）したものであるが、隣り合う電磁鋼板１０同士を接着固定していても良い。あるいは、第１接着部１２Ａは、隣り合う電磁鋼板１０同士を接着することなく凝固していても良く、この場合の固定強さは０とされても良い。

[0022] ここで、ロータコア３１を構成する電磁鋼板１０は、他の部分よりも相対的に高い強度が要求される部分（以下、第１部分１３）を有する。他の部分よりも高い強度が要求される部分とは、例えば、積層コア１の回転時には、回転数に応じた大きさの遠心力が永久磁石３２に作用することで、永久磁石３２を支持しているブリッジ部１４に大きな応力が発生するため、この応力から永久磁石３２を支える部分である。このような部分としてブリッジ部１４が挙げられる。よって、第１部分１３は、ブリッジ部１４を含んでも良い。なお、ブリッジ部１４を形成する電磁鋼板１０の厚み（板厚）は、電磁鋼板１０の他の部分と同じであり、板厚方向に対する加工硬化はなされている必要はない。

[0023] そして、第１接着部１２Ａは、電磁鋼板１０における第１部分１３を覆うように設けられている。第１接着部１２Ａは、第１部分１３において分断されることなく連続的に全体にわたって設けられることで、第１部分１３を覆うように設けられていても良い。あるいは、第１接着部１２Ａは、第１部分１３において、複数に分断されて設けられてもよい。つまり、第１部分１３において全体的に第１接着部１２Ａが設けられていればよい。換言すれば、第１部分１３の大部分を覆うように、第１接着部１２Ａが設けられていれば良い。または、第１部分１３を網羅するように、第１接着部１２Ａが設けられていれば良い。

第１部分１３の全体に第１接着部１２Ａが設けられていれば、第１接着部１２Ａが、互いに離間されて接着剤が凝固した複数の凝固部分に分断されていても良い。この複数の凝固部分は、例えば、点状、千鳥状、破線状、傾斜状など規則的に設けられていても良いし、不規則に設けられていても良い。

[0024] 積層コア１の回転時には、回転数に応じた大きさの遠心力が永久磁石に作用することで、永久磁石３２を支持しているブリッジ部１４に大きな応力が発生する。電磁鋼板１０の第１部分１３に設けられた第１接着部１２Ａは、塗布された接着剤が凝固する際に第１部分１３に圧縮応力を付与することにより、第１部分１３の強度を向上させる。よって、ブリッジ部１４を高強度化できるので、ブリッジ部１４の幅を細くしても必要な強度を確保できる。したがって、ブリッジ部１４の幅をより細くすれば、ブリッジ部１４を介した還流磁束をその分だけ低減できるので、本ロータコア３１を備える回転電機１００の特性を向上することができる。

[0025] 図１に示す実施形態では、固定部１１は、接着部（以下、固定部１１となる接着部を第２接着部１２Ｂと呼ぶ）で形成されており、平面視において電磁鋼板１０における第１部分１３以外の部分（領域）の全体に設けられている。また、第１接着部１２Ａはブリッジ部１４である。ブリッジ部１４を形成する電磁鋼板１０の厚み（板厚）は、電磁鋼板１０の他の部分と同じとなっている。

[0026] この時、第１接着部１２Ａの接着強さは、第２接着部１２Ｂの接着強さよりも大きくなっている。換言すれば、第１接着部１２Ａが設けられた第１部分１３に残留する圧縮応力は、第２接着部１２Ｂに残留する圧縮応力よりも大きい。

なお、圧縮応力は、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）以上になっていれば、接着力が大きい領域（第１接着部１２Ａ）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。

[0027] 接着力が大きい領域（第１接着部１２Ａ）は、後述する加圧治具２００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１２Ａが第２接着部１２Ｂ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１２Ａ）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１２Ａ）を確認、認定することもできる。

[0028] 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１２Ａの接着強さが、第２接着部１２Ｂ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１２Ａや第２接着部１２Ｂ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１２Ａや第２接着部１２Ｂ）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１２Ａの接着強さが、第２接着部１２Ｂの接着強さよりも大きいことを確認することもできる。

