

明 細 書

発明の名称： 積層コアの製造方法および積層コアの製造装置

技術分野

[0001] 本開示は、積層コアの製造方法および積層コアの製造装置に関する。本願は、2024年4月1日に日本に出願された特願2024-059073号に基づき優先権を主張し、その内容を全てここに援用する。

背景技術

[0002] 回転電機に使用されるコアとして積層コアがある。積層コアは、複数の軟磁性板を積層することにより構成される。積層コアにおいては、積層された複数の軟磁性板を固定する必要がある。軟磁性板を固定する技術として、軟磁性板の板面において発揮される接着能を利用することにより軟磁性板同士を接着する技術がある。このような技術として、特許文献1に記載の技術がある。

[0003] 特許文献1に記載の技術では、表面に接着層が形成されている鋼板に対してピアシング加工を行うことによりラミナ部材を形成することと、ラミナ部材に接着剤を塗布することと、接着剤が塗布されたラミナ部材をブランキングすることと、が行われる。この際、特定のラミナ部材には接着剤を塗布しない。ブランキングされたラミナ部材は、スクイズリング内で積層される。積層された複数のラミナ部材は、スクイズリングの下方に移動し、スクイズリングの下方において加熱される。このときの加熱温度は、ラミナ部材に塗布した接着剤が硬化する温度であり、且つ、ラミナ部材の表面に形成されている接着層が硬化される温度よりも低い温度である。このようにして相互に接着された複数のラミナ部材からなる積層コアを金型から排出する。そして、金型から排出された積層コアを高温で加熱することにより、ラミナ部材に形成されている接着層を硬化させる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2024-519226号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の技術には、接着剤による接着力と、接着層による接着力と、の関係に関する説明がない。特許文献1に記載の技術では、鋼板の表面の領域のうち、ブランクングによってラミナ部材として成形される領域に接着剤が塗布される。したがって、積層コアを構成する複数のラミナ部材は、接着剤によって十分に接着される筈である。よって、特許文献1に記載の技術では、接着層による接着を行う技術的意義が不明である。すなわち、特許文献1に記載の技術では、接着層による接着は余分な工程となり得る。

[0006] また、特許文献1に記載の技術では、ピアシング加工とブランクング工程との間に、接着剤を塗布する工程を追加しなければならない。したがって、特許文献1に記載の技術では、金型内における工程の数が増加する。

[0007] また、特許文献1に記載の技術では、ラミナ部材に塗布される接着剤は、低温で硬化する接着剤である。低温で硬化する接着剤を、ブランクングによってラミナ部材として成形される領域に塗布する場合、接着剤全体が硬化するのに要する時間が長くなる虞がある。よって、特許文献1に記載の技術では、鋼板の打抜き速度（単位時間当たりの打抜き回数）を調整する必要が生じ得る。特に、積層コアの大きさ（幅、奥行き、および高さのうちの少なくとも1つ）が大きい場合、積層コアの接着に要する時間が長くなる。したがって、特許文献1に記載の技術では、鋼板の打抜き速度を遅くする必要が生じ得る。

[0008] 本開示は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、回転電機用の積層コアを効率よく製造することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の積層コアの製造方法は、軟磁性板を母材として用いて、回転電機用の積層コアを製造する積層コアの製造方法であって、金型を用いて前記母

材から第1軟磁性板を順次打抜く打抜き工程と、前記打抜き工程で打抜かれた複数の前記第1軟磁性板を前記金型の下型内で加熱することにより仮接着する仮接着工程と、前記仮接着工程の後に、積層体を、当該積層体に後続する積層体と分離する分離工程と、前記金型の外部において、前記積層体を構成する複数の前記第1軟磁性板を加熱することにより本接着する本接着工程と、を有し、前記軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されており、前記下型内において、前記複数の第1軟磁性板は、前記打抜き工程による打抜きに応じて、外周側の端部の少なくとも一部の領域が支持されながら下方に移動し、前記積層体は、1つの前記積層コアの高さに応じた数の前記第1軟磁性板が積層されることにより構成される。

[0010] 本開示の積層コアの製造装置は、軟磁性板を母材として用いて、回転電機用の積層コアを製造する積層コアの製造装置であって、前記母材から第1軟磁性板を順次打抜く金型と、前記金型で打抜かれた複数の前記第1軟磁性板を前記金型の下型内で仮接着するために局所加熱する第1加熱装置と、前記第1加熱装置による加熱が行われた後に、積層体を、当該積層体に後続する積層体と分離する分離手段と、前記金型の外部において、前記積層体を構成する複数の前記第1軟磁性板を本接着するために加熱する第2加熱装置と、を有し、前記軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されており、前記下型内において、前記複数の第1軟磁性板は、前記金型による打抜きに応じて、外周側の端部の少なくとも一部の領域が支持されながら下方に移動し、前記積層体は、1つの前記積層コアの高さに応じた数の前記第1軟磁性板が積層されることにより構成される。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、回転電機用の積層コアを効率よく製造することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、プレス装置の構成の第1の例を示す図である。

[図2A]図2Aは、第1パンチおよび第1ダイによって、電磁鋼板から打抜かれる領域の一例を示す図である。

[図2B]図2Bは、第2パンチおよび第2ダイによって、電磁鋼板から打抜かれる領域の一例を示す図である。

[図2C]図2Cは、第1パンチおよび第1ダイによる打抜きが行われた後、第2パンチおよび第2ダイによる打抜きが行われずに、第3パンチおよび第3ダイによって打抜かれる領域の一例を示す図である。

[図2D]図2Dは、第1パンチおよび第1ダイによる打抜きと、第2パンチおよび第2ダイによる打抜きと、が行われた後に、第3パンチおよび第3ダイによって打抜かれる領域の一例を示す図である。

[図2E]図2Eは、第1パンチおよび第1ダイによる打抜きと、第2パンチおよび第2ダイによる打抜きと、が行われた後に、第3パンチおよび第3ダイによって打抜かれる領域の変形例を示す図である。

[図3]図3は、ガイドリングおよび第1加熱装置の構成の具体例を説明する図である。

[図4]図4は、第1電磁鋼板の温度と時間との関係の一例を示す図である。

[図5]図5は、下型から排出された積層体に対して行われる工程の一例を説明する図である。

[図6]図6は、プレス装置およびノズルの構成の第1の例を示す図である。

[図7]図7は、プレス装置およびノズルの構成の第2の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら、実施形態を説明する。なお、長さ、位置、大きさ、間隔等、比較対象が同じであることは、厳密に同じである場合の他、本開示の主旨を逸脱しない範囲で異なるもの（例えば、設計時に定められる公差の範囲内で異なるもの）も含むものとする。また、各図に示すx-y-z座標は、各図における向きを示すための座標である。x-y-z座標において白丸（○）の中に黒丸（●）が付されている記号は、紙面の奥側

から手前側に向かう矢印線を示す記号である。 $x-y-z$ 座標において白丸（○）の中にクロスマーク（×）が付されている記号は、紙面の手前側から奥側に向かう矢印線を示す記号である。また、各図において、説明および表記の都合上、説明に必要な構成のみを必要に応じて簡略化して示す。

[0014] （第1実施形態）

まず、第1実施形態を説明する。

図1は、プレス装置100の構成の一例を示す図である。

本実施形態では、軟磁性板を母材として用いて、回転電機用の積層コアを製造することを、プレス装置100を用いることに実現する場合を例示する。母材としての軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されている。なお、軟磁性板の2つの板面は、軟磁性板の表面および裏面である。以下の説明において、絶縁材が形成されている場合、軟磁性板の2つの板面（表面および裏面）は、当該絶縁材の表面および裏面であるものとする。また、以下の説明において、積層コアの製造途中における軟磁性板の板面は、製造途中の時点における軟磁性板の表面および裏面の双方または一方を指すものとする。

[0015] 本実施形態では、回転電機が、インナーロータ型のIPM（Interior Permanent Magnet）モータである場合を例示する。しかしながら、回転電機は、IPMモータに限定されない。例えば、回転電機は、IPMモータ以外のモータであってもよい。また、回転電機は、発電機であってもよい。また、回転電機は、アウターロータ型の回転電機であってもよい。

[0016] 回転電機が備えるコアは、ロータコアおよびステータコアである。本実施形態では、ロータコアと、ステータコアと、の双方を製造する場合を例示する。しかしながら、ロータコアおよびステータコアのうちの一方のみを製造してもよい。また、本実施形態では、1つの積層コアでロータコアが構成される場合を例示する。同様に本実施形態では、1つの積層コアでステータコアが構成される場合を例示する。しかしながら、軟磁性板の積層方向に複数の積層コアを積み重ねることにより、1つのロータコアが構成されてもよい。

。同様に、軟磁性板の積層方向に複数の積層コアを積み重ねることにより、1つのステータコアが構成されてもよい。例えば、複数の積層コアを積み重ねる際に、スキュー (s k e w) を付けてもよい。

[0017] また、本実施形態では、軟磁性板（母材）が無方向性電磁鋼板である場合を例示する。しかしながら、軟磁性板（母材）は無方向性電磁鋼板に限定されない。例えば、軟磁性板（母材）は、方向性電磁鋼板であってもよい。例えば、分割コアを製造する場合、軟磁性板（母材）は、方向性電磁鋼板であってもよい。なお、複数の分割コアを用いることによりステータコアが構成される。分割コアの平面形状は、例えば、 p 個の部位のうちの1つの部位の平面形状である（ p は2以上の整数）。 p 個の部位は、ステータコアの中心線を回転対称軸として p 回対称の関係になるようにステータコアを p 個に分割することにより得られる部位である。

