

明 細 書

発明の名称：電磁鋼板及び接着積層コア製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、電磁鋼板及び接着積層コア製造方法に関する。

本願は、2021年4月14日に、日本国に出願された特願2021-068106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] 例えば電動機として用いられる回転電機は、積層コアを備えている。この積層コアは、帯状鋼板を間欠的に送りながら複数回に分けて所定形状に打ち抜き、得られた鋼板部品を複数枚積層することで製造される。各鋼板部品間の固定は、溶接、接着、かしめ等により行われるが、これらの中でも、積層コアの鉄損を効果的に抑制できる観点より、接着による固定方法が注目されている。

[0003] 例えば下記特許文献1には、片面または両面にプレス加工油を塗布したフープ材に複数のプレス加工を順次施し、当該フープ材の片面に接着剤を塗布した上で外形打抜き加工を行って金属薄板を得て、当該金属薄板を所定枚数積層接着することによって金属薄板積層体を製造する方法であって、前記プレス加工油に硬化促進剤が添加された金属薄板積層体の製造方法が開示されている。

この金属薄板積層体の製造方法によれば、プレス加工油に硬化促進剤を添加したため、プレス加工油を除去することなく金属薄板間の接着が迅速かつ強固に行われ、製造工程の簡略化や順送り金型装置における金型の小型等が可能となって製品品質および生産性の向上や製造設備の小型化等が実現される、と説明されている。

[0004] また、下記特許文献2には、断続的に送られる帯状鋼板から所定形状の鋼板部品を打ち抜くとともに該鋼板部品を積層する打抜き積層プレス方法において、上記帯状鋼板から上記鋼板部品を打ち抜くプレス加工位置よりも上流

側において、上記帯状鋼板の下面に、接着剤と、該接着剤の硬化を促進するための硬化促進剤とのうちのいずれか一方を塗布する第1塗布工程と、上記プレス加工位置において、上記帯状鋼板の上面に、上記接着剤と上記硬化促進剤とのうちの他方を塗布する第2塗布工程とを含む打抜き積層プレス方法が開示されている。

この打抜き積層プレス方法によれば、第1塗布工程と第2塗布工程とを行うことにより接着剤の硬化時間を大幅に短縮することができ、複数の鋼板部品を積層して製造するコアの生産性を高めることができる、と説明されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特許第4648765号公報

特許文献2：日本国特許第6164029号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記特許文献1の金属薄板積層体の製造方法によれば、硬化促進剤の利用によって金属薄板間の接着を迅速に行えるとしている。硬化促進剤は、プレス加工油の添加によって薄められた状態で塗布されるため、より高い硬化促進効果が求められる場合には、硬化促進剤の含有量を相当量まで増やす必要がある。しかし、この場合、今度はプレス加工油の割合が減ってしまうため、金属薄板を打ち抜く際の打ち抜き加工性に影響を及ぼす懸念がある。

また、上記特許文献2の打抜き積層プレス方法によれば、接着剤の硬化時間を大幅に短縮できるとしている。しかし、ここでも、打ち抜き加工に必須であるプレス加工油が硬化促進剤に与える影響については全く検討されていない。

[0007] このように、接着積層コアの生産性をさらに高めるには、鋼板打ち抜き時におけるプレス加工油の潤滑機能と、鋼板接着時の硬化促進剤利用による接

着剤の硬化促進機能とを、より高次に発揮させる必要がある。しかし、従来の接着積層コアの製造方法では、これが難しいために、高い接着強度と高い生産性を両立させることが困難である場合があった。

[0008] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、接着積層コアの製造に際し、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性が得られる、電磁鋼板及び接着積層コア製造方法の提供を課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 前記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用している。

(1) 本発明の一態様に係る電磁鋼板は、

化学組成が、単位質量％で、

Si : 2.5%~3.9%

Al : 0.001%~3.0%

Mn : 0.05%~5.0%

残部 : Fe 及び不純物

を含有し、

片面または両面に、硬化促進剤を含有する絶縁被膜が形成されている。

上記(1)に記載の電磁鋼板によれば、絶縁被膜に添加された硬化促進剤が、予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜内に封入された状態にある。そのため、この電磁鋼板を用いて接着積層コアを製造する際、プレス加工前に塗布されるプレス加工油と混ざり合うことが抑制される。したがって、各鋼板部品を積層して接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤と混ざり合えるため、高い接着強度を早期に発現できる。よって、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性を得ることが可能である。

[0010] (2) 上記(1)に記載の電磁鋼板において、

前記硬化促進剤が、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム、及びそれらの組み合わせから選択される、嫌気硬化を促進する有効成分を含んでもよい。

嫌気硬化を促進する有効成分は、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバル

ト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム及びそれらの組み合わせから選択される。好ましくは、銅、鉄、バナジウム、コバルト、クロム、銀、及びマンガン、並びにそれらの組み合わせから選択されてもよい。望ましくは、銅、鉄、バナジウム、コバルト、及びクロム、並びにそれらの組み合わせであり得る。望ましくは、金属酸化物または塩の形態で提供される。好ましくは、バナジウムアセチルアセトネート、バナジルアセチルアセトネート、ステアリン酸バナジル、バナジウムプロポキシド、バナジウムブトキシド、五酸化バナジウム、ナフテン酸コバルト、ナフテン酸マンガン、ヘキサン酸銅、ビス（２－エチルヘキサン酸）銅（１１）等から選ばれる１種または２種以上の組み合わせが挙げられる。

上記（２）に記載の電磁鋼板によれば、この電磁鋼板を用いて接着積層コアを製造する際に、嫌気性接着剤の硬化が速やか、かつ完全に進行する。そのため、特に短時間の製造やアウトガスの抑制等を要求される製造に極めて優れ、生産性を向上させることができる。

[0011] （３）本発明の一態様に係る接着積層コア製造方法は、

片面または両面にプレス加工油を塗布した帯状鋼板にプレス加工を行い、前記帯状鋼板の前記片面に接着剤を塗布して複数枚の鋼板部品を得て、前記各鋼板部品を積層接着することによって接着積層コアを製造する方法であって、

前記帯状鋼板として上記（１）または（２）に記載の電磁鋼板を用いる。

上記（３）に記載の接着積層コア製造方法によれば、絶縁被膜に添加された硬化促進剤が予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜内に封入された状態にあるため、プレス加工前に塗布されるプレス加工油と混ざり合うことが抑制される。したがって、各鋼板部品を積層して接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤と混ざり合えるため、高い接着強度を早期に発現できる。よって、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性を得ることが可能である。

[0012] （４）上記（３）に記載の接着積層コア製造方法において、以下のようにし

てもよい：

前記各鋼板部品が、第1鋼板部品及び第2鋼板部品を含み、

第1の面の側に前記絶縁被膜を有する前記第1鋼板部品を準備する第1の工程と、

第2の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、前記プレス加工油上に塗布された前記接着剤と、を有する前記第2鋼板部品を準備する第2の工程と、

前記第1の面及び前記第2の面が互に対向するように、前記第1鋼板部品及び前記第2鋼板部品を重ね合わせて接着する第3の工程と、
を有する。

上記（4）に記載の接着積層コア製造方法によれば、第3の工程の前に、硬化促進剤は予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜内に封入された状態にあるため、プレス加工油と混ざり合うのが抑制された状態にある。そのため、第3の工程で第1鋼板部品及び第2鋼板部品を重ね合わせて接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤と混ざり合える。

[0013] （5）上記（3）に記載の接着積層コア製造方法において、以下のようにしてもよい：

前記各鋼板部品が、第3鋼板部品及び第4鋼板部品を含み、

第3の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、を有する前記第3鋼板部品を準備する第4の工程と、

第4の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、前記プレス加工油上に塗布された前記接着剤と、を有する前記第4鋼板部品を準備する第5の工程と、

前記第3の面及び前記第4の面が互に対向するように、前記第3鋼板部品及び前記第4鋼板部品を重ね合わせて接着する第6の工程と、
を有する。

上記（5）に記載の接着積層コア製造方法によれば、第6の工程の前に、硬化促進剤は予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜内に封入された状態にある

ため、プレス加工油と混ざり合うのが抑制された状態にある。そのため、第6の工程で第3鋼板部品及び第4鋼板部品を重ね合わせて接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤と混ざり合える。

[0014] (6) 上記(3)～(5)の何れか1項に記載の接着積層コア製造方法において、前記接着積層コアが、回転電機用の固定子であってもよい。

上記(6)に記載の接着積層コア製造方法によれば、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性が得られるので、高い性能を持ちながらも製造コストが低い回転電機用の固定子を製造することが可能になる。

発明の効果

[0015] 本発明の上記各態様によれば、接着積層コアの製造に際し、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性が得られる、電磁鋼板及び接着積層コア製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の各実施形態で製造され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]同ステータ用接着積層コアの側面図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る接着積層コア製造装置の側面図である。

[図4]同実施形態に係る接着積層コア製造方法を説明するための、フローチャートである。

[図5]同接着積層コア製造方法の変形例を説明するための、フローチャートである。

[図6]本発明の第2実施形態に係る接着積層コア製造装置の側面図である。

[図7]同実施形態に係る接着積層コア製造方法を説明するための、フローチャートである。

[図8]同接着積層コア製造方法の変形例を説明するための、フローチャートである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、図面を参照しながら、本発明の各実施形態及び各変形例に係る電磁

鋼板及び接着積層コア製造方法を説明する。その前に、図1及び図2を用いて、各実施形態及び各変形例で製造されるステータ用接着積層コア（接着積層コア。回転電機用の固定子）を先に説明する。

[0018] [ステータ用接着積層コア]

図1は、各実施形態で製造されるステータ用接着積層コア21を備えた、回転電機10の断面図である。図2は、同ステータ用接着積層コア21の側面図である。

以下、図1に示す回転電機10が、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である場合を例示して説明する。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。

[0019] 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。

図1の例では、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例示している。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であってもよい。また、ここでは、回転電機10が12極18スロットの三相交流モータである場合を例示する。しかし、極数、スロット数、相数などは、適宜変更できる。

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。

[0020] ステータ20は、ステータ用接着積層コア21と、図示しない巻線と、を備える。

ステータ用接着積層コア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、ステータ用接着積層コア21（又はコアバック部22）の中心軸線O方向を軸方向と言い、ステータ用接着積層コ

ア 2 1（又はコアバック部 2 2）の径方向（中心軸線 O に直交する方向）を径方向と言い、ステータ用接着積層コア 2 1（又はコアバック部 2 2）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。

[0021] コアバック部 2 2 は、ステータ 2 0 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 2 3 は、コアバック部 2 2 の内周から径方向内側に向けて突出する。複数のティース部 2 3 は、周方向に同等の角度間隔をあけて配置されている。図 1 の例では、中心軸線 O を中心とする中心角 2 0 度おきに 1 8 個のティース部 2 3 が設けられている。複数のティース部 2 3 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 2 3 は、互いに同じ厚み寸法を有している。