[0029] このような平面視における電磁鋼板１０上の圧縮応力の分布は、例えば、積層コア１の製造時に、２つの電磁鋼板１０間の少なくとも一部に一種類の、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が塗布された状態で、電磁鋼板１０の第１部分１３とそれ以外の領域とで、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、形成することが可能である。例えば後述する加圧治具２００などを用いて電磁鋼板１０上に圧縮応力の分布（製造時に加える電磁鋼板１０の表面上

の圧力分布）を形成しても良い。これによって、第２接着部１２Ｂ（固定部１１）で積層コア１を適切に接着固定しつつ、第１接着部１２Ａによって圧縮応力を付与することによりブリッジ部１４の高強度化を実現している。

[0030] ただし、上述した実施形態に本発明は限定されない。固定部１１を構成する第２接着部１２Ｂは、第１接着部１２Ａ以外の領域の少なくとも一部を接着固定していても良い。この時、第１接着部１２Ａと第２接着部１２Ｂとの接着強さ（第１部分１３に付与される圧縮応力）は、同じであっても良いし、異なっていても良い。また、両者に用いられる接着剤も同じであっても良いし、異なっていても良い。すなわち、固定部１１は、凝固すると第１接着部１２Ａになる第１接着剤１２Ａｇと同じ接着剤が凝固した第２接着部１２Ｂで構成されてもよい。または、固定部１１は、凝固すると第１接着部１２Ａになる第１接着剤１２Ａｇとは異なる第２接着剤剤１２Ｂｇが凝固した第２接着部１２Ｂで構成されてもよい。

[0031] また、本実施形態では、第１接着部１２Ａは、隣接する電磁鋼板１０同士を接着しているが、第１接着部１２Ａは、ブリッジ部１４の部分的な高強度化を目的としており、隣接する電磁鋼板１０同士を接着してなくても良い。

[0032] 上述した構成によれば、ロータコア３１における他の部分より相対的に高い強度が要求される部分であるブリッジ部１４（第１部分１３）を覆うように第１接着部１２Ａが設けられる。電磁鋼板１０の第１部分１３に設けられた第１接着部１２Ａは、塗布された接着剤が凝固する際に第１部分１３に圧縮応力を付与することにより、第１部分１３の強度を向上させることができる。これにより、ブリッジ部１４を高強度化できるので、回転時に要求される耐遠心力性を確保できる範囲でブリッジ部１４の幅をより細くすることができ、ブリッジ部１４を介した還流磁束をより効果的に低減できる。したがって、このようなロータコア３１を用いることにより、回転電機１００の耐遠心力性および特性を向上することができる。

[0033] 以下、第１部分１３におけるブリッジ部１４の具体例について説明する。

（第１ブリッジ部１４Ａ）

第１部分１３は、電磁鋼板１０の外周縁１６と貫通孔３３との間に形成された第１ブリッジ部１４Ａを含んでも良い（図１～図２参照）。第１ブリッジ部１４Ａは、電磁鋼板１０の外周縁１６と貫通孔３３とに挟まれる電磁鋼板１０の部分を含み、電磁鋼板１０の外周縁１６側において第１ブリッジ部１４Ａを介してその両側の電磁鋼板１０の部分が接続される。そして、上述した第１接着部１２Ａは、第１ブリッジ部１４Ａを覆うように設けられる。

[0034] 積層コア１の回転時には、永久磁石３２に大きな遠心力が発生するが、第１ブリッジ部１４Ａは第１接着部１２Ａが設けられることにより、その強度が向上されている。そして、第１ブリッジ部１４Ａの幅（径方向の長さ）は、第１ブリッジ部１４Ａにより向上された第１ブリッジ部１４Ａの強度を前提に決められている。すなわち、第１ブリッジ部１４Ａに第１接着部１２Ａが設けられていない場合と比較して、高強度化により強い遠心力に耐えられることから、第１接着部１２Ａが設けられた第１ブリッジ部１４Ａの幅は、第１接着部１２Ａが設けられていない場合よりも細くされている。よって、第１ブリッジ部１４Ａを介した還流磁束をより効果的に低減できる。

[0035] 上記の構成によれば、第１ブリッジ部１４Ａには第１接着部１２Ａが設けられる。これにより、ロータコア３１の耐遠心力性を向上することができる。また、第１接着部１２Ａが設けられた第１ブリッジ部１４Ａにおいて、第１接着部１２Ａが設けられていな場合よりも第１ブリッジ部１４Ａの幅を小さくすることにより、回転電機１００などの特性を向上することができる。