[0018] また、軟磁性板は、無方向性電磁鋼板および方向性電磁鋼板にも限定されない。軟磁性板は、例えば、アモルファス合金薄板、ナノ結晶合金薄板、パーメンジュール板、およびパーマロイ板のうちのいずれかの板であってもよい。この場合、以下の説明において電磁鋼板は、これらの軟磁性板に置き換えられる。

[0019] 加熱により接着能を発揮する絶縁材は、加熱によって、被接着物を接着することができない状態から、被接着物を接着することができる状態に変化する。以下の説明では、加熱により接着能を発揮する絶縁材を、必要に応じて絶縁材と略称する。なお、絶縁材は、軟磁性板（母材）の板面の全部または一部を覆うように形成される。例えば、絶縁材は、軟磁性板の板面の領域のうち、当該板面の全面積の5割以上の領域、好ましくは7割以上の領域、より好ましくは9割以上の領域、最も好ましくは10割の領域に形成されていてもよい。

[0020] 前述したように本実施形態では、軟磁性板（母材）が無方向性電磁鋼板である場合を例示する。以下の説明では、無方向性電磁鋼板を、必要に応じて電磁鋼板と略称する。

- [0021] 仕上焼鈍ライン等の製造ライン（プレス装置１００で行われる工程よりも上工程の製造ライン）において、当該製造ラインを移動中の電磁鋼板（母材）の板面に連続的に絶縁被膜が形成される。例えば、この絶縁被膜に熱硬化性樹脂を含有させることにより絶縁材が実現されてもよい。この場合、電磁鋼板（母材）の板面に形成された絶縁被膜が、絶縁材である。なお、電磁鋼板（母材）の板面に形成されている絶縁被膜は、当該電磁鋼板と、当該電磁鋼板の板面に接触する物体とを電氣的に絶縁する機能を有する。このように絶縁材は、接着剤としての役割以外の役割を果たすものでもよい。ただし、絶縁材は、接着剤としての役割のみを果たすものでもよい。
- [0022] また、仕上焼鈍ライン等の製造ラインにおいて電磁鋼板（母材）の板面に連続的に形成される絶縁被膜は、加熱により接着能を発揮しなくてもよい。この場合、加熱により接着能を発揮しない絶縁被膜の上に、加熱により接着能を発揮する接着剤を塗布してもよい。この場合、加熱により接着能を発揮しない絶縁被膜の上に塗布された接着剤が、絶縁材である。接着剤は、例えば、熱硬化性樹脂を含む。
- [0023] 例えば、プレス装置１００で行われる工程よりも上工程の製造ラインを移動中の電磁鋼板（母材）に対して、当該電磁鋼板の板面（加熱により接着能を発揮しない絶縁被膜）の上に、接着剤を連続的に形成してもよい。接着剤の形成は、例えば、電磁鋼板の板面に形成されている絶縁被膜に接着剤を焼き付けることにより実現される。なお、製造ラインにおける電磁鋼板（母材）の移動は、例えば、以下のようにして行われる。まず、製造ラインの上流側に設置されたアンコイラーに、コイル（コイル状の電磁鋼板）をセットする。そして、アンコイラーからコイル（電磁鋼板）を巻き戻して、製造ラインの上流側から下流側に電磁鋼板を移動させる。電磁鋼板の移動中に、当該電磁鋼板の板面の上に接着剤を連続的に塗布する。そして、接着剤を形成した電磁鋼板を、製造ラインの下流側に設置されたコイラーにコイル状に巻き取る。このようにしてコイル状に巻き取られた電磁鋼板（コイル）が母材として用いられてもよい。

[0024] 以上のように本実施形態では、電磁鋼板（母材）がプレス装置１００（金型（上型１１０および下型１２０））に進入する前に、加熱により接着能を発揮する絶縁材が電磁鋼板（母材）の板面に形成される場合を例示する。また、本実施形態では、電磁鋼板（母材）がプレス装置１００（金型（上型１１０および下型１２０））に進入した後に、加熱により接着能を発揮する絶縁材が電磁鋼板（母材）の板面に形成されない場合を例示する。また、本実施形態では、電磁鋼板（母材）の板面に形成される絶縁材（加熱により接着能を発揮する絶縁材）が、一種類の絶縁材である場合を例示する。ただし、必ずしも以上のようにする必要はない。例えば、電磁鋼板（母材）がプレス装置１００に進入する前に、加熱により接着能を発揮する絶縁材として二種類以上の絶縁材が電磁鋼板（母材）の板面に形成されてもよい。また、例えば、電磁鋼板（母材）がプレス装置１００に進入する前に形成された絶縁材よりも短時間で接着能を発揮する絶縁材が、電磁鋼板（母材）がプレス装置１００に進入した後に、電磁鋼板（母材）の板面に形成されてもよい。

[0025] 本実施形態では、絶縁材に含まれる熱硬化性樹脂により、絶縁材が加熱により接着能を発揮する場合を例示する。例えば、加熱により接着能を発揮する絶縁材として熱硬化性樹脂を用いるのであれば、例えば、アクリル樹脂を用いてもよい。また、その他の公知の樹脂（例えば、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂）を用いることにより、加熱により接着能を発揮する絶縁材が構成されてもよい。なお、加熱により接着能を発揮させるための材料として、複数種類の材料（例えば複数種類の樹脂）が用いられていてもよい。

[0026] 図１において本実施形態では、以上のような絶縁材が２つの板面（表面および裏面）に形成されている電磁鋼板Ｍが母材である場合を例示する。なお、母材である電磁鋼板Ｍは、帯状の板である。電磁鋼板Ｍは、例えば、プレス装置１００よりも上流側（ｘ軸の負の方向側）に設置されている不図示のアンコイラーにセットされたコイルから巻き戻されて、下流側（ｘ軸の正の方向側）に向かって搬送される。電磁鋼板Ｍの搬送速度は、変更されてもよいし、変更されなくてもよい。また、電磁鋼板Ｍは、下流側に向かって移動

することに加えて、上流側に移動することがあってもよい。本実施形態では、予め設定された速度パターンに従って電磁鋼板Mが搬送される場合を例示する。速度パターンは、例えば、コイルの巻き戻しを開始するタイミングからの時間と、電磁鋼板Mの搬送速度および搬送方向と、の関係を示す情報である。

[0027] 図1において本実施形態では、プレス装置100が、上型110と、下型120と、を備える場合を例示する。

また、本実施形態では、上型110が、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第4パンチ111d、第5パンチ111e、および第6パンチ111fを備える場合を例示する。また、下型120が、第1ダイ121a、第2ダイ121b、第3ダイ121c、第4ダイ121d、第5ダイ121e、および第6ダイ121fを備える場合を例示する。

[0028] 図1に示す例では、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第4パンチ111d、第5パンチ111e、および第6パンチ111fはそれぞれ上下方向（z軸に平行な方向）に移動する、本実施形態では、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第4パンチ111d、第5パンチ111e、および第6パンチ111fを個別に移動させることができる場合を例示する。

[0029] 本実施形態では、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aが対になって、電磁鋼板Mの一部の領域が打抜かれる場合を例示する。同様に本実施形態では、第2パンチ111bおよび第2ダイ121b、第3パンチ111cおよび第3ダイ121c、第4パンチ111dおよび第4ダイ121d、第5パンチ111eおよび第5ダイ121e、第6パンチ111fおよび第6ダイ121fがそれぞれ対になって、電磁鋼板Mの一部の領域が打抜かれる場合を例示する。

[0030] 本実施形態では、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第1ダイ121a、第2ダイ121b、および第3ダイ121c

が、ロータコアを製造するためのパンチおよびダイである場合を例示する。また、本実施形態では、第4パンチ111d、第5パンチ111e、第6パンチ111f、第4ダイ121d、第5ダイ121e、および第6ダイ121fが、ステータコアを製造するためのパンチおよびダイである場合を例示する。この場合、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第1ダイ121a、第2ダイ121b、第3ダイ121cは、それぞれ、第4パンチ111d、第5パンチ111e、第6パンチ111f、第4ダイ121d、第5ダイ121e、第6ダイ121fに対応する。ロータコアを製造するためのパンチおよびダイと、ステータコアを製造するためのパンチおよびダイと、の違いは、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の形状および大きさが異なることによる違いである。したがって、以下では、ステータコアの形状等についての具体例の説明を省略する。

[0031] 図2Aは、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによって、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の一例を示す図である。図2A～図2Dにおいて黒色の領域は、電磁鋼板Mから打抜かれる領域であることを示す。なお、打抜かれる領域とは、母材から離れる領域である。本実施形態では、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによって、ロータコアにおいて穴となる部分が打抜かれる場合を例示する。第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによって、ステータコアにおいて穴となる部分の一部が打抜かれてもよい。図2Bは、第2パンチ111bおよび第2ダイ121bによって、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の一例を示す図である。本実施形態では、第2パンチ111bおよび第2ダイ121bによって、ロータコアを製造するために用いられる分離板として不要な部分が打抜かれる場合を例示する。なお、分離板の役割については後述する。

[0032] 図2Cは、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによる打抜きが行われた後、第2パンチ111bおよび第2ダイ121bによる打抜きが行われずに、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって打抜かれる領域の一例を示す図である。図2Cに示す形状（黒色の領域の形状）は、ロー

タコアの平面形状と同じである。すなわち、本実施形態では、図2Cに示す平面形状を有し、かつ、電磁鋼板Mと同じ厚みを有する電磁鋼板が、ロータコアを構成する電磁鋼板である場合を例示する。以下の説明では、積層コア（ロータコアおよびステータコア）を構成する電磁鋼板を必要に応じて第1電磁鋼板と称する。本実施形態では、第1電磁鋼板が第1軟磁性板の一例である。以上のように本実施形態では、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって、第1電磁鋼板の外縁が打抜かれる場合を例示する。