前記巻線は、ティース部 2 3 に巻回されている。前記巻線は、集中巻きされていてよく、分布巻きされていてよい。

[0022] ロータ 3 0 は、ステータ 2 0（ステータ用接着積層コア 2 1）に対して径方向の内側に配置されている。ロータ 3 0 は、ロータコア 3 1 と、複数の永久磁石 3 2 と、を備える。

ロータコア 3 1 は、ステータ 2 0 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 3 1 内には、回転軸 6 0 が配置されている。回転軸 6 0 は、ロータコア 3 1 に固定されている。

複数の永久磁石 3 2 は、ロータコア 3 1 に固定されている。図 1 の例では、2 つ 1 組の永久磁石 3 2 が 1 つの磁極を形成している。複数組の永久磁石 3 2 は、周方向に同等の角度間隔をあけて配置されている。図 1 の例では、中心軸線 O を中心とする中心角 3 0 度おきに 1 2 組（全体では 2 4 個）の永久磁石 3 2 が設けられている。

[0023] 図 1 の例では、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 3 1 には、ロータコア 3 1 を軸方向に貫通する複数の貫通孔 3 3 が形成されている。複数の貫通孔 3 3 は、複数の永久磁石 3 2 の配置に対応して設けられている。各永久磁石 3 2 は、対応する貫通孔 3 3 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、実現できる。なお、永久磁石界磁型電動機として、埋込磁石型に代えて表面磁石型モータを採用してもよい。

[0024] ステータ用接着積層コア21およびロータコア31は、いずれも積層コアである。例えばステータ用接着積層コア21は、図2に示すように、複数の電磁鋼板40が積層方向に積層されることで形成されている。

なお、ステータ用接着積層コア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50.0mmとされる。ステータ用接着積層コア21の外径は、例えば250.0mmとされる。ステータ用接着積層コア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、ステータ用接着積層コア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、ステータ用接着積層コア21の内径は、ステータ用接着積層コア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、ステータ用接着積層コア21の内径は、全てのティース部23の先端部に内接する仮想円の直径である。

[0025] ステータ用接着積層コア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、母材となる帯状鋼板を打ち抜き加工することにより形成される。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、以下に質量%単位で示すように、質量%で2.5%～3.9%のSiを含有する。化学組成をこの範囲とすることにより、各電磁鋼板40の降伏強度を、380MPa以上540MPa以下に設定することができる。

[0026] Si : 2.5%～3.9%
Al : 0.001%～3.0%
Mn : 0.05%～5.0%

残部：Fe及び不純物

[0027] 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、JISC2552:2014の無方向性電鋼帯を採用できる。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してもよい。この場合の方向性電磁鋼板としては、JISC2553:2012の方向性電鋼帯を採用できる。

[0028] 積層コアの加工性や、積層コアの鉄損を改善するため、電磁鋼板40の片面または両面が、リン酸塩系の絶縁被膜で被覆されている。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。

[0029] そして、各実施形態及び各変形例の絶縁被膜には、硬化促進剤が添加されている。この硬化促進剤は、液状の硬化促進剤を加熱するか又は送風を加えることで、添加前に予め乾燥させておく。そして、乾燥後の硬化促進剤を、絶縁被膜形成用の処理液に添加した上で絶縁被膜を形成する。このように予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜内に封入された状態にある硬化促進剤は、プレス加工前に塗布されるプレス加工油と混ざり合うことが抑制される。したがって、各鋼板部品を積層して接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤と混ざり合えるため、高い接着強度を早期に発現できる。よって、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性を得ることが可能である。

なお、絶縁被膜は、電磁鋼板の表面に、絶縁被膜形成用の処理液（硬化促進剤添加済み）を例えばロールコーターで塗布した後、加熱炉中で焼き付けることによって形成できる。ここで、絶縁被膜の形成工程における好ましい処理液の塗布量としては、平均値で $0.4\text{ g/m}^2 \sim 2.0\text{ g/m}^2$ の範囲内

とすることが考えられる。また、加熱炉中における電磁鋼板の板温としては、 $140^{\circ}\text{C}\sim 330^{\circ}\text{C}$ の範囲内とすることが考えられる。さらに、加熱炉中における電磁鋼板の焼き付け時間としては、 $15\text{秒}\sim 60\text{秒}$ の範囲内とすることが考えられる。

また、硬化促進作用を持つ化合物を含む処理液の調整に際しては、水及び溶剤100質量部に対する前記化合物の含有量を、 $0.2\text{質量部}\sim 20\text{質量部}$ の範囲内とすることが考えられる。処理液の状態における前記化合物の含有量をこの範囲とすることで、この処理液を用いて形成した固形状体における絶縁被膜における前記化合物の含有量を $0.3\text{wt}\%\sim 80\text{wt}\%$ とすることができる。

[0030] 接着剤として嫌気性接着剤を用いる場合の硬化促進剤には、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム及びそれらの組み合わせから選択される嫌気硬化を促進する有効成分を含むものが採用可能である。この場合、この電磁鋼板を用いて接着積層コアを製造する際に、嫌気性接着剤の硬化が速やか、かつ完全に進行する。そのため、特に短時間の製造やアウトガスの抑制等を要求される製造に極めて優れ、生産性を向上させることができる。

[0031] なお、嫌気硬化を促進する有効成分は、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム及びそれらの組み合わせから選択される。好ましくは、銅、鉄、バナジウム、コバルト、クロム、銀、及びマンガン、並びにそれらの組み合わせから選択されてもよい。望ましくは、銅、鉄、バナジウム、コバルト、及びクロム、並びにそれらの組み合わせであり得る。望ましくは、金属酸化物または塩の形態で提供される。好ましくは、バナジウムアセチルアセトネート、バナジルアセチルアセトネート、ステアリン酸バナジル、バナジウムプロポキシド、バナジウムブトキシド、五酸化バナジウム、ナフテン酸コバルト、ナフテン酸マンガン、ヘキサン酸銅、ビス(2-エチルヘキサン酸)銅(11)等から選ばれる1種または2種以上の組み合わせが挙げられる。

[0032] [第1実施形態]

図3及び図4を用いて本発明の第1実施形態を以下に説明する。図3は、本実施形態に係る接着積層コア製造装置の側面図である。また、図4は、本実施形態に係る接着積層コア製造方法を説明するための、フローチャートである。

図3に示すように、本実施形態の接着積層コア製造装置100は、帯状鋼板供給部110と、駆動部（不図示）と、プレス加工油塗布部130と、プレス加工部140と、接着剤塗布部150と、積層接着部160とを備える。

[0033] 帯状鋼板供給部110には、電磁鋼板（鋼板部品）40の素材となる帯状鋼板Mを巻回したフープ材Fが軸支されており、図3の紙面右側に向かって帯状鋼板Mを送り出す。以下の説明において、帯状鋼板Mの送り方向である紙面右側を下流側、その逆方向である紙面左側を上流側という場合がある。この帯状鋼板供給部110より下流側に向けて送られる帯状鋼板Mは、上述した化学組成を有する鋼板であり、その両面（上面及び下面の両方）が上述した絶縁被膜で被覆されている。この絶縁被膜には、上述した硬化促進剤が予め添加されている。よって、帯状鋼板供給部110において、帯状鋼板Mの上下面には、これらの面に沿って一様に、予め乾燥していてもなおかつ絶縁被膜内に封入された状態で、硬化促進剤が存在している。

[0034] 前記駆動部は、帯状鋼板供給部110とプレス加工油塗布部130との間の位置Dに配置されている。前記駆動部は、帯状鋼板Mを、帯状鋼板供給部110からプレス加工油塗布部130に向かう紙面右方向に向けて間欠的に送り出す。帯状鋼板供給部110から送り出された帯状鋼板Mの上下面には、引き続き、予め乾燥していてもなおかつ絶縁被膜内に封入された状態で、硬化促進剤が各面に沿って一様に存在している。

[0035] プレス加工油塗布部130は、塗布ローラー131とオイルパン132とを備える。

オイルパン132は、帯状鋼板Mの下方でかつ塗布ローラー131の真下

の位置に配置されている。塗布ローラー１３１は、上ローラー１３１ a 及び下ローラー１３１ b を有する。

上ローラー１３１ a は、帯状鋼板Mの真上に配置され、上下動することにより、帯状鋼板Mの上面に対して接した状態と離間した状態との間で切り換え可能である。上ローラー１３１ a は、図示されないプレス加工油供給部から供給されたプレス加工油をその外周面に浸透させた状態で鋼板Mの上面に対して接しながら転動することで、帯状鋼板Mの上面にプレス加工油を供給可能である。

下ローラー１３１ b は、帯状鋼板Mの真下に配置され、上下動することにより、帯状鋼板Mの下面に対して接した状態と離間した状態との間で切り換え可能である。下ローラー１３１ b は、前記プレス加工油供給部から供給されたプレス加工油をその外周面に浸透させた状態で鋼板Mの下面に対して接しながら転動することで、帯状鋼板Mの下面にプレス加工油を供給可能である。

オイルパン１３２は、上ローラー１３１ a 及び下ローラー１３１ b から垂れてきた余剰のプレス加工油を受け止めて回収し、そしてこれを前記プレス加工油供給部に戻す。

[0036] 上記プレス加工油塗布部１３０によれば、上ローラー１３１ a を帯状鋼板Mの上面に当接させた状態で前記プレス加工油供給部からプレス加工油を供給することにより、帯状鋼板Mの上面にある絶縁被膜上にプレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

同様に、下ローラー１３１ b を帯状鋼板Mの下面に当接させた状態で前記プレス加工油供給部からプレス加工油を供給することにより、帯状鋼板Mの下面にある絶縁被膜上にプレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

[0037] あるいは、上ローラー１３１ a 及び下ローラー１３１ b 間に帯状鋼板Mを挟み込むことにより、帯状鋼板Mの上面にある絶縁被膜と帯状鋼板Mの下面

にある絶縁被膜との両方に、プレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

このように、上ローラー131a及び下ローラー131bの各位置を必要に応じてそれぞれ上下動させることにより、プレス加工油の塗布を、帯状鋼板Mの上面のみに行う場合、帯状鋼板Mの下面のみに行う場合、帯状鋼板Mの上面及び下面の両方に行う場合、の3通りから選択することができる。