[0036]（第２ブリッジ部１４Ｂ）

第１部分１３は、各々の前記磁極において隣接する２つの貫通孔３３の間に形成された第２ブリッジ部１４Ｂを含んでも良い（図１～図３参照）。図１～図３に示すように、各磁極において複数の貫通孔３３は、最も近接する部分を有して隣接して配置される。第２ブリッジ部１４Ｂは、この最も隣接する一対の貫通孔３３の間で挟まれることで細くなっている電磁鋼板１０の部分を含み、第２ブリッジ部１４Ｂを介して、貫通孔３３の径方向の電磁

鋼板１０の部分同士が接続される。図１～図３では、第２ブリッジ部１４Ｂは、一対の貫通孔３３のＶ字状の先端側において、径方向に沿って形成される。そして、上述した第１接着部１２Ａは、第２ブリッジ部１４Ｂに、第２ブリッジ部１４Ｂを覆うように設けられる。

[0037] 上記の構成によれば、第２ブリッジ部１４Ｂには第１接着部１２Ａが設けられる。これによって、既に第１ブリッジ部１４Ａはで説明したのと同様に、第２ブリッジ部１４Ｂに第１接着部１２Ａが設けられていない場合と比較して、第２ブリッジ部１４Ｂ高強度化できる。よって、第１接着部１２Ａが設けられた第２ブリッジ部１４Ｂの幅を、そうでない場合と比較して狭くすることができ、回転電機１００の特性を向上することができる。

[0038] なお、図１～図３に示す実施形態では、第１接着部１２Ａは、第１ブリッジ部１４Ａおよび第２ブリッジ部１４Ｂの両方に設けられているが、本実施形態に本発明は限定されず、第１接着部１２Ａは、第１ブリッジ部１４Ａのみ、あるいは、第２ブリッジ部１４Ｂのみに設けられていても良い。

[0039] ［実施例］

第２ブリッジ部１４Ｂの発生応力を計算した。図３に、第２ブリッジ部１４Ｂ周辺における発生応力の計算結果を示す。図３において、色の濃い部分は発生応力が小さい部分であり、色の薄い部分は発生応力が大きい部分である。第２ブリッジ部１４Ｂの径方向の両端３３ａ側で、最大値となった。

[0040] 図４に、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗを変更させた場合の、回転数と最大主応力の計算結果を示す。図４の横軸は回転数（ｒｐｍ）、縦軸は最大主応力（ＭＰａ）を示す。なお、図４では、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗについて、幅ｗの基準値を「１」として、幅ｗが基準値「１」に対して、１倍の場合を「ｗ１」、０．５７倍の場合を「ｗ０．５７」、０．３５倍の場合を「ｗ０．３５」と表記している。 例えば、ｗ１とｗ０．５７との結果の比較から、モータの所定最大回転数（ｗ１のときに、最大主応力として降伏応力が発生する回転数）において、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗが４３％減少すると発生応力は約５０％増加した。

[0041] 図５に第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗと１周期の平均トルク（Ｎ・ｍ）の関係を示す。図５の横軸の「ブリッジ幅」は、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗであり、縦軸は１周期の平均トルク（Ｎ・ｍ）を示す。

例えばｗ１とｗ０．８３の結果の比較から、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗを１７％狭めることで、約１％のトルク増加が見込めることが分かった。

[0042] 図６に、第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗ（図２、図３参照）を固定し、第１ブリッジ部１４Ａの径方向の幅ｂを変更させた場合の、回転数と最大主応力の計算結果を示す。図７の横軸は回転数（ｒｐｍ）、縦軸は最大主応力（ＭＰａ）を示す。図６では、第１ブリッジ部１４Ａの幅ｂについて、幅ｂ（図２参照）の基準値を「１」として、幅ｂが基準値に対して、１倍の場合を「ｂ１」、０．５倍の場合を「ｂ０．５」、１．５倍の場合を「ｂ１．５」と表記している。

[0043] 図７に、第１ブリッジ部の幅ｂと最大主応力の関係を示す。図７の横軸の「ブリッジ幅」は、第１ブリッジ部１４Ａの幅であり、縦軸は最大主応力（ＭＰａ）を示す。図８に、第１ブリッジ部１４Ａの幅ｂと１周期の平均トルクの関係を示す。図８の横軸の「ブリッジ幅」は、第１ブリッジ部１４Ａの幅ｂであり、縦軸は１周期の平均トルク（Ｎ・ｍ）を示す。