[0033] 図2Dは、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによる打抜きと、第2パンチ111bおよび第2ダイ121bによる打抜きと、が行われた後に、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって打抜かれる領域の一例を示す図である。本実施形態では、図2Dに示す平面形状を有し、かつ、電磁鋼板Mと同じ厚みを有する電磁鋼板が、ロータコアを製造する際に用いられる分離板の一例を示す図である。以下の説明では、分離板を構成する電磁鋼板を必要に応じて第2電磁鋼板と称する。本実施形態では、第2電磁鋼板が第2軟磁性板の一例である。以上のように本実施形態では、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって、第2電磁鋼板の外縁が打抜かれる場合を例示する。

[0034] なお、第2軟磁性板（第2電磁鋼板（分離板を構成する電磁鋼板））の平面形状は、図2Dに示す形状に限定されない。例えば、図2Eに示す形状でもよい。図2Eは、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aによる打抜きと、第2パンチ111bおよび第2ダイ121bによる打抜きと、が行われた後に、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって打抜かれる領域の変形例を示す図である。なお、図2Eにおける黒色の領域も、図2A～図2Dにおける黒色の領域と同様に、電磁鋼板Mから打抜かれる領域である。

[0035] 図1において、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって打抜かれた第1電磁鋼板および第2電磁鋼板は、下型120内の領域のうち、第3パンチ111cの下方（z軸の負の方向側）の領域に存在する空間に進入

する。同様に、第6パンチ111fおよび第6ダイ121fによって打抜かれた第1電磁鋼板および第2電磁鋼板も、下型120内の領域のうち、第6パンチ111fの下方（z軸の負の方向側）の領域に存在する空間に進入する。以下の説明では、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が進入する空間を、必要に応じて積層空間と称する。

[0036] 図1では、灰色で示す横長の長方形が第2電磁鋼板であることを示す。また、白色で示す横長の長方形が第1電磁鋼板であることを示す。

[0037] 第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによって、ロータコアを製造するための第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が順次打抜かれる。同様に、第6パンチ111fおよび第6ダイ121fによって、ステータコアを製造するための第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が順次打抜かれる。本実施形態では、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きと、第6パンチ111fおよび第6ダイ121fによる打抜きと、によって、打抜き工程が実現される場合を例示する。

[0038] 以上のようにロータコアを構成する第1電磁鋼板を製造する際には、例えば、第1パンチ111a、第3パンチ111c、第1ダイ121a、および第3ダイ121cが使用される。また、ロータコア用の分離板（第2電磁鋼板）を製造する際には、例えば、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第1ダイ121a、第2ダイ121b、および第3ダイ121cが使用される。なお、ロータコア用の分離板を製造する際に、例えば、第1パンチ111aおよび、第1ダイ121aは使用されなくてもよい。

[0039] また、ステータコアを構成する第1電磁鋼板を製造する際には、例えば、第1パンチ111a、第3パンチ111c、第4パンチ111d、第6パンチ111f、第1ダイ121a、第3ダイ121c、第4ダイ121d、および第6ダイ121fが使用される。なお、ステータコアを構成する第1電磁鋼板を製造する際には、例えば、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aと、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cと、のうち少なくとも

一方は使用されなくてもよい。ステータコア用の分離板（第2電磁鋼板）を製造する際には、例えば、第1パンチ111a、第4パンチ111d、第5パンチ111e、第6パンチ111f、第1ダイ121a、第4ダイ121d、第5ダイ121e、および第6ダイ121fが使用される。なお、ステータコア用の分離板を製造する際には、例えば、第1パンチ111aおよび第1ダイ121aと、第4パンチ111dおよび第4ダイ121dと、のうちの少なくとも一方は使用されなくてもよい。

[0040] 以上のようにして各パンチおよびダイが動作する際に、各パンチおよびダイは、他のパンチおよびダイと同期して打抜きを行ってもよい。ただし、電磁鋼板Mから打ち抜くべき領域が存在しない場合、各パンチおよびダイは動作しなくてもよい。

なお、プレス装置100に備わるパンチおよびダイの組の数は、ロータコア、ステータコア、および分離板の平面形状等によって変わる。プレス装置100に備わるパンチおよびダイの組の数は、図1に示す数（＝6）よりも多くてもよい。

[0041] 本実施形態では、以上のようなプレス装置100の動作の制御が制御装置200によって実現される場合を例示する。制御装置200は、例えば、電磁鋼板Mの搬送速度と、打抜きパターンと、に基づいて、第1パンチ111a、第2パンチ111b、第3パンチ111c、第4パンチ111d、第5パンチ111e、および第6パンチ111fのうち、動作させるパンチを選択し、選択したパンチを動作させる。打抜きパターンは、例えば、パンチおよびダイによって行われる打抜きを特定するための情報である。打抜きパターンは、例えば、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の、位置、大きさ、および形状の情報と、当該領域を打ち抜くために使用されるパンチおよびダイの識別情報と、を含む情報である。なお、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の位置は、例えば、電磁鋼板Mの所定の位置（例えば、先端の片隅の位置）を基準とする位置である。

[0042] なお、制御装置200は、例えば、CPU（Central Processing Unit）な

ど、一つまたはそれ以上の数のハードウェアプロセッサ、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory) 等、一またはそれ以上の数のメモリを有する。この場合、制御装置 2 0 0 は、メモリに格納される一またはそれ以上の数のプログラムを一またはそれ以上の数のハードウェアプロセッサにより実行することで各種の演算を実行する。さらに、制御装置 2 0 0 は、入力装置、および出力装置を有する。また、制御装置 2 0 0 は、P L C (Programmable Logic Controller) により実現されてもよいし、A S I C (Application Specific Integrated Circuit) 等の専用のハードウェアにより実現されてもよい。なお、制御装置 2 0 0 が有する機能は、複数の装置で実現されてもよい。

[0043] 本実施形態では、1つのロータコアの高さに応じた数の第1電磁鋼板の積層体130a、130bと、下型120内（積層空間）において当該積層体130a、130bに後続する積層体130b、130cと、を、第2電磁鋼板（分離板）を用いて分離する場合を例示する。なお、積層体は、製造途中の積層コアを指す。積層体130aに後続する積層体は、積層体130bである。積層体130bに後続する積層体は、積層体130cである。同様に本実施形態では、1つのステータコアの高さに応じた数の第1電磁鋼板の積層体130d、130eと、下型120内（積層空間）において当該積層体130d、130eに後続する積層体130e、130fと、を、第2電磁鋼板を用いて分離する場合を例示する。積層体130dに後続する積層体は、積層体130eである。積層体130eに後続する積層体は、積層体130fである。このように、「後続する」とは、下型120内（積層空間）における積層体の並び順を下から数えた場合に1つ後の順番になることを指す。なお、図1では、表記の都合上、積層体の全てに符号を付していない。

[0044] 図1では、下型120内（積層空間）において並び順が隣り合う2つの積層体130a～130b、130b～130c、130d～130eの間となる位置に、それぞれ1つの分離板131a、131b、131c、131dが配置される場合を例示する。本実施形態では第2パンチ111bおよび

第2ダイ121bによる打抜きと、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きと、を用いることによって、分離材配置工程および分離材配置手段が実現される場合を例示する。なお、下型120内（積層空間）において並び順が隣り合う2つの積層体130a～130b、130b～130c、130d～130eの間となる位置に、複数の分離板が積み重ねられてもよい。

[0045] 第3パンチ111cの下方（z軸の負の方向側）の積層空間内に進入した第1電磁鋼板および第2電磁鋼板は、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きが行われるたびに下方（z軸の負の方向側）に移動する。同様に、第6パンチ111fの下方（z軸の負の方向側）の積層空間内に進入した第1電磁鋼板および第2電磁鋼板は、第6パンチ111fおよび第6ダイ121fによる打抜きが行われるたびに下方（z軸の負の方向側）に移動する。

[0046] 本実施形態では、第3パンチ111cの下方（z軸の負の方向側）の積層空間が、ダイ121cと、スクイズリング122aと、ガイドリング123aと、を用いることにより形成される場合を例示する。同様に本実施形態では、第6パンチ111fの下方（z軸の負の方向側）の積層空間が、ダイ121fと、スクイズリング122bと、ガイドリング123bと、を用いることにより形成される場合を例示する。

[0047] スクイズリング122b、ガイドリング123bは、それぞれ、スクイズリング122a、ガイドリング123aと同じ機能を有する。スクイズリング122aおよびガイドリング123aと、スクイズリング122bおよびガイドリング123bと、の違いは、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の形状および大きさが異なることによる違いである。したがって、以下では、スクイズリング122bおよびガイドリング123bの具体例の説明を省略する。

[0048] スクイズリング122aは、ダイ121cの下方に設置される。スクイズリング122aは、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周面（外周側の端

部)の少なくとも一部の領域を支持する。例えば、スクイズリング122aは、ダイ121cの抜き穴と大きさおよび形状が同じである中空部(または、ダイ121cの抜き穴よりも若干小さい中空部)を有する。この場合、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周面(外周側の端部)と、スクイズリング122aの内周面と、の間に摩擦力が発生するように(すなわち、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板に側圧が発生するように)、スクイズリング122aの中空部の形状および大きさが定められる。なお、当該摩擦力(当該側圧)は、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板に残留応力を発生させない程度とする。また、スクイズリングは、ダイと一体となってもよい。

[0049] ガイドリング123aは、スクイズリング122aの下方に設置される。ガイドリング123aもスクイズリング122aと同様に、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周面(外周側の端部)の少なくとも一部の領域を支持する。なお、当該支持によってガイドリング123a(後述の例では接触部310a~310h)と、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板と、の間に生じる摩擦力は、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板に残留応力が発生しない程度とする。本実施形態では、ガイドリング123aが、スクイズリング122aと別の構成により、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周面(外周側の端部)の少なくとも一部の領域を支持する場合を例示する。