[0038] ここで、上記の何れの場合においても、プレス加工油が塗布される前の時点で、帯状鋼板Mの上下面にある硬化促進剤は絶縁被膜内に乾燥した状態で封止されているため、プレス加工油の塗布によってその濃度が薄められることが抑制される。したがって、プレス加工油塗布後の帯状鋼板Mの上面における硬化促進剤の濃度は、フープ材Mの時点から変わることなく維持されている。同様に、プレス加工油塗布後の帯状鋼板Mの下面における硬化促進剤の濃度も、フープ材Mの時点から変わることなく維持されている。よって、プレス加工油塗布部130を経た後の帯状鋼板Mは、その上下面における硬化促進剤の濃度を維持したまま、プレス加工部140へと送られる。

[0039] プレス加工部140は、第1段打ち抜き部141と第2段打ち抜き部142とを備える。

第1段打ち抜き部141は、プレス加工油塗布部130の下流側に配置され、雄金型141a及び雌金型141bを有する。雄金型141a及び雌金型141bは、鉛直方向に沿って同軸配置されており、これらの間を帯状鋼板Mが挿通する。よって、帯状鋼板Mの上面に対して雄金型141aが対向し、帯状鋼板Mの下面に対して雌金型141bが対向する。そして、帯状鋼板Mの送り出しを一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、雄金型141aを下方に向けて移動させて雌金型141b内に至らせることで、帯状鋼板Mのうち、電磁鋼板40を形成するために必要な1回目の打ち抜き加工を行う。この時、帯状鋼板Mには予めプレス加工油が塗布されているので、焼き付き等を生じることなく打ち抜くことができる。この打ち抜き加工の後、今度は雄金型141aを上方に移動させて雌金型141bから引き

抜き、帯状鋼板Mを再び下流側に向けて送り出す。

[0040] 第2段打ち抜き部142は、第1段打ち抜き部141の下流側に配置され、雄金型142a及び雌金型142bを有する。雄金型142a及び雌金型142bは、鉛直方向に沿って同軸配置されており、これらの間を、1回目の打ち抜き加工を終えた後の帯状鋼板Mが挿通する。よって、帯状鋼板Mの上面に対して雄金型142aが対向し、帯状鋼板Mの下面に対して雌金型142bが対向する。そして、帯状鋼板Mの送り出しを再び一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、雄金型142aを下方に向けて移動させて雌金型142b内に至らせることで、帯状鋼板Mのうち、電磁鋼板40を形成するために必要な2回目の打ち抜き加工を行う。この時も、帯状鋼板Mの上下面にはプレス加工油が予め塗布されているので、焼き付き等を生じることなく打ち抜くことができる。この打ち抜き加工の後、今度は雄金型142aを上方に移動させて雌金型142bから引き抜き、帯状鋼板Mを再び下流側に向けて送り出す。

このようにしてプレス加工部140を経た後の帯状鋼板Mは、その上下面に依然として高い濃度を維持したままの硬化促進剤が存在しており、そのまま接着剤塗布部150へと送られる。

[0041] 接着剤塗布部150は、プレス加工部140の下流側に配置されている。接着剤塗布部150は、空気圧送機151と、シリンジ152と、ノズル153と、鋼板抑え154とを備える。

シリンジ152は、接着剤を貯留する容器であり、空気圧送機151とノズル153との間に配管を介して接続されている。接着剤として嫌気性接着剤を用いる場合には、東亜合成株式会社製「アロンタイト」（商標登録）を例示できる。あるいは、接着剤として2-シアノアクリレート系接着剤を用いる場合には、東亜合成株式会社製「アロンアルファ」（商標登録）を例示できる。

ノズル153は、吐出口が上方を向いた複数本のニードルを備える。各ニードルは、帯状鋼板Mの下方に配置されている。よって、各ニードルの吐出

口は、帯状鋼板Mの下面に対向している。

[0042] 鋼板抑え154は、ノズル153の上方（各ニードルの直上）に配置されている。よって、鋼板抑え154は、帯状鋼板Mの上面に対向している。鋼板抑え154は、帯状鋼板Mの送り出しを一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、下方に向かって押し下げられる。これにより、鋼板抑え154の下面が帯状鋼板Mの上面に当接して帯状鋼板Mを下方に押し下げる。これにより、帯状鋼板Mの高さ位置を、ノズル153による接着剤塗布位置まで押し下げて位置決めできる。この位置決め状態では、帯状鋼板Mの下面が各ニードルの吐出口に近接する。

[0043] さらに、この位置決め状態において、前記空気圧送機151を起動させて適量の空気をシリンジ152へ圧送すると、シリンジ152内の接着剤がノズル153へ送られる。その結果、前記各ニードルから適量の接着剤が吐出され、帯状鋼板Mの下面に塗布される。その後、前記油圧機構により鋼板抑え154を上昇させることで、帯状鋼板Mの高さ位置を元の高さに復帰させる。

ここで、接着剤は、帯状鋼板Mの下面にある絶縁被膜を覆うプレス加工油の表面上に塗布される。プレス加工油は液状であるものの、絶縁被膜自体が固体であるため、絶縁被膜内に添加された硬化促進剤と混じり合うことが抑制されている。よって、帯状鋼板Mの下面において、硬化促進剤と接着剤とが互いに分離した状態が維持される。その結果、接着剤塗布部150を経た後の帯状鋼板Mは、その上下面に依然として高い濃度を維持したままの硬化促進剤が存在しており、そのまま積層接着部160へと送られる。

[0044] 積層接着部160は、接着剤塗布部150の下流側に配置されている。積層接着部160は、外周打ち抜き雄金型161と、外周打ち抜き雌金型162と、スプリング163と、加熱器164と、を備える。

外周打ち抜き雄金型161は、円形の底面を有する円柱形状の金型であり、その上端にはスプリング163の下端が接続されている。そして、外周打ち抜き雄金型161は、スプリング163で支持された状態で、スプリング

１６３と共に上下動可能とされている。外周打ち抜き雄金型１６１は、前記ステータ用接着積層コア２１の外径寸法と略同じ外径寸法を有している。

[0045] 外周打ち抜き雌金型１６２は、円柱形状の内部空間を有する金型であり、前記ステータ用接着積層コア２１の外径寸法と略同じ内径寸法を有している。

加熱器１６４は、外周打ち抜き雌金型１６２に、一体に組み込まれている。加熱器１６４は、外周打ち抜き雌金型１６２内に積層された各電磁鋼板（鋼板部品）４０をその周囲より加熱する。前記接着剤として加熱硬化型を用いる場合、この接着剤は、加熱器１６４からの熱を受けて硬化する。一方、接着剤として常温硬化型を用いる場合、この接着剤は、加熱を要することなく室温にて硬化する。

[0046] 上記積層接着部１６０によれば、帯状鋼板Ｍの送り出しを一時停止させた状態で、外周打ち抜き雄金型１６１を降下させて帯状鋼板Ｍを外周打ち抜き雌金型１６２との間に挟み込み、さらに外周打ち抜き雄金型１６１を外周打ち抜き雌金型１６２内に押し込むことで、帯状鋼板Ｍから外周打ち抜きされた電磁鋼板４０が得られる。

この打ち抜かれた電磁鋼板４０は、先に打ち抜かれて外周打ち抜き雌金型１６２内に積層及び接着された他の電磁鋼板４０の上面に積層され、さらに外周打ち抜き雄金型１６１からの加圧力と、加熱器１６４からの加熱とを受ける。この時、外周打ち抜き雄金型１６１から電磁鋼板４０に加えられる加圧力は、前記スプリング１６３の付勢力によって常に一定に維持される。

[0047] この時の加圧力により、今回打ち抜いた電磁鋼板４０の下面にある接着剤が、先に外周打ち抜きをした前記他の電磁鋼板４０の上面にある絶縁被膜内の硬化促進剤と、今回打ち抜いた電磁鋼板４０の下面にある絶縁被膜内の硬化促進剤と、のうちの少なくとも一方と混ざり合いながら瞬時に硬化する。

以上により、今回打ち抜いた電磁鋼板４０が、前回に打ち抜かれた電磁鋼板４０の上面に対して接着固定される。このような外周打ち抜き、加圧、そして加熱の各工程を各電磁鋼板４０の積層枚数分の回数、繰り返すことで、

外周打ち抜き雌金型 1 6 2 内にステータ用接着積層コア 2 1 が形成される。

[0048] 図 3 に示すように、前記雌金型 1 4 1 b、前記雌金型 1 4 2 b、前記ノズル 1 5 3、前記外周打ち抜き雌金型 1 6 2、及び前記加熱器 1 6 4 は、共通の固定基台 1 7 1 上に固定されている。したがって、これら雌金型 1 4 1 b、雌金型 1 4 2 b、前記ノズル 1 5 3、外周打ち抜き雌金型 1 6 2、及び加熱器 1 6 4 は、水平方向及び上下方向の相対位置が固定されている。

同様に、前記雄金型 1 4 1 a、前記雄金型 1 4 2 a、前記鋼板抑え 1 5 4、及び前記外周打ち抜き雄金型 1 6 1 も、共通の可動基台 1 7 2 の下面に固定されている。したがって、これら雄金型 1 4 1 a、雄金型 1 4 2 a、鋼板抑え 1 5 4、及び外周打ち抜き雄金型 1 6 1 は、水平方向及び上下方向の相対位置が固定されている。

[0049] 前記駆動部が帯状鋼板 M を下流側に向かって送り出し、一時停止させた時に可動基台 1 7 2 を下降させることで、電磁鋼板 4 0 の外周打ち抜き及び積層及び接着と、帯状鋼板 M で次に外周打ち抜きされる電磁鋼板 4 0 の位置への接着剤の塗布と、帯状鋼板 M で次に接着剤が塗布される位置への前記 2 回目の打ち抜き加工と、帯状鋼板 M で次に前記 2 回目の打ち抜き加工を行う位置への前記 1 回目の打ち抜き加工と、が同時に行われる。

続いて、可動基台 1 7 2 を上昇させて帯状鋼板 M の上方に退避させた後、前記駆動部により帯状鋼板 M を再び下流側に所定距離だけ送り出し、そして再び一時停止させる。この状態で可動基台 1 7 2 を再び下降させ、各位置での加工を継続して行う。このように、前記駆動部により帯状鋼板 M を間欠的に送りながら、一時停止時に可動基台 1 7 2 を上下動させる工程を繰り返すことにより、ステータ用接着積層コア 2 1 が製造される。

[0050] 以上説明の構成を有する接着積層コア製造装置 1 0 0 を用いた接着積層コア製造方法について、図 4 を用いて以下に説明する。本実施形態では、硬化促進剤が添加された絶縁被膜が帯状鋼板 M の上下面に形成され、プレス加工油を帯状鋼板 M の下面のみに塗布し、そして接着剤を帯状鋼板 M の下面のみに塗布する場合を例示する。

まず、図4に示すように、本実施形態の接着積層コア製造方法は、鋼板送り出し工程S1と、加工油塗布工程S2と、1回目打ち抜き工程S3と、2回目打ち抜き工程S4と、接着剤塗布工程S5と、3回目打ち抜き及び積層工程S6と、積層枚数確認工程S7と、取り出し工程S8と、を有する。