例えば、図７に示すｂ１とｂ０．３との結果の比較から、接着によって約２０％の強度向上を見込むと約７０％幅を狭めることができることが分かった。このとき、図８に示すｂ１とｂ０．３との結果の比較から、トルクが基準条件から上昇し、約５％の改善効果が得られることが分かった。

[0044] なお、ブリッジ部の幅（第１ブリッジ部１４Ａの幅ｂと第２ブリッジ部１４Ｂの幅ｗ）は、第１接着部１２Ａが設けられたブリッジ部１４の強度に基づいて決定する。このブリッジ部１４の強度は、例えば、接着剤の加圧条件などを考慮して計算あるいは実験で求めておくことができる。要求される必要なブリッジ部１４の強度は、回転電機の回転数仕様などに基づいて決定する。そして、ブリッジ部１４の幅を変化させながら、要求される強度を満た

す範囲内のうちの例えば最も幅が狭いものを選択するなどして、ブリッジ部１４の幅を決定する。

[0045] 本実施例では、まず設計対象の回転電機１００の最大回転数などの回転仕様を参考に、ブリッジ部１４の発生応力の上限を決定するとともに、接着固定など第１接着部１２Ａを設けることによる電磁鋼板１０の強度向上代を実験などで求めた。次に、ブリッジ部１４の複数の幅Wの候補に対して、それぞれ発生応力（最大回転数条件）を計算した。そして、上記発生応力の上値と、実験等で求めた上記強度向上代の値の合計が、上記発生応力の上限値以下となるように、ブリッジ部の幅を決定した。つまり、ロータコア３１（積層コア１）の製造方法は、設計対象の回転電機１００の仕様に基づいて、回転電機１００の積層コア１のブリッジ部１４（第１部分１３）に遠心力で加わる最大発生応力を求めて上限値とするステップと、この上限値を超えないようになど上限値に基づいて、第１接着部１２Ａによる電磁鋼板１０（ブリッジ部１４）の強度向上代を加えたブリッジ部１４の幅Wを決定するステップとを含む。本製造方法は、その後、決定した幅Wを有するブリッジ部１４を有する第１接着部１２Ａが設けられた積層コア１を製造するステップをさらに含んでも良い。

[0046] 以下、上述の実施形態に係る積層コア１の製造に用いられることが可能な加圧治具２００を説明する。図９は、加圧治具２００の用いた使用例を示す概略図である。加圧治具２００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。

[0047] 加圧治具２００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９に示すように、加圧治具２００は、コア部分Ｐに接触などしながら押圧する押圧面２１１に凹凸を有する第１部材２１０を備える。そして、押圧装置の押圧部２０１で第１部材２１０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。

[0048] より詳細には、第１部材２１０の押圧面２１１は、電磁鋼板１０の第１部分１３における第１接着部１２Ａ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１２Ｂ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１２Ａ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１２Ｂ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２１１は、第１接着部１２Ａ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２１１Ａ（凸部）と、第２接着部１２Ｂ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２１１Ｂ（凹部）と、を有する。

[0049] 要するに、加圧治具２００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２１１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２１１の凹凸の形状は、電磁鋼板１０の第１部分１３の領域の形状や位置に応じて設計する。これによって、凸部（第１押圧部２１１Ａ）に対応する領域が、凹部（第２押圧部２１１Ｂ）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１２Ａと第２接着部１２Ｂとを形成することができる。

[0050] 図９に示す実施形態では、加圧治具２００（第１部材２１０）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２０１により押圧されることで、第１部材２１０における第１押圧部２１１Ａは、電磁鋼板１０の第１部分１３（第１接着部１２Ａ）を押圧し、第２押圧部２１１Ｂは、第１部分１３以外の領域（第２接着部１２Ｂ）を押圧する。

[0051] また、押圧面２１１は、第１押圧部２１１Ａと第２押圧部２１１Ｂとを接続するテーパ部２１２を備えている。すなわち、第１押圧部２１１Ａと第２押圧部２１１Ｂ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２１２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。