[0050] 図3を参照しながら、ガイドリング123aの構成の具体例を説明する。図3は、図1のI-I断面図である。具体的に図3は、分離板131bの位置で、第3パンチ111cの下方の積層空間の中心線Oに垂直に、下型120を切った断面のうち、説明に必要な領域の断面を示す。以下の説明では、第3パンチ111cの下方の積層空間の中心線Oを、必要に応じて、積層空間の中心線Oまたは中心線Oと略称する。なお、本実施形態では、積層空間の中心線Oが、積層空間内の積層体130b(第1電磁鋼板)の中心線、および、積層空間内の第2電磁鋼板の中心線と一致する場合を例示する。したがって、以下の説明では、中心線Oは、積層空間内の積層体(第1電磁鋼板)の中心線、および、積層空間内の第2電磁鋼板の中心線も指すものとする。

。

[0051] 図3において、本実施形態では、ガイドリング123aが、接触部310a～310hと、弾性部320a～320hと、壁部330a～330bと、を備える場合を例示する。

接触部310a～310hの先端面（中心線0側の面）は、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板（分離板）の外周面の一部の領域に接触する。図3では、接触部310a～310hが、中心線0周りに間隔を有する状態で設置される場合を例示する。具体的に図3では、中心線0を回転対称軸として8回対称となるように、接触部310a～310hが設置される場合を例示する。しかしながら、接触部310a～310hの数は8に限定されない。また、310a～310hは、中心線0を回転対称軸とする回転対称性を有さなくてもよい。

[0052] 弾性部320a～320hは、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きに応じて第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下方（z軸の負の方向）に移動する程度の摩擦力が、接触部310a～310hの先端面と、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周面とに生じるように、接触部310a～310hの位置を調整するためのものである。弾性部320a～320hは、例えば、バネを用いることにより実現される。弾性部320a～320hの先端（中心線0側の端）は、接触部310a～310hの基端面（中心線0側とは反対側の端面）に接続されている。

[0053] 壁部330a～330bは、接触部310a～310hおよび弾性部320a～320hを保持するためのものである。図3では、壁部330a～330bの形状が、円弧柱である場合を例示する。なお、円弧柱とは、中空円筒の中心線を通り、且つ中空円筒の中心線に平行な方向になる仮想面が切断面となるように中空円筒を複数に分割したもののうちの1つである。弾性部320a～320hの基端（中心線0側とは反対側の端）は、壁部330a～330bの内周面（中心線0側を向く面）に接続されている。

[0054] 以上のように本実施形態では、ダイ121c、スクイズリング122a、

およびガイドリング123aを用いることにより、ロータコアを構成する第1電磁鋼板と、ロータコアを製造するための第2電磁鋼板（分離板131a～131b）と、が、それらの外周側の端部の少なくとも一部の領域が支持されながら、下型120内を下方に移動する場合を例示する。図1において、第3パンチ111cの下方の積層空間の下に示す下向きの白抜き矢印線は、このことを表す。

[0055] なお、必ずしもガイドリング123aを用いる必要はない。例えば、積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板の外周側の端部と接触する面を冷却することにより、当該面を中心線0側に（僅かに）移動させてもよい。この場合、第1電磁鋼板および第2電磁鋼板は、それらの外周側の端部の少なくとも一部の領域が当該面によって支持されながら、下型120内を下方に移動する。

[0056] 本実施形態では、以上のようにしてロータコアを構成する第1電磁鋼板と、ロータコアを製造するための第2電磁鋼板（分離板131a～131b）と、が、下型120（積層空間）内において、複数の第1電磁鋼板を加熱することにより仮接着する場合を例示する。

[0057] 積層空間内において複数の第1電磁鋼板を加熱するタイミングには、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きに応じて積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下方に移動しているタイミングと、積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下方に移動していないタイミングと、のうち少なくとも一方のタイミングが含まれていればよい。積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下方に移動しているか否かに関わらず、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に、当該複数の第1電磁鋼板を連続的に加熱してもよい。このようにする場合、複数の第1電磁鋼板を仮接着するのに要する時間を短縮することができる。一方、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に、当該複数の第1電磁鋼板に対する加熱を一時的に中断してもよい。このようにする場合、消費電力を低減することができる。例えば、積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下

方に移動している時に当該複数の第1電磁鋼板に対する加熱を一時的に中断してもよい。この場合、積層空間内において第1電磁鋼板および第2電磁鋼板が下方に移動していない時に当該複数の第1電磁鋼板に対する加熱を行ってもよい。

[0058] 複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材が発揮する接着能は、積層体が積層空間から排出されてから、後述する本接着が開始するまでの間に、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板が分離しない程度の接着能であればよい。ただし、積層体が積層空間から排出されてから、当該積層体に対して後述する本接着が行われるまでの期間に、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板に生じる位置ずれは小さいほど好ましく、0（零）であるのが最も好ましい。

[0059] ただし、仮接着された複数の第1電磁鋼板同士の間働く接着力を、後述する本接着された複数の第1電磁鋼板同士の間働く接着力以上にすると、例えば、仮接着に要する時間が長くなる虞がある。この場合、打抜き加工の生産性が低下する虞がある。したがって、仮接着された複数の第1電磁鋼板同士の間働く接着力が、後述する本接着された複数の第1電磁鋼板同士の間働く接着力よりも小さくなるように、仮接着は行われる。

[0060] 本実施形態では、絶縁材の少なくとも一部において、当該絶縁材の接着能が最大限発揮されないように、当該絶縁材の接着能を発揮させることにより、複数の第1電磁鋼板の仮接着が実現される場合を例示する。例えば、絶縁材が熱硬化性樹脂を有する場合、複数の第1電磁鋼板の仮接着は、当該熱硬化性樹脂が、硬化反応の途中の状態になるようにすることによって実現されてもよい。

[0061] また、本実施形態では、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材は、加熱によって接着能を発揮する。したがって、複数の第1電磁鋼板を仮接着することのみのために第1電磁鋼板を加圧する必要はない。よって、本実施形態のプレス装置100は、複数の第1電磁鋼板を仮接着するための専用の加圧装置を備えていない。ただし、複

数の第1電磁鋼板を仮接着することのみのために第1電磁鋼板を加圧してもよい。なお、本実施形態では、下型120内において第1電磁鋼板は、当該第1電磁鋼板の上にある第1電磁鋼板および第2電磁鋼板によって加圧される。また、下型120内において第1電磁鋼板は、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きによっても加圧される。しかしながら、これらの加圧は、複数の第1電磁鋼板を仮接着するための加圧ではない。

[0062] 積層空間から排出された積層体を構成する第1電磁鋼板の数が、積層コアの高さに応じた数よりも少ない場合（例えば、第1電磁鋼板がバラバラの状態で積層空間（下型120）から排出される場合）、複数の第1電磁鋼板は仮接着されていない。この観点から、複数の第1電磁鋼板が仮接着されたか否かは、例えば、積層空間から排出された積層体の高さに基づいて判定されてもよい。例えば、複数の第1電磁鋼板が仮接着されたか否かは、狙い通りの高さで積層体130a～130fが積層空間から排出されたか否かによって判定されてもよい。具体的には、積層空間から排出された積層体の高さが、積層コアの高さとして要求されている高さの範囲として予め設定されている範囲内である場合に、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板は仮接着されていると判定されてもよい。積層体の高さは、例えば、ノギスなどの厚みを測定する装置を用いることにより測定される。複数の第1電磁鋼板の仮接着が不十分な場合は、絶縁材の接着強さが不足する。この場合、1つの積層体が複数の積層体に分離する。当該複数の積層体の高さは、積層コアの高さとして要求されている高さの範囲として予め設定されている範囲の下限値未満の高さになる。その場合は、例えば、仮接着される際の複数の第1電磁鋼板の温度（加熱温度）と、複数の第1電磁鋼板を仮接着するのに要する時間（加熱時間）と、のうちの少なくとも一方を調整する必要がある。なお、積層コアの高さとして要求されている高さの範囲に代えて、積層コアの高さとして要求されている高さの値が用いられてもよい。

[0063] 積層空間から排出された積層体の高さに基づいて、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かを判定することに代えてまた

は加えて、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際の製造条件が所定の条件を満たす否かを判定することと、積層空間から排出された積層体の特性が所定の条件を満たすか否かを判定することと、のうちの少なくとも一方を行うことにより、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かが判定されてもよい。

[0064] 例えば、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かは、積層空間から排出されるタイミングにおいて仮接着により発揮される絶縁材の接着強さに基づいて判定されてもよい。また、複数の第1電磁鋼板が局所加熱される場合、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かは、当該複数の第1電磁鋼板の領域のうち、当該複数の第1電磁鋼板が加熱される領域の大きさに基づいて判定されてもよい。また、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かは、複数の第1電磁鋼板が仮接着される際の当該複数の第1電磁鋼板の温度に基づいて判定されてもよい。また、複数の第1電磁鋼板に輻射熱を当てることにより複数の第1電磁鋼板が仮接着される場合、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かは、当該複数の第1電磁鋼板の領域のうち、当該輻射熱が当たる領域の大きさに基づいて判定されてもよい。輻射熱は、複数の第1電磁鋼板のそれぞれの外周面（外周側の端部）の領域のうちの一部の領域に当てられてもよい。なお、複数の第1電磁鋼板に輻射熱を当てることは、複数の第1電磁鋼板に電磁波（例えば、近赤外線）を照射することに対応する。また、第1電磁鋼板の外周面は、当該第1電磁鋼板の中心線を取り囲む面であって、当該第1電磁鋼板の外側（輻射熱の熱源が存在する側）を向く面である。図3に示す例では、第1電磁鋼板の中心線は、中心線0である。