[0051] 鋼板送り出し工程S1では、フープ材Fから下流側に向けて帯状鋼板Mを送り出す。硬化促進剤は、帯状鋼板Mの上面を被覆する絶縁被膜i1内と、帯状鋼板Mの下面を被覆する絶縁被膜i2内との両方に添加されている。なお、説明の便宜上より、帯状鋼板Mの上下面にある絶縁被膜を区別するために符号i1, i2を用いたが、これら絶縁被膜i1, i2は、成分も厚みも互いに同じである。

続く加工油塗布工程S2では、下ローラー131bにより、帯状鋼板Mの下面のみにプレス加工油b2が塗布される。その結果、絶縁被膜i2の全面を覆うプレス加工油b2の層が形成される。この時、硬化促進剤は固体である絶縁被膜i2内に保持されているため、プレス加工油b2と混ざって濃度が下がることはなく、ほぼ元の状態を維持する。

[0052] 続く1回目打ち抜き工程S3では、第1段打ち抜き部141により帯状鋼板Mの1回目の打ち抜きが行われる。この時、帯状鋼板Mにはプレス加工油b2が予め塗布されているため、雄金型141a及び雌金型141b間における焼き付き等、プレス加工上の不具合が生じない。

続く2回目打ち抜き工程S4では、第2段打ち抜き部142により帯状鋼板Mの2回目の打ち抜きが行われる。この時も、帯状鋼板Mにはプレス加工油b2が予め塗布されているため、雄金型142a及び雌金型142b間における焼き付き等、プレス加工上の不具合が生じない。

以上の1回目打ち抜き工程S3及び2回目打ち抜き工程S4により、外形部分を除き、図1に示したコアバック部22及びティース部23が帯状鋼板Mに形成される。

[0053] 続く接着剤塗布工程S5では、ノズル153から吐出された接着剤cが、帯状鋼板Mの下面に対し、プレス加工油b2を介した状態に塗布される。こ

の時、接着剤cは、所定の厚み寸法と所定の径寸法を持つ点状に塗布される。ここで、接着剤cはまだ硬化促進剤と混ざっていないため、液状をなしている。

[0054] 続く3回目打ち抜き及び積層工程S6では、外周打ち抜き雄金型161によって帯状鋼板Mから外周が打ち抜かれた電磁鋼板40が、先に打ち抜かれた他の電磁鋼板40の上面に積層される。前記他の電磁鋼板40の上面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i1が形成されている。この上に、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板40を積層して加圧しながら加熱する。すると、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板40の下面にある接着剤cが、先に外周打ち抜きをした前記他の電磁鋼板40の上面にある絶縁被膜i1内の硬化促進剤と混ざり合う。同時に、接着剤cは、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板40の下面にあるプレス加工油b2を押し退けて絶縁被膜i2内の硬化促進剤とも混ざり合う。このようにして接着剤cは、絶縁被膜i1、i2の両方に含まれる硬化促進剤と混ざり合いながら瞬時に硬化する。この時、硬化促進剤は、その濃度を維持したまま接着剤cと混ざり合えるので、硬化促進の効果を十分に発揮できる。

[0055] 以上の工程を順次繰り返すことで所定枚数の電磁鋼板40を積層及び接着し、ステータ用接着積層コア21が完成する。

すなわち、積層枚数確認工程S7において電磁鋼板40の積層枚数が所定枚数に達したか否かが判断される。その結果、達していない場合（判定：N O）には、フローが鋼板送り出し工程S1に戻り、鋼板送り出し工程S1～3回目打ち抜き及び積層工程S6が再び繰り返される。一方、積層枚数確認工程S7において所定枚数に達した場合（判定：Y E S）には、フローが取り出し工程S8へと進む。

続く取り出し工程S8では、完成したステータ用接着積層コア21を外周打ち抜き雌金型162内から取り出すことで、接着積層コア製造方法の全工程が終了する。

完成したステータ用接着積層コア21では、絶縁被膜i1、i2による高

い絶縁性能を確保した上で、これら絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ に含まれる硬化促進剤によって早期に高い接着強度を確保可能としている。ここで、ステータ用接着積層コア 21 が必要とする絶縁性能は、例えば層間抵抗の数値が $10\Omega - cm^2$ /枚以上を満たすことを測定することで確認できる。以降に説明する他の実施形態及び変形例についても同様である。

[0056] 以上説明の接着積層コア製造装置 100 を用いた接着積層コア製造方法の骨子を、以下に纏める。

(1) 本実施形態の電磁鋼板 40 (帯状鋼板 M) は、単位質量%で、以下の化学組成を含有する。

Si : 2.5% ~ 3.9%

Al : 0.001% ~ 3.0%

Mn : 0.05% ~ 5.0%

残部 : Fe 及び不純物

そして、電磁鋼板 40 (帯状鋼板 M) の両面に、硬化促進剤を含有する絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ が形成されている。なお、本発明は、絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ の両方が形成されている場合のみに限らず、絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ のうちの一方 (片面) のみが形成されていてもよい。

上記 (1) に記載の電磁鋼板 40 によれば、この電磁鋼板 40 を用いてステータ用接着積層コア 21 を製造する際、絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ 内に添加された硬化促進剤が予め乾燥していてもなおかつ絶縁被膜 $i1$ 、 $i2$ 内に封入された状態にあるため、プレス加工前に塗布されるプレス加工油 $b2$ と混ざり合うことが抑制されている。したがって、各電磁鋼板 40 を積層して接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤 c と混ざり合えるため、高い接着強度を早期に発現できる。よって、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性を得ることが可能である。

[0057] (2) 上記 (1) に記載の電磁鋼板 40 において、硬化促進剤が、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム、及びそれらの組み合わせから選択される、嫌気硬

化を促進する有効成分を含んでもよい。

上記（２）に記載の電磁鋼板４０によれば、この電磁鋼板４０を複数枚積層して嫌気性接着剤で接着することによってステータ用接着積層コア２１を製造する際に、嫌気性接着剤の硬化が速やか、かつ完全に進行する。そのため、特に短時間の製造やアウトガスの抑制等を要求される製造に極めて優れ、生産性を向上させることができる。

[0058] （３）本実施形態の接着積層コア製造方法は、片面にプレス加工油ｂ２を塗布した帯状鋼板Ｍにプレス加工を行い、帯状鋼板Ｍの片面に接着剤ｃを塗布して複数枚の鋼板部品４０を得て、各鋼板部品４０を積層接着することによってステータ用接着積層コア２１を製造する方法であって、帯状鋼板Ｍとして上記（１）または（２）に記載の電磁鋼板４０を用いる。

上記（３）に記載の接着積層コア製造方法によれば、絶縁被膜ｉ１，ｉ２に添加された硬化促進剤が予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜ｉ１，ｉ２内に封入された状態にあるため、プレス加工前に塗布されるプレス加工油ｂ２と混ざり合うことが抑制される。したがって、各電磁鋼板４０を積層して接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤ｃと混ざり合えるため、高い接着強度を早期に発現できる。よって、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性を得ることが可能である。

[0059] （４）上記（３）に記載の接着積層コア製造方法において、以下のようにしてもよい：

各電磁鋼板４０が、先に打ち抜かれた電磁鋼板（第１鋼板部品）４０及び後に打ち抜かれた電磁鋼板（第２鋼板部品）４０を含む。そして、この接着積層コア製造方法が、上面（第１の面）に絶縁被膜ｉ１を有する、先に打ち抜かれた電磁鋼板（第１鋼板部品）４０を準備する第１の工程と；下面（第２の面）に、絶縁被膜ｉ２と、絶縁被膜ｉ２上に塗布されたプレス加工油ｂ２と、プレス加工油ｂ２上に塗布された接着剤ｃとを有する、後に打ち抜かれた電磁鋼板（第２鋼板部品）４０を準備する第２の工程と；前記上面（第１の面）及び前記下面（第２の面）が互いに対向するように、先に打ち抜か

れた電磁鋼板（第1鋼板部品）40と、後に打ち抜かれた電磁鋼板（第2鋼板部品）40とを、重ね合わせて接着する第3の工程と；を有する。

上記（4）に記載の接着積層コア製造方法によれば、第3の工程の前に、硬化促進剤は予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜i1、i2内に封入された状態にあるため、プレス加工油i2と混ざり合うのが抑制された状態にある。そのため、第3の工程で、先に打ち抜かれた電磁鋼板（第1鋼板部品）40と、後に打ち抜かれた電磁鋼板（第2鋼板部品）40とを重ね合わせて接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤cと混ざり合える。

[0060] なお、上記実施形態では、帯状鋼板Mの下面のみにプレス加工油b2を塗布する場合について説明したが、この形態のみに限らず、帯状鋼板Mの上面及び下面の両方にプレス加工油b2を塗布してもよい。この変形例について、図5を用いて以下に説明する。本変形例では、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i1が帯状鋼板Mの上面に形成され、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i2が帯状鋼板Mの下面に形成され、プレス加工油b1が帯状鋼板Mの上面に塗布され、プレス加工油b2が帯状鋼板Mの下面に塗布され、そして接着剤cを帯状鋼板Mの下面のみに塗布する。

[0061] 図5に示すように、本変形例の接着積層コア製造方法は、鋼板送り出し工程S1Aと、加工油塗布工程S2Aと、1回目打ち抜き工程S3Aと、2回目打ち抜き工程S4Aと、接着剤塗布工程S5Aと、3回目打ち抜き及び積層工程S6Aと、積層枚数確認工程S7Aと、取り出し工程S8Aと、を有する。

[0062] 鋼板送り出し工程S1Aは、上記鋼板送り出し工程S1と同じであるので、その説明を省略する。

続く加工油塗布工程S2では、上ローラー131a及び下ローラー131bの間に帯状鋼板Mを挟み込みながら、帯状鋼板Mの上面にプレス加工油b1を塗布し、帯状鋼板Mの下面にプレス加工油b2を塗布する。その結果、絶縁被膜i1の全面を覆うプレス加工油b1の層が形成されると同時に、絶

縁被膜 i 2 の全面を覆うプレス加工油 b 2 の層が形成される。この時、硬化促進剤は固体である絶縁被膜 i 1, i 2 内に保持されているため、プレス加工油 b 1, b 2 と混ざって濃度が下がることはなく、ほぼ元の状態を維持する。なお、説明の便宜上より、帯状鋼板 M の上下面に塗布されるプレス加工油を区別するために符号 b 1, b 2 を用いたが、これらプレス加工油 b 1, b 2 は成分も塗布厚も互いに同じである。