[0052] また、図９に示す実施形態では、コア部分Ｐの上方に、第１部材２１０が、押圧面２１１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２２０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２０１で第１部材２１０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。

[0053] 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２１０が下に配置され、第２部材２２０が上に配置されても良い。また、第１部材２１０に加えて、第２部材２２０におけるコア部分Ｐの支持面にも、第１部材２１０の押圧面２１１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２１０の第１押圧部２１１Ａおよび第２押圧部２１１Ｂは、テーパ部２１２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。

[0054] なお、図９は、加圧治具２００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２００の寸法などは異なる。例えば、図９の矢視（積層コア１の側面視）では、押圧面２１１の凹凸の差Ｈ（μｍ）が設けられる。差Ｈは、実験や計算などにより予め求めた接着剤の加圧条件と、第１接着部１２Ａを設けることによる電磁鋼板１０の強度向上代との関係に基づいて決定されていても良い。

[0055] 上述した加圧治具２００によれば、押圧面２１１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１

０の第１接着部１２Ａを形成したい領域に対して、第２接着部１２Ｂ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１２Ａおよび第２接着部１２Ｂ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。

[0056] 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。

[0057] 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、上述した説明では、ロータコア３１のブリッジ部１４を例に説明したが、必要に応じて、ロータコア３１におけるブリッジ部１４以外の他の部分やステータコア２１に対しても、部分的な高強度化を接着剤により行っても良い。

産業上の利用可能性

[0058] 本開示に係る積層コアによれば、耐遠心力性および特性向上が可能なロータコア、ロータおよび回転電機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

[0059] １　積層コア

１０　電磁鋼板

１１　固定部

１２　接着部

１２Ａ　第１接着部

１２Ａｇ　第１接着剤

１２Ｂ　第２接着部

１２Ｂｇ　第２接着剤

１３　第１部分

１４　ブリッジ部

１４Ａ　第１ブリッジ部

１４Ｂ　第２ブリッジ部

１６　外周縁

２０　ステータ

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

３３　貫通孔

３４　フラックスバリア

１００　回転電機

２００　加圧治具

２０１　押圧部

２１０　第１部材

２２０　第２部材

２１１　押圧面

２１１Ａ　第１押圧部

２１１Ｂ　第２押圧部

２１２　テーパ部

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を固定する固定部と、

前記電磁鋼板同士の間において前記固定部とは異なる領域に部分的に設けられた、前記固定部とは固定強さが異なる第１接着部と、を備え、

前記電磁鋼板は、他の部分よりも高い強度が要求される第１部分を有し、

前記第１部分はブリッジ部を含み、

前記第１接着部は、前記電磁鋼板における前記第１部分を覆うように設けられているロータコア。

[請求項2] 各々の前記電磁鋼板は、複数の磁極をそれぞれ構成する永久磁石を設置するための１以上の貫通孔を有し、

前記第１部分は、前記電磁鋼板の外周縁と前記貫通孔との間に形成された第１ブリッジ部を含む、請求項１に記載のロータコア。

[請求項3] 各々の前記電磁鋼板は、複数の磁極をそれぞれ構成する複数の永久磁石を設置するための複数の貫通孔を有し、

前記第１部分は、各々の前記磁極において隣接する２つの前記貫通孔の間に形成された第２ブリッジ部を含む請求項１に記載のロータコア。

[請求項4] 前記固定部は、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第２接着部であり、

前記第１接着部が設けられた前記第１部分に残留する圧縮応力は、前記第２接着部に残留する圧縮応力よりも大きい請求項１に記載のロータコア。

[請求項5] 前記第２接着部は、隣接する前記電磁鋼板の間において、前記第１接着部のない残りの領域を覆うように設けられている請求項４に記載のロータコア。

[請求項6] 前記固定部は、凝固すると前記第１接着部になる第１接着剤とは異なる第２接着剤が凝固した前記第２接着部であり、前記電磁鋼板同士の間に部分的に設けられている請求項５に記載のロータコア。

[請求項7] 前記固定部は、カシメ部である請求項１に記載のロータコア。

[請求項8] 請求項１から７のいずれか１項に記載のロータコアと、

前記ロータコアに設置される永久磁石と、

前記ロータコアに固定される回転軸と、

を備えるロータ。

[請求項9] 請求項８に記載のロータと、

ステータと、を備える回転電機。

[請求項10] 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。