[0065] 以上のように複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かを判定する手法は限定されないが、積層空間から排出されるタイミングにおいて仮接着により発揮される絶縁材の接着強さの上下限を定める方法の具体例を説明する。まず、積層空間から排出されるタイミングにおいて仮接着により発揮される絶縁材の接着強さの下限は、積層コアの質量に基づいて定められてもよい。

。一方、積層空間から排出されるタイミングにおいて仮接着により発揮される絶縁材の接着強さの上限は、積層体 130a～130c を分離する方法に基づいて定められてもよい。本実施形態のように第2電磁鋼板（分離板 131a～131b）を用いることにより積層体 130a～130c が分離される場合、絶縁材の接着強さの上限は、第2電磁鋼板（分離板 131a～131b）と第1電磁鋼板との接触面積等に基づいて定められてもよい。

[0066] 例えば、外径が220mmであり、厚みが0.25mmである278枚の第1電磁鋼板を積層することにより積層コアが構成される場合、積層空間から排出されるタイミングにおける絶縁材の接着強さの下限は、例えば、 3.6×10^{-2} (kgf/mm²) である。絶縁材の接着強さの測定方法は特に限定されない。例えば、絶縁材の接着強さは、以下のようにして測定（算出）されてもよい。まず、積層空間から排出された積層体の積層方向の両端面を両面テープ等で引張試験機に固定する。このようにして固定された積層体を、引張試験機により、接着面に垂直な方向（積層方向）に引張る。そして、積層体の接着面の少なくとも一部を破壊するのに要した最大荷重を、当該接着面の面積で割った値を絶縁材の接着強さとして、簡易的に算出してもよい。また、接着強さを引張り強さで評価してもよい。積層空間から排出された積層体からの所定サイズの試験片の切り出しが可能である場合は、例えば、JIS K 6849 1994に記載されている接着剤の引張り接着強さ試験方法を用いることにより、絶縁材の接着強さを測定（算出）してもよい。

[0067] 積層空間から排出されるタイミングにおいて以上のようにして測定される絶縁材の接着強さが 3.5×10^{-2} (kgf/mm²) 以上または 5.0×10^{-2} (kgf/mm²) 以上である場合に、積層体を構成する複数の第1電磁鋼板は、仮接着された状態であると判定してもよい。また、第1電磁鋼板間の絶縁材の接着強さの比は、例えば、0.2以上、0.3以上、または0.4以上でもよい。また、第1電磁鋼板間の絶縁材の接着強さの比は、0.9以下、0.7以下、または0.5以下でもよい。ここで、第1電磁鋼板間の絶縁材の接着強さの比は、本接着のための加熱が終了したタイミングにおい

て本接着により発揮される絶縁材の接着強さに対する、積層空間から排出されるタイミングにおいて仮接着により発揮される絶縁材の接着強さの比である。

なお、以上の数値範囲は、電磁鋼板以外の軟磁性板においても適用される。

[0068] また、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かを判定するための条件を、積層体の属性ごとに選択してもよい。積層体の属性には、例えば、第1電磁鋼板の種類、第1電磁鋼板の大きさ（例えば外径および厚みのうちの少なくとも一方）、絶縁材の種類、および絶縁材の厚みのうちの少なくとも1つが含まれる。

[0069] ただし、積層空間から排出された積層体の高さに基づいて、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かを判定すれば、複数の第1電磁鋼板が仮接着されているか否かを容易に判定することができるので実用的である。本発明者らは、積層空間から排出された積層体の高さに基づいて、当該積層体を構成する複数の第1電磁鋼板が仮接着されていると判定されれば、結果として、前述した接着強さの範囲の一例のうちの少なくとも一つを満たすとの知見を得ている。

[0070] また、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）と、当該第2電磁鋼板の上下に位置する2つの第1電磁鋼板のうちの少なくとも一方の第1電磁鋼板と、の間に働く接着力が、第1電磁鋼板同士の間にかかる接着力よりも小さくなるように、仮接着は行われる。前者の接着力は0（零）であるのが好ましい。

[0071] このように、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）に形成されている絶縁材は、後述する本接着が開始されるまでに、第1電磁鋼板（積層体130a～130c）から第2電磁鋼板を分離することができる程度の接着能を発揮してもよい。例えば、第2電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材は、積層空間から積層体130a～130cが排出される際に、第2電磁鋼板と、当該第2電磁鋼板の上下に位置する2つの第1電磁鋼板（2つの積層体

130a～130b、130b～130c)のうちの少なくとも一方と、が離れる程度の接着能を発揮してもよい。また、例えば、第2電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材は、積層空間から積層体が排出された後に、第1電磁鋼板(積層体130a～130c)に付いている第2電磁鋼板を当該第1電磁鋼板から作業員が手作業で離せる程度の接着能を発揮してもよい。第1電磁鋼板から第2電磁鋼板が離れる際に積層体130a～130cを構成する複数の第1電磁鋼板に生じる位置ずれは小さいほど好ましく、0(零)であるのが最も好ましい。

仮接着された複数の第1電磁鋼板(積層体130a～130c)と第2電磁鋼板(分離板131a～131b)との接着強さは、例えば、前述した方法で特定される。

[0072] 図1および図3において、本実施形態では、下型120内に、第1加熱装置140a～140dが設置される場合を例示する。第1加熱装置140a～140dは、前述の仮接着を行うための装置の一例である。第1加熱装置140a～140bは、第3パンチ111cの下方(z軸の負の方向側)の積層空間内の複数の第1電磁鋼板を加熱する。第1加熱装置140c～140dは、第6パンチ111fの下方(z軸の負の方向側)の積層空間内の複数の第1電磁鋼板を加熱する。本実施形態では、前述の仮接着を行うために、第1加熱装置140a～140dが、積層空間内の複数の第1電磁鋼板を局所加熱する場合を例示する。複数の第1電磁鋼板を局所加熱するとは、複数の第1電磁鋼板の領域のうちの一部の領域のみを加熱することである。当該複数の第1電磁鋼板を局所加熱する領域には、当該複数の第1電磁鋼板のそれぞれの外周面の領域のうちの一部の領域が含まれており、当該複数の第1電磁鋼板のそれぞれの外周面の領域のうちの残りの一部の領域が含まれていなくてもよい。

[0073] 第1加熱装置140c～140dは、第1加熱装置140a～140bと同じ機能を有する。第1加熱装置140a～140bと、第1加熱装置140c～140dと、の違いは、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の形状および

大きさが異なることによる配置および具体的な加熱条件の違いだけである。
したがって、以下では、第1加熱装置140c～140dの具体例の説明を省略する。

[0074] 前述したように母材である電磁鋼板Mの板面に形成されている絶縁材は、加熱により接着能を発揮する。第1電磁鋼板および第2電磁鋼板は、電磁鋼板Mから打抜かれる。本実施形態では、積層体130a～130cを構成する複数の第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材と、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）の板面に形成されている絶縁材と、が同じ種類の絶縁材である場合を例示する。この場合、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）の形状および大きさを第1電磁鋼板と同様にすると、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）の板面に形成されている絶縁材も第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材と同程度の接着能を発揮する。したがって、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に第2電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材が接着能を発揮する場合が生じ得る。なお、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）の板面に形成されている絶縁材には、積層体130a～130cを構成する複数の第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材とは異なる種類の絶縁材が含まれていてもよい。この場合にも、複数の第1電磁鋼板を仮接着する際に第2電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材が接着能を発揮する場合が生じ得る。

[0075] そこで本実施形態では、図1および図3に示すように、積層空間内において、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離が、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離よりも長くなるようにする場合を例示する。なお、ここでの距離は、最短距離である。また、図3には、積層体130bの上面を構成する第1電磁鋼板に符号（130b）の引出線を付している。

[0076] 例えば、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離と、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140aと、の距離は、例えば、加熱装置の種類および分離板131bに形成され

ている絶縁材の種類により定められる。例えば、第1加熱装置140a～140bが近赤外線などを用いる加熱装置である場合、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離は、例えば、20mm以下、好ましくは5mm以下である。また、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、が完全に接触していてもよい。また、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140aと、の距離は、20mm以上、好ましくは50mm以上である。

[0077] 以上のように、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離と、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140aと、の距離は、加熱装置の種類や分離板131bに形成されている絶縁材の種類などに応じて適宜設定されればよい。なお、これらの距離は、最短距離である。また、これらの距離の前述した数値範囲は、電磁鋼板以外の軟磁性板においても適用される。

[0078] なお、前述した最短距離を定める際の第1加熱装置140a～140bの位置は、例えば、第1加熱装置140a～140bの任意の位置でよい。ただし、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離を定める際の第1加熱装置140a～140bの位置と、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離を定める際の第1加熱装置140a～140bの位置と、は同じ位置とする。

[0079] 例えば、図3において、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140aと、の最短距離は、分離板131bの外周側の端部の位置1310aと、第1加熱装置140aの位置1400aと、の直線距離である。また、例えば、図3において、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140aと、の最短距離は、積層体130bの外周側の端部の位置1300aと、第1加熱装置140bの位置1400aと、の直線距離である。同様に、図3において、分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140bと、の最短距離は、分離板131bの外周側の端部の位置1310bと、第1加熱装置140bの位置1400bと、の直線距離である。また、例え

ば、図3において、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140bと、の最短距離は、積層体130bの外周側の端部の位置1300bと、第1加熱装置140aの位置1400bと、の直線距離である。なお、第1加熱装置140a、140bの位置1400a、1400bは、例えば、第1加熱装置140a、140bの領域のうち、加熱対象物（第1電磁鋼板）を加熱するための熱伝達媒体が外部に出力される領域内の位置（例えば重心位置）でもよい。熱伝達媒体は、第1加熱装置140a、140bの種類に応じて定まる。熱伝達媒体は、例えば、電磁波、電流、および磁束等である。より具体的に近赤外線ヒーターが第1加熱装置140a～140bである場合、熱伝達媒体は、近赤外線である。