[0063] 続く 1 回目打ち抜き工程 S 3 A は、上記 1 回目打ち抜き工程 S 3 と同じであるので、その説明を省略する。

続く 2 回目打ち抜き工程 S 4 A も、上記 2 回目打ち抜き工程 S 4 と同じであるので、その説明を省略する。

続く接着剤塗布工程 S 5 A も、上記接着剤塗布工程 S 5 と同じであるので、その説明を省略する。

[0064] 続く 3 回目打ち抜き及び積層工程 S 6 A では、外周打ち抜き雄金型 1 6 1 によって帯状鋼板 M から外周が打ち抜かれた電磁鋼板 4 0 が、先に打ち抜かれた他の電磁鋼板 4 0 の上面に積層される。前記他の電磁鋼板 4 0 の上面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜 i 1 と、この絶縁被膜 i 1 上に塗布されたプレス加工油 b 1 の膜とが形成されている。この上に、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板 4 0 を積層して加圧しながら加熱する。すると、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板 4 0 の下面にある接着剤 c が、先に外周打ち抜きをした前記他の電磁鋼板 4 0 の上面にあるプレス加工油 b 1 を押し退け、その下にある絶縁被膜 i 1 内の硬化促進剤と混ざり合う。同時に、接着剤 c は、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板 4 0 の下面にあるプレス加工油 b 2 を押し退けて絶縁被膜 i 2 内の硬化促進剤とも混ざり合う。このようにして接着剤 c は、絶縁被膜 i 1, i 2 の両方に含まれる硬化促進剤と混ざり合いながら瞬時に硬化する。この時、硬化促進剤は、その濃度を維持したまま接着剤 c と混ざり合えるので、硬化促進の効果を十分に発揮できる。

[0065] 以上の工程を順次繰り返すことで所定枚数の電磁鋼板 4 0 を積層及び接着し、ステータ用接着積層コア 2 1 が完成する。

なお、積層枚数確認工程 S 7 A は、上記積層枚数確認工程 S 7 と同じであるので、その説明を省略する。

同様に、取り出し工程 S 8 A も、上記取り出し工程 S 8 と同じであるので、その説明を省略する。

[0066] [第 2 実施形態]

続いて、図 6 及び図 7 を用いて本発明の第 2 実施形態を以下に説明する。

図 6 は、本実施形態に係る接着積層コア製造装置の側面図である。また、図 7 は、本実施形態に係る接着積層コア製造方法を説明するための、フローチャートである。

図 6 に示すように、本実施形態の接着積層コア製造装置 200 は、帯状鋼板供給部 210 と、駆動部（不図示）と、プレス加工油塗布部 230 と、プレス加工部 240 と、接着剤塗布部 250 と、積層接着部 260 とを備える。

[0067] 帯状鋼板供給部 210 には、電磁鋼板（鋼板部品）40 の素材となる帯状鋼板 M を巻回したフープ材 F が軸支されており、図 6 の紙面右側に向かって帯状鋼板 M を送り出す。以下の説明において、帯状鋼板 M の送り方向である紙面右側を下流側、その逆方向である紙面左側を上流側という場合がある。この帯状鋼板供給部 210 より下流側に向けて送られる帯状鋼板 M は、上述した化学組成を有する鋼板であり、その両面（上面及び下面の両方）が上述した絶縁被膜で被覆されている。この絶縁被膜には、上述した硬化促進剤が予め添加されている。よって、帯状鋼板供給部 210 において、帯状鋼板 M の上下面には、これらの面に沿って一様に、予め乾燥していてもなおかつ絶縁被膜内に封入された状態で、硬化促進剤が存在している。

[0068] 前記駆動部は、帯状鋼板供給部 210 とプレス加工油塗布部 230 との間の位置 D に配置されている。前記駆動部は、帯状鋼板 M を、帯状鋼板供給部 210 からプレス加工油塗布部 230 に向かう紙面右方向に向けて間欠的に送り出す。帯状鋼板供給部 210 から送り出された帯状鋼板 M の上下面には、引き続き、予め乾燥していてもなおかつ絶縁被膜内に封入された状態で、硬

化促進剤が各面に沿って一様に存在している。

[0069] プレス加工油塗布部230は、塗布ローラー231とオイルパン232とを備える。

オイルパン232は、帯状鋼板Mの下方でかつ塗布ローラー231の真下の位置に配置されている。塗布ローラー231は、上ローラー231a及び下ローラー231bを有する。

上ローラー231aは、帯状鋼板Mの真上に配置され、上下動することにより、帯状鋼板Mの上面に対して接した状態と離間した状態との間で切り換え可能である。上ローラー231aは、図示されないプレス加工油供給部から供給されたプレス加工油をその外周面に浸透させた状態で鋼板Mの上面に対して接しながら転動することで、帯状鋼板Mの上面にプレス加工油を供給可能である。

下ローラー231bは、帯状鋼板Mの真下に配置され、上下動することにより、帯状鋼板Mの下面に対して接した状態と離間した状態との間で切り換え可能である。下ローラー231bは、前記プレス加工油供給部から供給されたプレス加工油をその外周面に浸透させた状態で鋼板Mの下面に対して接しながら転動することで、帯状鋼板Mの下面にプレス加工油を供給可能である。

オイルパン232は、上ローラー231a及び下ローラー231bから垂れてきた余剰のプレス加工油を受け止めて回収し、そしてこれを前記プレス加工油供給部に戻す。

[0070] 上記プレス加工油塗布部230によれば、上ローラー231aを帯状鋼板Mの上面に当接させた状態で前記プレス加工油供給部からプレス加工油を供給することにより、帯状鋼板Mの上面にある絶縁被膜上にプレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

同様に、下ローラー231bを帯状鋼板Mの下面に当接させた状態で前記プレス加工油供給部からプレス加工油を供給することにより、帯状鋼板Mの

下面にある絶縁被膜上にプレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

[0071] あるいは、上ローラー231a及び下ローラー231b間に帯状鋼板Mを挟み込むことにより、帯状鋼板Mの上面にある絶縁被膜と帯状鋼板Mの下面にある絶縁被膜との両方に、プレス加工油の層を全面にわたって形成させつつ、連続的あるいは間欠的に帯状鋼板Mを下流側に送り出すことができる。

このように、上ローラー231a及び下ローラー231bの各位置を必要に応じてそれぞれ上下動させることにより、プレス加工油の塗布を、帯状鋼板Mの上面のみに行う場合、帯状鋼板Mの下面のみに行う場合、帯状鋼板Mの上面及び下面の両方に行う場合、の3通りから選択することができる。

[0072] ここで、上記の何れの場合においても、プレス加工油が塗布される前の時点で、帯状鋼板Mの上下面にある硬化促進剤は絶縁被膜内に乾燥した状態で封止されているため、プレス加工油の塗布によってその濃度が薄められることが抑制される。したがって、プレス加工油塗布後の帯状鋼板Mの上面における硬化促進剤の濃度は、フープ材Mの時点から変わることなく維持されている。同様に、プレス加工油塗布後の帯状鋼板Mの下面における硬化促進剤の濃度も、フープ材Mの時点から変わることなく維持されている。よって、プレス加工油塗布部230を経た後の帯状鋼板Mは、その上下面における硬化促進剤の濃度を維持したまま、プレス加工部240へと送られる。

[0073] プレス加工部240は、第1段打ち抜き部241と第2段打ち抜き部242と第3段打ち抜き部243とを備える。

第1段打ち抜き部241は、プレス加工油塗布部230の下流側に配置され、雄金型241a及び雌金型241bを有する。雄金型241a及び雌金型241bは、鉛直方向に沿って同軸配置されており、これらの間を帯状鋼板Mが挿通する。よって、帯状鋼板Mの上面に対して雄金型241aが対向し、帯状鋼板Mの下面に対して雌金型241bが対向する。そして、帯状鋼板Mの送り出しを一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、雄金型241aを下方に向けて移動させて雌金型241b内に至らせることで

、帯状鋼板Mのうち、電磁鋼板40を形成するために必要な1回目の打ち抜き加工を行う。この時、帯状鋼板Mには予めプレス加工油が塗布されているので、焼き付き等を生じることなく打ち抜くことができる。この打ち抜き加工の後、今度は雄金型241aを上方に移動させて雌金型241bから引き抜き、帯状鋼板Mを再び下流側に向けて送り出す。

[0074] 第2段打ち抜き部242は、第1段打ち抜き部241の下流側に配置され、雄金型242a及び雌金型242bを有する。雄金型242a及び雌金型242bは、鉛直方向に沿って同軸配置されており、これらの間を、1回目の打ち抜き加工を終えた後の帯状鋼板Mが挿通する。よって、帯状鋼板Mの上面に対して雄金型242aが対向し、帯状鋼板Mの下面に対して雌金型242bが対向する。そして、帯状鋼板Mの送り出しを再び一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、雄金型242aを下方に向けて移動させて雌金型242b内に至らせることで、帯状鋼板Mのうち、電磁鋼板40を形成するために必要な2回目の打ち抜き加工を行う。この時も、帯状鋼板Mの上下面にはプレス加工油が予め塗布されているので、焼き付き等を生じることなく打ち抜くことができる。この打ち抜き加工の後、今度は雄金型242aを上方に移動させて雌金型242bから引き抜き、帯状鋼板Mを再び下流側に向けて送り出す。

[0075] 第3段打ち抜き部243は、第2段打ち抜き部242の下流側に配置され、雄金型243a及び雌金型243bを有する。雄金型243a及び雌金型243bは、鉛直方向に沿って同軸配置されており、これらの間を、2回目の打ち抜き加工を終えた後の帯状鋼板Mが挿通する。よって、帯状鋼板Mの上面に対して雄金型243aが対向し、帯状鋼板Mの下面に対して雌金型243bが対向する。そして、帯状鋼板Mの送り出しを再び一時停止させた状態で、図示されない油圧機構により、雄金型243aを下方に向けて移動させて雌金型243b内に至らせることで、帯状鋼板Mのうち、電磁鋼板40を形成するために必要な3回目の打ち抜き加工を行う。この時も、帯状鋼板Mの上下面にはプレス加工油が予め塗布されているので、焼き付き等を生じ

ることなく打ち抜くことができる。この打ち抜き加工の後、今度は雄金型 2 4 3 a を上方に移動させて雌金型 2 4 3 b から引き抜き、帯状鋼板 M を再び下流側に向けて送り出す。

このようにしてプレス加工部 2 4 0 を経た後の帯状鋼板 M は、その上下面に依然として高い濃度を維持したままの硬化促進剤が存在しており、そのまま接着剤塗布部 2 5 0 へと送られる。

[0076] 接着剤塗布部 2 5 0 は、プレス加工部 2 4 0 の下流側にある積層接着部 2 6 0 内に組み込まれている。接着剤塗布部 2 5 0 は、空気圧送機 2 5 1 と、シリンジ 2 5 2 と、ノズル 2 5 3 とを備える。