[0080] 分離板131bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離と、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離と、の関係を以上のようにするために本実施形態では、図1、図2D、および図3に示すように、第2軟磁性板（分離板131a～131b）の外周側の端部に、複数の切欠き部210a～210bが形成される場合を例示する。積層空間において、第2軟磁性板（分離板131a～131b）は、当該第2軟磁性板の板面に形成されている切欠き部210a～210bの少なくとも一部の領域が、当該切欠き部210a～210bの上下に配置される2つの積層体130a～130b、130b～130cの外周側の端部よりも、中心線0（当該2つの積層体の中心線）側に位置するように配置される。図2Dおよび図3では、切欠き部210a～210bの全ての領域が、当該切欠き部210a～210bの上下に配置される2つの積層体130a～130b、130b～130cの外周側の端部よりも、中心線0側に位置する場合を例示する。このように、第2軟磁性板（分離板131a～131b）の外周側の端部に形成される切欠き部210a～210bは、積層空間において、当該第2軟磁性板の上下に配置される2つの積層体130a～130b、130b～130cの外周側の端部よりも、中心線0側に位置する領域を含む。図2Dおよび図3では、このような2つの切欠き部

210a～210bが形成される場合を例示する。

[0081] なお、切欠き部の寸法は限定されない。例えば、一つの切欠き部210aまたは210bの外周縁における周方向（中心線O周りの方向）の長さは、積層体130a～130fを構成する第1電磁鋼板の外径に対して $1/10$ 以上、 $1/8$ 以上、もしくは $1/6$ 以上でもよい。また、例えば、一つの切欠き部210aまたは210bの外周縁における周方向の長さは、積層体130a～130fを構成する第1電磁鋼板の外径に対して $1/2$ 以下、 $1/3$ 以上、もしくは $1/4$ 以上でよい。また、一つの切欠き部210aまたは210bの外周縁における周方向の長さは、例えば、30mm以上、もしくは50mm以上でもよい。ここで、一つの切欠き部210aまたは210bの外周縁における周方向の長さは、切欠き部210aまたは210bが形成されていないと仮定した場合の第2電磁鋼板の外周縁のうち、一つの切欠き部210aまたは210bに対応する部分の周方向の長さである。図3において、一つの切欠き部210aまたは210bの外周縁における周方向の長さは、接触部310a～310hと接している円の一部である円弧の長さであって、斜線で示されない領域に示されている2つの円弧のうちの1つの円弧の長さである。

[0082] また、一つの切欠き部210aまたは210bの径方向の長さも限定されない。例えば、積層体130a～130fを構成する第1電磁鋼板の半径に対して $1/10$ 以上、 $1/8$ 以上、もしくは $1/6$ 以上でもよい。また、例えば、一つの切欠き部210aまたは210bの径方向の長さは、 $4/5$ 以下、 $3/5$ 以下、もしくは $2/5$ 以下でもよい。また、一つの切欠き部210aまたは210bの径方向の長さは、例えば、20mm以上、もしくは30mm以上でよい。

[0083] なお、図2Dおよび図3に示すように、本実施形態では、分離板131a～131bの平面形状が、中心線Oを取り囲む形状である場合を例示する。しかしながら、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、同一平面において、複数の分離板が配置されるようにしてもよい。例えば、図2Dにおい

て、y軸の正の方向側の黒色の領域と、y軸の負の方向側の黒色の領域と、が相互に離隔するように2つの分離板を構成してもよい。このような相互に離隔した2つの分離板が、中心線0を回転対称軸として2回対称となるように配置されてもよい。

[0084] 図3に示すように本実施形態では、中心線0に沿って見た場合に、2つの第1加熱装置140a～140bが、積層体130bを間に挟む位置に設置される場合を例示する。具体的に、中心線0に沿って見た場合に、2つの第1加熱装置140a～140bが、中心線0を介して間隔を有する状態で相互に対向する位置に配置される場合を例示する。また、複数の第1加熱装置140a～140bのうちの1つの第1加熱装置140a、140bはそれぞれ、複数の切欠き部210a～210bのうちの1つの切欠き部210a、210bと間隔を有する状態で相互に対向する位置に設置される。第1加熱装置140a、140bと、切欠き部210a、210bと、が間隔を有するとは、第1加熱装置140a、140bと、切欠き部210a、210bが形成されていないと仮定した場合の第1電磁鋼板の外周側の端部を示す想像線と、が間隔を有することに対応する。なお、図2Dに示す二点鎖線は、切欠き部210a、210bが形成されていないと仮定した場合の第1電磁鋼板の外周側の端部を示す想像線である。

[0085] 本実施形態では、第1加熱装置140a～140bが、第1電磁鋼板の領域のうち、第2電磁鋼板の切欠き部210a～210bの上方および下方に位置する領域を局所加熱する。したがって、当該加熱された領域で絶縁材の接着能が部分的に発揮される。一方で、第2電磁鋼板には切欠き部140a～140bが形成されており、さらに、第1加熱装置140a～140bは、第2電磁鋼板の切欠き部140a～140bが形成されている領域を局所加熱する。そのため、当該加熱により第2電磁鋼板は十分加熱されず、第2電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接着能は発揮されにくい。よって、第2電磁鋼板の板面の全面または大部分に絶縁材が形成されている場合でも、当該絶縁材の接着能が十分発揮されないようにすることができる。この

ようにすれば、第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接着能を発揮させつつ、第2電磁鋼板（分離板131a～131b）に形成されている絶縁材の接着能の発揮を抑制させること（好ましくは絶縁材の接着能を発揮させないこと）ができる。なお、1つの切欠き部と間隔を有する状態に対向する位置に設置される第1加熱装置の数は1に限定されず、2以上でもよい。

[0086] また、本実施形態では、全ての切欠き部210a～210bと間隔を有する状態に対向する位置に第1加熱装置140a～140bが設置される場合を例示する。しかしながら、少なくとも1つの切欠き部と間隔を有する状態に対向する位置に第1加熱装置が設定されていればよい。この場合、全ての切欠き部と間隔を有する状態に対向する位置に第1加熱装置が設置されていなくてもよい。

[0087] 第1加熱装置の数は、2に限定されず、1でもよいし、3以上でもよい。分離板に形成される切欠き部の数も、2に限定されず、1でもよいし、3以上でもよい。第1加熱装置の数、位置、および加熱方法と、分離板の形状および大きさは、試行錯誤的に定めてもよいし、仮接着時の伝熱解析の結果に基づいて定めてもよい。

[0088] 例えば、1つの切欠き部210a、210bと間隔を有する状態に対向する位置に複数の第1加熱装置が設置されてもよい。ただし、積層コアの上面および下面の平行度を向上させる観点から、分離板131a～131b（第2電磁鋼板）は、当該分離板の中心線0に沿って見た場合に、当該中心線0を間に挟む位置に形成された2つの切欠き部210a～210bを有するのが好ましい。具体的に、中心線0に沿って見た場合に、2つの切欠き部210a～210bが、中心線0を介して間隔を有する状態で相互に対向する位置に配置されるのが好ましい。このような2つの切欠き部210a～210bのペアが複数あってもよい。また、図2Dおよび図3に示すように、分離板131a～131b（第2電磁鋼板）の中心線0を回転対称軸として2回対称とになるように、2つの切欠き部210a～210bが分離板131a～131b（第2電磁鋼板）に形成されるのがより好ましい。

[0089] 本実施形態のように分離板 131a～131b が切欠き部 210a～210b を有する場合、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置する領域の少なくとも一部の領域の温度を、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置しない領域の最低温度よりも 25℃以上高くするのが好ましい。このようにすることによって、分離板 131a～131b と第 1 電磁鋼板との間に働く接着力を確実に抑制することができる。具体的には、第 1 電磁鋼板の同一円周上において、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置する領域の温度を、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置しない領域の最低温度よりも 25℃以上高くするのが好ましい。なお、第 1 電磁鋼板の温度は、例えば、積層空間内における第 1 電磁鋼板および第 2 電磁鋼板の熱伝導を数値シミュレーションすることにより算出される。この場合、離散化された領域ごとに温度が算出される。最低温度は、例えば、離散化された複数の領域の温度のうちの最低の温度である。

[0090] また、このようにすることに加えてまたは代えて、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置しない領域の温度を、第 1 電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接着開始温度より 25℃以上低くするのが好ましい。また、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置する領域の温度を、第 1 電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接着開始温度以上とすることが好ましい。ここで、接着開始温度とは、絶縁材が接着能を発揮し始める温度である。例えば、絶縁材に含まれる熱硬化性樹脂により、絶縁材が加熱により接着能を発揮する場合、接着開始温度は、当該熱硬化性樹脂の硬化温度でもよい。硬化温度は、硬化開始温度（硬化反応が開始する温度）でもよい。接着開始温度は、例えば、接着剤の製造メーカーにより公表されている値でもよい。

[0091] なお、第 1 電磁鋼板の領域のうち、切欠き部 210a～210b の上方および下方に位置する領域は、図 3 において、第 1 電磁鋼板（積層体 130b

)の領域のうち、分離板131bの領域以外の領域(左右の白色の領域)である。

以上のような温度にすることができる第1加熱装置140a~140bの出力を事前に調査してもよい。

[0092] 図4は、第1電磁鋼板の温度と時間との関係の一例を示す図である。図4においてTsは、仮接着(第1加熱装置140a~140bによる加熱)を開始する前の第1電磁鋼板の温度である。以下の説明では、この温度を、必要に応じて仮接着開始前温度と称する。図1において本実施形態では、仮接着開始前温度Tsが、温度計150a~150bにより測定される場合を例示する。