シリンジ 2 5 2 は、接着剤を貯留する容器であり、空気圧送機 2 5 1 とノズル 2 5 3 との間に配管を介して接続されている。接着剤は、上記第 1 実施形態で説明したものを使用できる。

ノズル 2 5 3 は、帯状鋼板 M の上方に配置されている。よって、ノズル 2 5 3 の吐出口は、帯状鋼板 M の上面に対向している。

[0077] 接着剤は、帯状鋼板 M の上面にある絶縁被膜を覆うプレス加工油の表面上に塗布される。プレス加工油は液状であるものの、絶縁被膜自体が固体であるため、絶縁被膜内に添加された硬化促進剤と混じり合うことが抑制されている。よって、帯状鋼板 M の上面において、硬化促進剤と接着剤とが互いに分離した状態が維持される。その結果、接着剤塗布部 2 5 0 を経た後の帯状鋼板 M は、その上下面に依然として高い濃度を維持したままの硬化促進剤が存在している。

[0078] 積層接着部 2 6 0 は、プレス加工部 2 4 0 の下流側でかつ接着剤塗布部 2 5 0 と同じ位置に配置されている。積層接着部 2 6 0 は、外周打ち抜き雄金型 2 6 1 と、外周打ち抜き雌金型 2 6 2 と、スプリング 2 6 3 と、加熱器 2 6 4 と、を備える。

外周打ち抜き雄金型 2 6 1 は、円形の底面を有する円柱形状の金型であり、その上端にはスプリング 2 6 3 の下端が接続されている。そして、外周打ち抜き雄金型 2 6 1 は、スプリング 2 6 3 で支持された状態で、スプリング

263と共に上下動可能とされている。外周打ち抜き雄金型261は、前記ステータ用接着積層コア21の外径寸法と略同じ外径寸法を有している。外周打ち抜き雄金型261内には、前記ノズル253が内蔵されている。そして、ノズル253の前記吐出口が、外周打ち抜き雄金型261の前記底面に形成されている。

[0079] 外周打ち抜き雌金型262は、円柱形状の内部空間を有する金型であり、前記ステータ用接着積層コア21の外径寸法と略同じ内径寸法を有している。

加熱器264は、外周打ち抜き雌金型262に、一体に組み込まれている。加熱器264は、外周打ち抜き雌金型262内に積層された各電磁鋼板（鋼板部品）40をその周囲より加熱する。前記接着剤として加熱硬化型を用いる場合、この接着剤は、加熱器264からの熱を受けて硬化する。一方、接着剤として常温硬化型を用いる場合、この接着剤は、加熱を要することなく室温にて硬化する。

[0080] 上記積層接着部260によれば、帯状鋼板Mの送り出しを一時停止させた状態で、外周打ち抜き雄金型261を降下させて帯状鋼板Mを外周打ち抜き雌金型262との間に挟み込み、さらに外周打ち抜き雄金型261を外周打ち抜き雌金型262内に押し込むことで、帯状鋼板Mから外周打ち抜きされた電磁鋼板40が得られる。

さらに、この外周打ち抜きの際、前記空気圧送機251を起動させて適量の空気をシリンジ252へ圧送すると、シリンジ252内の接着剤がノズル253へ送られる。その結果、外周打ち抜き雄金型261の前記底面に形成された前記吐出口から適量の接着剤が吐出され、帯状鋼板Mの上面に塗布される。ここで塗布された接着剤は、次に外周打ち抜きされて積層される他の電磁鋼板40を接着するために用いられる。

[0081] 今回外周打ち抜きされた電磁鋼板40は、前回に打ち抜かれて外周打ち抜き雌金型262内に積層及び接着された他の電磁鋼板40の上面に積層される。

そして、外周打ち抜き雄金型 2 6 1 からの加圧力と、加熱器 2 6 4 からの加熱とが、積層された各電磁鋼板 4 0 に加えられる。この時、外周打ち抜き雄金型 2 6 1 から電磁鋼板 4 0 に加えられる加圧力は、前記スプリング 2 6 3 の付勢力によって常に一定に維持される。

[0082] この時の加圧力により、前回に打ち抜いた他の電磁鋼板 4 0 の上面にある接着剤が、今回に外周打ち抜きをした電磁鋼板 4 0 の下面にある絶縁被膜内の硬化促進剤と、前回に打ち抜いた他の電磁鋼板 4 0 の上面にある絶縁被膜内の硬化促進剤と、のうちの少なくとも一方と混ざり合いながら瞬時に硬化する。

以上により、今回打ち抜いた電磁鋼板 4 0 が、前回に打ち抜かれた他の電磁鋼板 4 0 の上面に対して接着固定される。このような外周打ち抜き、加圧、そして加熱の各工程を各電磁鋼板 4 0 の積層枚数分の回数、繰り返すことで、外周打ち抜き雌金型 2 6 2 内にステータ用接着積層コア 2 1 が形成される。

[0083] 図 6 に示すように、前記雌金型 2 4 1 b、前記雌金型 2 4 2 b、前記雌金型 2 4 3 b、前記外周打ち抜き雌金型 2 6 2、及び前記加熱器 2 6 4 は、共通の固定基台 2 7 1 上に固定されている。したがって、これら雌金型 2 4 1 b、雌金型 2 4 2 b、雌金型 2 4 3 b、外周打ち抜き雌金型 2 6 2、及び前記加熱器 2 6 4 は、水平方向及び上下方向の相対位置が固定されている。

同様に、前記雄金型 2 4 1 a、前記雄金型 2 4 2 a、前記雄金型 2 4 3 a、前記ノズル 2 5 3、及び前記外周打ち抜き雄金型 2 6 1 も、共通の可動基台 2 7 2 の下面に固定されている。したがって、これら雄金型 2 4 1 a、雄金型 2 4 2 a、ノズル 2 5 3、及び外周打ち抜き雄金型 2 6 1 も、水平方向及び上下方向の相対位置が固定されている。

[0084] 前記駆動部が帯状鋼板 M を下流側に向かって送り出し、一時停止させた時に可動基台 2 7 2 を下降させることで、電磁鋼板 4 0 の外周打ち抜き及び積層及び接着ならびに次工程のための接着剤塗布と、帯状鋼板 M で次に外周打ち抜きされる位置への前記 3 回目の打ち抜き加工と、帯状鋼板 M で次に前記

3回目の打ち抜き加工を行う位置への前記2回目の打ち抜き加工と、帯状鋼板Mで次に前記2回目の打ち抜き加工を行う位置への前記1回目の打ち抜き加工と、が同時に行われる。

続いて、可動基台272を上昇させて帯状鋼板Mの上方に退避させた後、前記駆動部により帯状鋼板Mを再び下流側に所定距離だけ送り出し、そして再び一時停止させる。この状態で可動基台272を再び下降させ、各位置での加工を継続して行う。このように、前記駆動部により帯状鋼板Mを間欠的に送りながら、一時停止時に可動基台272を上下動させる工程を繰り返すことにより、ステータ用接着積層コア21が製造される。

[0085] 以上説明の構成を有する接着積層コア製造装置200を用いた接着積層コア製造方法について、図7を用いて以下に説明する。本実施形態では、硬化促進剤が添加された絶縁被膜が帯状鋼板Mの上下面に形成され、プレス加工油を帯状鋼板Mの上下面に塗布し、そして接着剤を帯状鋼板Mの上面のみに塗布する場合を例示する。

図7に示すように、本実施形態の接着積層コア製造方法は、鋼板送り出し工程S1Bと、加工油塗布工程S2Bと、1回目打ち抜き工程S3Bと、2回目打ち抜き工程S4Bと、3回目打ち抜き工程S5Bと、4回目打ち抜き及び積層工程S6Bと、積層枚数確認工程S7Bと、取り出し工程S8Bと、を有する。

[0086] 硬化促進剤は、帯状鋼板Mの上面を被覆する絶縁被膜i1内と、帯状鋼板Mの下面を被覆する絶縁被膜i2内との両方に添加されている。なお、説明の便宜上より、帯状鋼板Mの上下面にある絶縁被膜を区別するために符号i1, i2を用いたが、これら絶縁被膜i1, i2は、成分も厚みも互いに同じである。

続く加工油塗布工程S2Bでは、上ローラー231a及び下ローラー231b間に帯状鋼板Mを上下より挟み込み、帯状鋼板Mの上下面にプレス加工油b1, b2が塗布される。その結果、絶縁被膜i1の全面を覆うプレス加工油b1の層が形成される。加えて、絶縁被膜i2の全面を覆うプレス加工

油 b 2 の層が形成される。この時、硬化促進剤は固体である絶縁被膜 i 1 , i 2 内に保持されている。そのため、絶縁被膜 i 1 内の硬化促進剤がプレス加工油 b 1 と混ざって濃度が下がることはなく、ほぼ元の状態を維持する。同様に、絶縁被膜 i 2 内の硬化促進剤がプレス加工油 b 2 と混ざって濃度が下がることもなく、ほぼ元の状態を維持する。

[0087] 続く 1 回目打ち抜き工程 S 3 B では、第 1 段打ち抜き部 2 4 1 により帯状鋼板 M の 1 回目の打ち抜きが行われる。この時、帯状鋼板 M にはプレス加工油 b 1 , b 2 が予め塗布されているため、雄金型 2 4 1 a 及び雌金型 2 4 1 b 間における焼き付き等、プレス加工上の不具合が生じない。

続く 2 回目打ち抜き工程 S 4 B では、第 2 段打ち抜き部 2 4 2 により帯状鋼板 M の 2 回目の打ち抜きが行われる。この時も、帯状鋼板 M にはプレス加工油 b 1 , b 2 が予め塗布されているため、雄金型 2 4 2 a 及び雌金型 2 4 2 b 間における焼き付き等、プレス加工上の不具合が生じない。

[0088] 続く 3 回目打ち抜き工程 S 5 B では、第 3 段打ち抜き部 2 4 3 により帯状鋼板 M の 3 回目の打ち抜きが行われる。この時も、帯状鋼板 M にはプレス加工油 b 1 , b 2 が予め塗布されているため、雄金型 2 4 3 a 及び雌金型 2 4 3 b 間における焼き付き等、プレス加工上の不具合が生じない。

以上の 1 回目打ち抜き工程 S 3 B ~ 3 回目打ち抜き工程 S 5 B により、外形部分を除き、図 1 に示したコアバック部 2 2 及びティース部 2 3 が帯状鋼板 M に形成される。

[0089] 続く 4 回目打ち抜き及び積層工程 S 6 B では、外周打ち抜き雄金型 2 6 1 によって帯状鋼板 M から外周が打ち抜かれた電磁鋼板 4 0 が、前回に外周打ち抜きされた他の電磁鋼板 4 0 の上面に積層される。前記他の電磁鋼板 4 0 の上面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜 i 1 と、絶縁被膜 i 1 上を覆うプレス加工油 b 1 と、プレス加工油 b 1 上に前回塗布された接着剤 c と、がこの並び順に形成されている。また、今回に外周打ち抜きされた電磁鋼板 4 0 の下面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜 i 2 と、絶縁被膜 i 2 上を覆うプレス加工油 b 2 と、がこの並び順に形成されている。