[0093] 温度計150a~150bは、例えば、熱電対である。なお、図1では、表記の都合上、温度計150a~150bが、積層空間内の最上段の第1電磁鋼板の温度を測定するように、温度計150a~150bを図示している。しかしながら、温度計150a、150bの測定対象の第1電磁鋼板は、第1加熱装置140a~140b、140c~140dによる加熱が開始される前の第1電磁鋼板でよい。この場合、温度計150a、150bの測定対象の第1電磁鋼板は、第1加熱装置140a~140b、140c~140dによる加熱が開始される直前の第1電磁鋼板でもよい。また、温度計150a、150bの測定対象の第1電磁鋼板は、第1加熱装置140a~140b、140c~140dによる加熱が開始された直後の第1電磁鋼板でもよい。また、温度計150a~150bは、放射温度計等でもよい。

[0094] 図4の横軸の0は、第1加熱装置140a~140bによる加熱を開始するタイミングである。第1加熱装置140a~140bの出力を一定にして、加熱時間と第1電磁鋼板(積層体130a~130c)の温度との関係を調査することを、第1加熱装置140a~140bの出力を異ならせて行うことにより、グラフ410a~410bを作成する。図4では、第1加熱装置140a~140bの定格出力の80%、70%の出力である場合のグラフ410a、410bを例示する。

[0095] T_a は、仮接着後の第1電磁鋼板の目標温度である。 t_h は、仮接着開始前温度 T_s の測定タイミングから仮接着が終了するタイミングまでの時間である（この場合図4の横軸の0は、仮接着開始前温度 T_s の測定タイミングを表す）。

[0096] 以下に、グラフ410a～410bおよび温度計150aの測定値を用いることにより第1加熱装置140a～140cにおける加熱条件を設定する方法の一例を説明する。

まず、温度計150aにより仮接着開始前温度 T_s を測定する。次に、第1電磁鋼板の目標温度 T_a から仮接着開始前温度 T_s の測定値を減算する。以下の説明では、このようにして減算した値（ $T_a - T_s$ ）を、昇温量と称する。また、仮接着開始前温度 T_s の測定タイミングから仮接着が終了するタイミングまでの時間を、第1加熱装置140a～140bによる加熱が行われる時間の一例として算出する。以下の説明では、この時間を、必要に応じて仮接着所要時間と称する。仮接着所要時間 t_h は、例えば、第3パンチ111cおよび第3ダイ121cによる打抜きの単位時間あたりの回数と、電磁鋼板Mの厚みと、に基づいて算出される。図4において、グラフ410a～410bの中から、仮接着所要時間 t_h において昇温量 $T_a - T_s$ に最も近い値になるグラフを選択する。選択したグラフに対応する出力を、第1加熱装置140a～140bの出力とする。図4では、第1加熱装置140a～140bの出力を定格出力の70%にする場合を例示する。

[0097] なお、第1加熱装置140a～140bの出力の算出方法は、以上の方法に限定されない。グラフ410a～410bのうち、仮接着所要時間 t_h における昇温量 $T_a - T_s$ を間に挟む2つのグラフを選択してもよい。この場合、仮接着所要時間 t_h における昇温量 $T_a - T_s$ と、仮接着所要時間 t_h における当該2つのグラフの温度と、に基づいて、当該2つのグラフに対応する出力を補完することにより、第1加熱装置140a～140bの出力を算出してもよい。

[0098] 本実施形態では、以上のような第1加熱装置140a～140bの加熱条

件の設定と、第1加熱装置140a～140bの動作の制御と、が制御装置200によって実現される場合を例示する。例えば、制御装置200は、温度計150a～150bで測定された温度と、図4に示すグラフ410a～410cと、第1電磁鋼板の目標温度 T_a と、に基づいて、第1加熱装置140a～140bの出力を算出することにより加熱条件を設定する。制御装置200は、第1加熱装置140a～140bの出力がこのようにして算出した出力になるように、第1加熱装置140a～140bを動作させる。また、制御装置200は、第1加熱装置140c～140dについても、第1加熱装置140a～140bと同様にして動作させる。なお、第1加熱装置140a～140dの出力は、更新されてもよい。例えば、第1加熱装置140a～140dの出力は、積層体130a～130cの属性が変わる場合に更新されてもよい。積層体の属性には、例えば、第1電磁鋼板の種類、第1電磁鋼板の大きさ（例えば外径および厚みのうちの少なくとも一方）、絶縁材の種類、および絶縁材の厚みのうちの少なくとも1つが含まれる。

以上のように本実施形態では、温度計150a～150bおよび制御装置200を用いることによって、加熱条件設定工程および加熱条件設定手段が実現される場合を例示する。

[0099] 第1加熱装置140a～140bによる加熱方法は、以上のようにして仮接着を行うことができれば限定されない。第1加熱装置140a～140bによる加熱は、接触加熱でもよいし、非接触加熱でもよい。接触加熱は、加熱対象物に第1加熱装置140a～140bが接触した状態で行われる加熱である。非接触加熱は、加熱対象物に第1加熱装置140a～140bが非接触の状態で行われる加熱である。ただし、第1加熱装置140a～140bによる加熱は、非接触加熱であるのが好ましい。例えば、下型120内において第1電磁鋼板が移動している時に当該第1電磁鋼板を加熱することを容易に且つ短時間に行うことができるからである。第1加熱装置140a～140bによる加熱が非接触加熱である場合、第1加熱装置140a～140bによる加熱は、例えば、輻射加熱でもよいし、誘導加熱でもよいし、誘

電加熱でもよい。ただし、第1加熱装置140a～140bによる加熱は、輻射加熱の一例である近赤外線照射による加熱であるのが好ましい。この場合、第1加熱装置140a～140bは、近赤外線ヒーターを有する。近赤外線ヒーターが出力する近赤外線の波長は700nm以上1400nm未満であるのが好ましい。このような近赤外線は第1電磁鋼板だけでなく絶縁材にも進入するので、絶縁材を直接的に加熱することができる。したがって、絶縁材を均一に加熱することができる。よって、絶縁材の領域のうち、第1電磁鋼板との界面付近の領域から絶縁材の軟化が開始することにより、当該界面付近から絶縁材が溶け出すことを抑制することができる。

[0100] また、第1加熱装置140a～140bが有する近赤外線ヒーターは、積層体130a～130cの積層方向（z軸方向）に沿って線状に近赤外線を集光させるのがより好ましい。近赤外線を照射する位置を高精度に定めることができるからである。図3では、このような近赤外線Lが、積層体130bの外周側の端部に照射されている様子を例示する。ただし、近赤外線ヒーターは、例えば、平行光を出力してもよい。

[0101] なお、本実施形態では、第2軟磁性板（分離板131a～131b）の外周側の端部に、切欠き部210a～210bが形成される場合を例示した。しかしながら、第2軟磁性板には、切欠き部が形成されていなくてもよい。例えば、第2軟磁性板の平面形状は、図2Eに示す形状でもよい。図2Eに示す第2電磁性板を分離板として用いても、積層空間内において、分離板の外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離は、積層体130bの外周側の端部と、第1加熱装置140a～140bと、の距離よりも長くなる。

[0102] また、分離板は、母材である電磁鋼板Mから打ち抜かれた電磁鋼板（第2電磁鋼板）でなくてもよい。この場合、分離板の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されていなくてもよい。また、分離板の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されていなくてもよい。この場合、母材である電磁鋼板Mに形成されている絶縁材が接着能を発揮する温度

において接着能を発揮しない絶縁材が分離板の板面に形成されていてもよい。また、分離板の板面の領域のうちの一部の領域のみに、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されていてもよい。例えば、分離板の板面の面積に対する、分離板の板面の領域のうち加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されている領域の比は、0.8以下、好ましくは0.4以下、より好ましくは0.2以下でもよい。また、複数の第1電磁鋼板の一部の領域のみを加熱することにより、当該複数の第1電磁鋼板を仮接着する場合、分離板の板面の領域のうち、当該複数の第1電磁鋼板が加熱される領域と対向する領域に、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されていなくてもよい。

[0103] 以上のように本実施形態では、ガイドリング123a、123bと、第1加熱装置140a～140b、140c～140dと、を用いることにより、仮接着工程が実現される場合を例示する。

[0104] 図1において、本実施形態では、下型120内の領域のうち、積層空間の下方の領域には、当該積層空間と連通する排出空間が形成されている場合を例示する。排出空間においては、積層体130a～130c（第1電磁鋼板）および分離板131a～131b（第2電磁鋼板）の外周側の端部に接触するものはないものとする。すなわち、中心線0に沿って見た場合に、排出空間の外縁は、積層空間の外縁よりも外側にあるものとする。

[0105] 本実施形態では、仮接着が終了した積層体130a～130c、130d～130eが、このような排出空間を経由して下型120の下方に排出され、受け台160a、160bの上に置かれる場合を例示する。このとき、積層体130a～130c、130d～130eは、自重により落下してもよいし、ロボットアームなどで把持されることにより取り出されてもよい。積層体130a～130cが下型120から排出された後の構成と、積層体130d～130eが下型120から排出された後の構成と、の違いは、電磁鋼板Mから打抜かれる領域の形状および大きさが異なることによる違いである。したがって、以下では、積層体130d～130eが下型120から排出された後の構成の具体例の説明を省略する。