[0090] 今回に外周打ち抜きされた電磁鋼板 40 は、前回に外周打ち抜きされた他の電磁鋼板 40 の上面に積層された状態で、加圧を受けながら加熱される。すると、前回に外周打ち抜きをした他の電磁鋼板 40 の上面にある接着剤 c が、同じく前回に外周打ち抜きをした前記他の電磁鋼板 40 の上面にあるプレス加工油 b1 を押し退けて絶縁被膜 i1 内の硬化促進剤と混ざり合う。同時に、接着剤 c は、今回に外周打ち抜きをした電磁鋼板 40 の下面にあるプレス加工油 b2 を押し退けて絶縁被膜 i2 内の硬化促進剤とも混ざり合う。このようにして接着剤 c は、絶縁被膜 i1, i2 の両方に含まれる硬化促進剤と混ざり合いながら瞬時に硬化する。このように、硬化促進剤は、その濃度を維持したまま接着剤 c と混ざり合えるので、硬化促進の効果を十分に発揮できる。

[0091] 一方、今回外周打ち抜きを行った電磁鋼板 40 の上面には、今回外周打ち抜きを行った電磁鋼板 40 を前記他の電磁鋼板 40 に積層すると同時に、ノズル 253 から接着剤 c が塗布される。この接着剤 c は、電磁鋼板 40 の上面にあってまだ硬化促進剤と混ざっていないため、液状をなしている。

[0092] 以上の工程を順次繰り返すことで所定枚数の電磁鋼板 40 を積層及び接着し、ステータ用接着積層コア 21 が完成する。

すなわち、積層枚数確認工程 S7B において電磁鋼板 40 の積層枚数が所定枚数に達したか否かが判断される。その結果、達していない場合（判定：NO）には、フローが鋼板送り出し工程 S1B に戻り、鋼板送り出し工程 S1B～4 回目打ち抜き及び積層工程 S6B が再び繰り返される。一方、積層枚数確認工程 S7B において所定枚数に達した場合（判定：YES）には、フローが取り出し工程 S8B へと進む。

続く取り出し工程 S8B では、完成したステータ用接着積層コア 21 を外周打ち抜き雌金型 262 内から取り出すことで、接着積層コア製造方法の全工程が終了する。

[0093] 以上説明の接着積層コア製造装置 100 を用いた接着積層コア製造方法の骨子を、以下に纏める。

本実施形態では、上記第1実施形態で述べた上記(1)～(4)の骨子のうち、上記(4)の骨子に代えて下記(5)の骨子を採用している。

(5) 上記(3)に記載の接着積層コア製造方法において、以下のようになる。

各鋼板部品40が、後に打ち抜かれた電磁鋼板(第3鋼板部品)40及び先に外周打ち抜きされた電磁鋼板(第4鋼板部品)40を含む。そして、この接着積層コア製造方法が、下面(第3の面)の側に、絶縁被膜i2と、絶縁被膜i2上に塗布されたプレス加工油b2とを有する、後に打ち抜かれた電磁鋼板(第3鋼板部品)40を準備する第4の工程と；上面(第4の面)の側に、絶縁被膜i1と、絶縁被膜i1上に塗布されたプレス加工油b1と、プレス加工油b1上に塗布された接着剤cとを有する、先に外周打ち抜きされた電磁鋼板(第4鋼板部品)40を準備する第5の工程と；前記下面(第3の面)及び前記上面(第4の面)が互いに対向するように、先に打ち抜かれた電磁鋼板(第4鋼板部品)40と、後に打ち抜かれた電磁鋼板(第3鋼板部品)40とを、重ね合わせて接着する第6の工程と；を有する。

上記(5)に記載の接着積層コア製造方法によれば、第6の工程の前に、硬化促進剤は予め乾燥していてなおかつ絶縁被膜i1、i2内に封入された状態にあるため、プレス加工油b1、b2と混ざり合うのが抑制された状態にある。そのため、第6の工程で、先に打ち抜かれた電磁鋼板(第4鋼板部品)40と、後に打ち抜かれた電磁鋼板(第3鋼板部品)40とを重ね合わせて接着する際に、硬化促進剤が高い濃度を維持したまま接着剤cと混ざり合える。

[0094] なお、上記実施形態では、帯状鋼板Mの上下面にプレス加工油b1、b2を塗布する場合について説明したが、この形態のみに限らず、帯状鋼板Mの上面のみにプレス加工油b1を塗布してもよい。この変形例について、図8を用いて以下に説明する。本変形例では、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i1が帯状鋼板Mの上面に形成され、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i2が帯状鋼板Mの下面に形成され、プレス加工油b1が帯状鋼板Mの上面に塗

布され、帯状鋼板Mの下面にはプレス加工油b 2を塗布せず、そして接着剤cを帯状鋼板Mの上面のみに塗布する。

[0095] 図8に示すように、本変形例の接着積層コア製造方法は、鋼板送り出し工程S 1 Cと、加工油塗布工程S 2 Cと、1回目打ち抜き工程S 3 Cと、2回目打ち抜き工程S 4 Cと、3回目打ち抜き工程S 5 Cと、4回目打ち抜き及び積層工程S 6 Cと、積層枚数確認工程S 7 Cと、取り出し工程S 8 Cと、を有する。

[0096] 鋼板送り出し工程S 1 Cは、上記鋼板送り出し工程S 1 Bと同じであるので、その説明を省略する。

続く加工油塗布工程S 2 Cでは、上ローラー231 aを帯状鋼板Mの上面に当てながらプレス加工油b 1のみを塗布する。その結果、絶縁被膜i 1の全面を覆うプレス加工油b 1の層が形成される一方、絶縁被膜i 2にはプレス加工油b 2が塗布されない。この時、硬化促進剤は固体である絶縁被膜i 1内に保持されているため、プレス加工油b 1と混ざって濃度が下がることはなく、ほぼ元の状態を維持する。

[0097] 続く1回目打ち抜き工程S 3 Cは、上記1回目打ち抜き工程S 3 Bと同じであるので、その説明を省略する。

続く2回目打ち抜き工程S 4 Cも、上記2回目打ち抜き工程S 4 Bと同じであるので、その説明を省略する。

続く3回目打ち抜き工程S 5 Cも、上記3回目打ち抜き工程S 5 Bと同じであるので、その説明を省略する。

[0098] 続く4回目打ち抜き及び積層工程S 6 Cでは、外周打ち抜き雄金型261によって帯状鋼板Mから外周が打ち抜かれた電磁鋼板40が、前回に外周打ち抜きされた他の電磁鋼板40の上面に積層される。前記他の電磁鋼板40の上面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i 1と、絶縁被膜i 1上を覆うプレス加工油b 1と、プレス加工油b 1上に前回塗布された接着剤cと、がこの並び順に形成されている。また、今回に外周打ち抜きされた電磁鋼板40の下面には、硬化促進剤が添加された絶縁被膜i 2のみが形成されてい

る。この今回外周打ち抜きをした電磁鋼板40を、前回に外周打ち抜きされた他の電磁鋼板40の上面に積層して加圧しながら加熱する。すると、前回外周打ち抜きをした他の電磁鋼板40の上面にある接着剤cが、同じく前回に外周打ち抜きをした前記他の電磁鋼板40の上面にあるプレス加工油b1を押し退けて絶縁被膜i1内の硬化促進剤と混ざり合う。同時に、接着剤cは、今回外周打ち抜きをした電磁鋼板40の下面にある絶縁被膜i2内の硬化促進剤とも混ざり合う。このようにして接着剤cは、絶縁被膜i1, i2の両方に含まれる硬化促進剤と混ざり合いながら瞬時に硬化する。この時、硬化促進剤は、その濃度を維持したまま接着剤cと混ざり合えるので、硬化促進の効果をも十分に発揮できる。

[0099] 一方、今回外周打ち抜きを行った電磁鋼板40の上面には、今回外周打ち抜きを行った電磁鋼板40を前記他の電磁鋼板40に積層すると同時に、ノズル253から接着剤cが塗布される。この接着剤cは、電磁鋼板40の上面にあってまだ硬化促進剤と混ざっていないため、液状をなしている。

[0100] 以上の工程を順次繰り返すことで所定枚数の電磁鋼板40を積層及び接着し、ステータ用接着積層コア21が完成する。

なお、積層枚数確認工程S7Cは、上記積層枚数確認工程S7Bと同じであるので、その説明を省略する。

同様に、取り出し工程S8Cも、上記取り出し工程S8Bと同じであるので、その説明を省略する。

[0101] 以上、本発明の各実施形態及び各変形例について説明した。ただし、本発明の技術的範囲は、上記各実施形態及び上記各変形例のみ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。

例えば、ステータ用接着積層コア21の形状は、各実施形態で示した形態のみに限定されるものではない。具体的には、ステータ用接着積層コア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

等は、所望の回転電機の特性に応じて任意に設計可能である。

各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、本発明の製造対象はこの形態のみに限られない。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。

[0102] 各実施形態では、回転電機 10 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 10 の構造は、以下に例示するようにこれのみに限られず、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。

各実施形態では、回転電機 10 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、本発明はこれのみに限られない。例えば、回転電機 10 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。

各実施形態では、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 10 が誘導電動機であってもよい。

各実施形態では、回転電機 10 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 10 が直流電動機であってもよい。

各実施形態では、回転電機 10 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 10 が発電機であってもよい。

[0103] 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。

実施例

[0104] まず、以下の表 1 に示す番号 1 ～ 13 の被膜成分を準備した。

そして、嫌気性接着剤の硬化促進作用を持つ化合物である番号 7 ～ 11 の何れかの被膜成分を予め乾燥させた後、これらを、絶縁被膜成分である番号

1～5の被膜成分に加えた絶縁被膜溶液を調製した。そして、この絶縁被膜溶液に、適宜純水を加えて攪拌することで濃度調整を行い、絶縁被膜形成用の処理液とした。この絶縁被膜形成用の処理液の配合に際し、含有量は表1に示す通りとした。

同様に、嫌気性接着剤の硬化促進作用を持たない化合物である番号12, 13の何れかの被膜成分を、絶縁被膜成分である番号1～5の被膜成分に加えた絶縁被膜溶液を調製した。そして、この絶縁被膜溶液に適宜、純水を加えて攪拌することで濃度調整を行い、絶縁被膜形成用の処理液とした。この絶縁被膜形成用の処理液の配合に際し、含有量は表1に示す通りとした。

[0105]

[表1]

番号	被膜成分 (物質名)	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4
1	リン酸アルミニウム	75	40	30	0	0	80	0	0	70
2	リン酸マグネシウム	0	0	30	0	0	0	0	0	0
3	リン酸亜鉛	0	50	22	0	0	0	0	0	0
4	アクリル樹脂	20	6	0	25	50	17	70	50	17
5	エポキシ樹脂	0	0	14	0	30	0	30	30	0
6	エチレングリコール	3	3	3.6	5	0	3	0	0	3
7	五酸化バナジウム	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	ナフテン酸マンガン	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	ヘキサノ酸銅	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0
10	クロム酸マグネシウム	0	0	0	70	0	0	0	0	0
11	酸化鉄	0	0	0	0	20	0	0	0	0
12	シリカ	0	0	0	0	0	0	0	20	0
13	酸化ニッケル	0	0	0	0	0	0	0	0	10
合計		100	100	100	100	100	100	100	100	100

※表中の単位は質量%

[0106] 一方、平均質量%で、Si : 3.1%、Al : 0.6%、Mn : 0.1%

を含有し、残部がFe及び不純物からなり、平均板厚が0.30mmであり、L方向及びC方向の平均表面粗度がRa（中心線平均粗さ）でそれぞれ0.28 μ mである無方向性電磁鋼板を複数枚、用意した。そして、これら無方向性電磁鋼板それぞれの表面に、上記した絶縁被膜形成用の処理液を、塗布量が平均1.2g/m²になるようにロールコーターで塗布した。その後、500℃の加熱炉中で無方向性電磁鋼板の板温が200℃又は350℃になるように60秒間焼き付けることで、絶縁被膜を形成した。ところで、この絶縁被膜の形成工程における好ましい処理液の塗布量としては、平均値が0.4g/m²～2.0g/m²の範囲内とすることが考えられる。また、加熱炉中における無方向性電磁鋼板の板温としては、140℃～330℃の範囲内とすることが考えられる。さらに、加熱炉中における無方向性電磁鋼板の焼き付け時間としては、15秒～60秒の範囲内とすることが考えられる。

[0107] なお、表1に示す硬化促進作用を持つ化合物である番号7～11の被膜成分としては、被膜中の固形分で表1中の所定質量部になるように処理液を調整した。なお、場合によっては、界面活性剤等の分散剤も適宜使用した。

また、嫌気性接着剤の硬化促進作用を持たない化合物である番号12, 13についても同様の処理を行った。

ところで、処理液の調整に際しては、水及び溶剤100質量部に対する化合物の含有量を、0.2量部～20質量部の範囲内とすることが考えられる。

[0108] 続いて、実施例1～5及び比較例1～4のそれぞれについて、初期接着強度及び最終接着強度と、絶縁性能と、を調べた。その結果を下表2に示す。

[0109]

[表2]

特性	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
20秒後の初期接着強度 (MPa)	3	2	3	1	5	接着せず	0.3	0.1	0.5
24時間後の最終接着強度 (MPa)	10	12	11	7	14	4	3	4	7
100枚積層コア取出し時間(秒)	8	12	14	18	14	300	180	180	50
絶縁被膜の層間抵抗 ($\Omega\text{-cm}^2/\text{枚}$)	14	18	29	27	64	54	45	23	9
総合評価	Good	Good	Good	Good	Good	Bad	Bad	Bad	Not Good

[0110] 表2において、初期接着強度及び最終接着強度の評価に際しては、まず、

30 mm×60 mmの試料片を作成した。そして、この試料片の表面の全面に、予め打抜き油を塗布した。その後、打ち抜き油が塗布された試料片の表面の端部に、30 mm×10 mmの範囲で5 μ lの嫌気性接着剤を滴下して接着面とした。そして、嫌気性接着剤を滴下した直後に、この試料片の接着面に対し、他の無方向性電磁鋼板を重ね合わせた。

圧力0.3 MPaで重ね合わせ開始から20秒間保持した後に接着強度を測定したものを、初期接着強度とした。そして、重ね合わせ開始から24時間放置後に接着強度を測定したものを、最終接着強度とした。

[0111] また、初期接着強度及び最終接着強度の評価に加えて、表2に示すように、100枚積層時の取り出し時間も評価した。

すなわち、表2に示した「100枚積層コア取り出し時間」は、まず、表1に示した被膜成分の絶縁被膜を持つ無方向性電磁鋼板を、金型を用いて、外径60 mm、内径40 mmのリング状をなす複数枚の試料片に加工した。そして、これら試料片の各表面に打抜き油を塗布した後に、各表面の4か所それぞれに嫌気性接着剤を5 μ lずつ塗布した。そして、嫌気性接着剤を塗布した直後に、これら試料片を他の試料片の上に積層した。このような積層を、20 s p mの積層速度で繰り返し、その結果として試料片100枚を積層して積層コアを得た。このようにして得た積層コアを、積層が完了した測定開始時点から、ずれることなく取り出すことができた測定終了時点までの最も短い時間を、「100枚積層コア取り出し時間」とした。

[0112] さらに、上述の100枚積層コアを形成する前の単板状態の無方向性電磁鋼板において、絶縁被膜による絶縁性能が十分に確保されていることを確認するために、表2に示す層間抵抗 (surface insulation resistance) も測定した。この測定では、J I S C 2550という方法により行った。そして、層間抵抗の数値が10 Ω - c m²/枚以上の範囲であれば必要十分な絶縁性能が確保されていると判定した。

[0113] そして、表2において、初期接着強度では、1 MPa以上の接着強度をG o o d (合格)とし、0.1 MPa未満をB a d (不合格)とし、その間を

Not Goodと評価した。最終接着強度は、接着後の試験片に対し0.5 MPaの圧力を加えた状態で24時間保持した後の接着強度を測定した。そして、測定の結果、5 MPa以上の接着強度であったものをGood（合格）とし、5 MPa未満の接着強度であったものをBad（不合格）とした。

一方、「100枚積層コア取り出し時間」については、20秒以下であったものをGood（合格）とし、60秒以上をBad（不合格）とし、その間をNot Goodとした。

[0114] 以上の評価結果の下、全ての評価項目でGoodであったものを総合評価Goodとし、少なくとも1つのNot Goodを含んだものを総合評価Not Goodとし、少なくとも1つのBadを含んだものを総合評価Badとした。

表2に示した通り、実施例1～5の全てにおいて総合評価Goodが得られ、その一方で、比較例1～3では総合評価がBad、比較例4では総合評価がNot Goodとなった。

なお、総合評価において「Good」を得た実施例1～5の全てにおいて層間抵抗の数値が $10\Omega\text{-cm}^2$ /枚以上を満たしているため、十分な絶縁性能が得られていることも確認された。

以上より、片面または両面に、硬化促進剤を含有する絶縁被膜が形成されている電磁鋼板を用いることで、接着積層コアの製造に際し、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性が得られることが確認された。加えて、絶縁被膜に硬化促進剤を添加しても十分に高い絶縁性能を確保されることも確認された。

[0115] 通常の考えであれば、硬化促進剤の添加によって絶縁被膜の絶縁性能に影響を及ぼす可能性を考え、そのような構成を避けるところである。同様に、通常の考えであれば、プレス加工油のような所謂「汚れ層」が絶縁被膜上に残っている状態のまま、硬化促進剤を用いて接着作用を高めようとは考えないところである。そもそも、硬化促進剤は有機樹脂であるので、これを何か

に含有させようするのであれば、同じく有機樹脂に混ぜ込むのが一般的な考えである。

しかし、本発明者らは、有機樹脂である硬化促進剤を予め乾燥させた上で、無機物である硬化促進剤に含有させるという構成を採用した。そして、上記実施例にも示した通り、この構成を用いた場合、必要十分な絶縁性能が担保された上で高い接着作用が得られることを見出し、本発明に至ったのである。

産業上の利用可能性

[0116] 本発明の上記各態様によれば、接着積層コアの製造に際し、十分な接着強度を確保した上でより高い生産性が得られる、電磁鋼板及び接着積層コア製造方法を提供できる。よって、産業上の利用可能性は大である。

符号の説明

[0117] 2 1 ステータ用接着積層コア（接着積層コア、回転電機用の固定子）
4 0 電磁鋼板、鋼板部品、第 1 鋼板部品、第 2 鋼板部品、第 3 鋼板部品、第 4 鋼板部品
b 1, b 2 プレス加工油
C 接着剤
i 1, i 2 絶縁被膜
M 帯状鋼板、電磁鋼板

請求の範囲

- [請求項1] 化学組成が、単位質量％で、
Si : 2.5％～3.9％
Al : 0.001％～3.0％
Mn : 0.05％～5.0％
残部 : Fe 及び不純物
を含有し、
片面または両面に、硬化促進剤を含有する絶縁被膜が形成されている
ことを特徴とする電磁鋼板。
- [請求項2] 前記硬化促進剤が、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、銀、バナジウム、モリブデン、ルテニウム、及びそれらの組み合わせから選択される、嫌気硬化を促進する有効成分を含むことを特徴とする請求項1に記載の電磁鋼板。
- [請求項3] 片面または両面にプレス加工油を塗布した帯状鋼板にプレス加工を行い、前記帯状鋼板の前記片面に接着剤を塗布して複数枚の鋼板部品を得て、前記各鋼板部品を積層接着することによって接着積層コアを製造する方法であって、
前記帯状鋼板として請求項1または2に記載の電磁鋼板を用いることを特徴とする接着積層コア製造方法。
- [請求項4] 前記各鋼板部品が、第1鋼板部品及び第2鋼板部品を含み、
第1の面の側に前記絶縁被膜を有する前記第1鋼板部品を準備する第1の工程と、
第2の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、前記プレス加工油上に塗布された前記接着剤と、を有する前記第2鋼板部品を準備する第2の工程と、
前記第1の面及び前記第2の面が互いに対向するように、前記第1鋼板部品及び前記第2鋼板部品を重ね合わせて接着する第3の工程と

- 、
を有することを特徴とする請求項3に記載の接着積層コア製造方法。
- [請求項5] 前記各鋼板部品が、第3鋼板部品及び第4鋼板部品を含み、
第3の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、を有する前記第3鋼板部品を準備する第4の工程と、
第4の面の側に、前記絶縁被膜と、前記絶縁被膜上に塗布された前記プレス加工油と、前記プレス加工油上に塗布された前記接着剤と、
を有する前記第4鋼板部品を準備する第5の工程と、
前記第3の面及び前記第4の面が互いに対向するように、前記第3鋼板部品及び前記第4鋼板部品を重ね合わせて接着する第6の工程と、
、
を有することを特徴とする請求項3に記載の接着積層コア製造方法。
- [請求項6] 前記接着積層コアが、回転電機用の固定子であることを特徴とする請求項3～5の何れか1項に記載の接着積層コア製造方法。