- [0106] 本実施形態では、積層体130a～130cが排出される際に、分離板131a、131bが、当該分離板131a、131bの上下の積層体130a～130b、130b～130cのうち、少なくとも、当該分離板131a、131bの上の積層体130b、130cと離れるようにする場合を例示する。前述したように、分離板131a、131bが、下型120内で当該分離板131a、131bの下の積層体130a、130bと分離しない場合であっても、下型120内から排出された後などにおいて、当該積層体130a、130bを構成する複数の第1電磁鋼板が分離しないように（好ましくは位置ずれしないように）当該積層体130a、130bから当該分離板131a、131bを分離することができる程度の接着能であれば、当該分離板131a～131b（第2電磁鋼板）の板面に形成されている絶縁材は、接着能を発揮してもよい。また、分離板131a～131b（第2電磁鋼板）の板面に形成されている絶縁材は、接着能を発揮しなくてもよい。
- [0107] 図1では、下型120から排出された積層体130aの上に分離板131aがある場合を例示する。この場合、作業員が分離板131aを回収してもよい。前述したように分離板131aと、分離板131aの上下に位置する第1電磁鋼板と、の間に働く接着力は0（零）または低いので、作業員は、積層体130aを構成する複数の第1電磁鋼板が分離しないように（好ましくは位置がずれないように）分離板131aを回収することができる。また、下型120から排出される際に、積層体130aの上の分離板131aは、積層体130aから自然に分離する場合もある。この場合、作業員は、積層体130aから離れた分離板131aを回収する。なお、分離板131aの回収は、装置によって行われてもよい。
- [0108] 以上のように本実施形態では、積層体130a～130c、130d～130eを、排出空間を介して下型120の下方に排出させることにより分離工程および分離手段が実現される場合を例示する。
- [0109] 図5は、下型120から排出された積層体130aに対して行われる工程の一例を説明する図である。

図5において本実施形態では、受け台160aの上に載せられた積層体130aが、押出装置510によって、搬送装置520に送られる場合を例示する。図5において、押出装置510の傍らに付されている白抜き矢印線は、このことを表す。搬送装置520は、積層体130aを搬送する。図5において、搬送装置520の傍らに付されている白抜き矢印線は、このことを表す。搬送装置520は、例えば、搬送ベルトを有する。なお、前述したように受け台160aの上に載せられた積層体130aの上に分離板131aがある場合、分離板131aは、積層体130aが搬送装置520に送られる前に回収されてもよいし、積層体130aが搬送装置520で搬送されているときに回収されてもよい。

[0110] 搬送装置520によって搬送された積層体130aは、作業員またはクレーンなどの装置によって、第2加熱装置530a～530bにセットされる。その際に、積層体130aの中空部にキーリング550が挿入される。キーリング550の形状は、積層体130aの中空部の形状に近いほど好ましく、同じであるのが最も好ましい。キーリング550は、金属製の物体である。キーリング550は、熱膨張後のキーリング550の外周面が積層体130aの内周面に、積層体130aに残留応力を発生させない程度に接触するような大きさを有していればよい。熱膨張後のキーリング550の外周面と、積層体130aの内周面との接触領域は広ければ広いほど好ましい。熱膨張後のキーリング550の外周面が、積層体130aの内周面の全ての領域と接触するのが最も好ましい。

[0111] また、積層体130aの上面（z軸の正の方向側の端面）、下面には、それぞれ、積層体130aを、当該積層体130aを構成する第1電磁鋼板の積層方向（z軸方向）に加圧するための加圧ブロック540a～540bが配置される。積層体130aに残留応力が発生しない程度に、当該積層体130aを構成する第1電磁鋼板の積層方向（z軸方向）に積層体130aが加圧されるように、加圧ブロック540a～540bを構成する。加圧ブロック540a～540bの形状は、例えば、円柱である。また、加圧ブロッ

ク540aの下面（z軸の負の方向側の端面）は、積層体130aの上面全体と接触するのが好ましい。加圧ブロック540bの上面（z軸の正の方向側の端面）は、積層体130aの下面全体と接触するのが好ましい。

[0112] 以上のようにして加圧ブロック540a～540bおよびキーリング550がセットされた後、第2加熱装置530a～530bを動作させる。この際、積層体130aに残留応力を発生させない程度に加圧ブロック540aをその上から押さえつけてもよい。第2加熱装置530a～530bの動作は、制御装置200によって制御されてもよい。

[0113] 第2加熱装置530a～530bは、積層体130aを構成する複数の第1電磁鋼板を本接着するために加熱する。第2加熱装置530a～530bによる第1電磁鋼板の本接着は、例えば、第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接着能を最大限発揮させることにより実現される。第2加熱装置530a～530bが積層体130aに与える熱量は、第1加熱装置140a～140bが積層体130aに与える熱量よりも大きい。例えば、第2加熱装置530a～530bを用いた場合の方が、第1加熱装置140a～140bを用いた場合よりも、加熱中の積層体130aの温度と、積層体130aの加熱時間と、のうちの少なくとも一方が大きくなるようにしてもよい。絶縁材が熱硬化性樹脂を有する場合、第2加熱装置530a～530bによる第1電磁鋼板の本接着は、例えば、当該熱硬化性樹脂の硬化反応を終了させることによって実現されてもよい。また、仮接着により第1電磁鋼板の板面の一部が接着されている場合、第2加熱装置530a～530bによる第1電磁鋼板の本接着は、第1電磁鋼板の板面の残りの部分を接着することによって実現されてもよい。積層体130aを構成する複数の第1電磁鋼板を本接着するための構成および条件は、加熱により接着能を発揮する絶縁材が板面に形成されている複数の軟磁性板を積層して接着することを、金型の外部において行う際に用いられる公知の構成および条件でもよい。

[0114] 第2加熱装置530a～530bは、近赤外線ヒーターを有していてもよい。この場合、第2加熱装置530a～530bが有する近赤外線ヒーター

は、積層体130aの積層方向（z軸方向）に沿って線状に近赤外線を集光させるのが好ましい。ただし、近赤外線ヒーターは、例えば、平行光を出力してもよい。また、第2加熱装置530a～530bは、近赤外線による熱放射以外の熱放射による加熱を行う装置を有していてもよいし、誘導加熱を行う装置を有していてもよい。

[0115] 以上のように本実施形態では、第2加熱装置530a～530bを用いることにより、本接着工程が実現される場合を例示する。

第2加熱装置530a～530bによる加熱が終了すると、積層コア500が完成する。図5において、積層コア500の傍らに付されている白抜き矢印線は、このことを表す。

[0116] 以上のように本実施形態では、金型を有するプレス装置100を用いて電磁鋼板Mから第1軟磁性板を順次打抜く。その後、複数の第1電磁鋼板を下型120内で加熱することにより仮接着する。その後、1つの積層コア500の高さに応じた数の第1電磁鋼板の積層体130a、130bを、下型120内において当該積層体に後続する積層体130b、130cと分離する。その後、積層体130a～130cを構成する複数の第1電磁鋼板を下型120外で加熱することにより本接着する。したがって、回転電機用の積層コアを効率よく製造することができる。例えば、プレス装置100（下型120）内で行われる複数の第1電磁鋼板の接着と、プレス装置100（下型120）外で行われる複数の第1電磁鋼板の接着と、で段階的に接着力を高めることができる。また、プレス装置100（下型120）内では、複数の第1電磁鋼板の仮接着を行えばよいので、打抜き加工の生産性が低下することを抑制することができる。例えば、第1電磁鋼板の接着のために、打抜きが待たされることを抑制することができる。また、プレス装置100（下型120）外において積層体130a～130cを構成する複数の第1電磁鋼板の位置がずれることを抑制することができる。したがって、プレス装置100（下型120）外における作業が容易になる。

[0117] また、本実施形態では、第1電磁鋼板の仮接着の前に、積層体130a、

130bと、下型120内において当該積層体に後続する積層体130b、130cと、の間となる位置に、分離板131a、131bを配置する。ここで、分離板131a～131bは、前述の仮接着の際に接着能を発揮しなくてもよい。また、仮接着の際に分離板131～131bが発揮する接着能は、仮接着の際に第1電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材が発揮する接着能よりも低くてもよい。このようにすることによって、積層体130a～130cの分離を容易に且つ確実に実現することができる。なお、分離材が分離板に限定されないことについては第3実施形態で後述する。

[0118] また、本実施形態では、加熱により接着能を発揮する分離板131a～131bの外周側の端部と第1加熱装置140a～140bとの距離は、積層体130a～130cの外周側の端部と第1加熱装置140a～140bとの距離よりも長い。したがって、分離板131a～131bが加熱されることにより接着能を発揮することを抑制することができる。よって、積層体130a～130cを分離板131a～131bによって確実に分離させることができる。

[0119] また、本実施形態では、分離板131a～131bは、電磁鋼板Mからプレス装置100により打抜かれた第2電磁鋼板である。また、本実施形態では、下型120内において2つの積層体130a～130b、130a～130cの間となる位置に第2軟磁性板（分離板131a、131b）を配置する。したがって、2つの積層体130a～130b、130a～130cの間となる位置に第2軟磁性板（分離板131a、131b）を配置することを簡易な構成で実現することができる。このように、分離板131a～131bと第1電磁鋼板は、同じ母材（本実施形態では電磁鋼板M）から打抜かれるのが好ましい。しかしながら、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、分離板は、加熱により接着能を発揮するものであってもよいし、加熱の有無に関わらず接着能を発揮しないものでもよい。この場合、2つの積層体130a～130b、130a～130cの間となる位置に、分離板を配置する機構を構成してもよい。

- [0120] また、本実施形態では、第2軟磁性板（分離板131a、131b）の外周側の端部には、複数の切欠き部210a～210bが形成されている。また、本実施形態では、切欠き部210a～210bの少なくとも一部の領域が、当該切欠き部210a～210bが形成されている第2軟磁性板（分離板131a、131b）の上下に配置される2つの積層体130a～130b、130b～130cの外周側の端部よりも中心線0側に位置するように当該第2軟磁性板を配置する。したがって、2つの積層体130a～130b、130b～130cの間に空間を形成することができる。したがって、例えば、この空間の上下の領域を加熱することにより、第2軟磁性板（分離板131a、131b）の板面に形成されている絶縁材が接着能を発揮することを抑制することができる。よって、積層体130a～130cの分離をより確実に行うことができる。
- [0121] また、本実施形態では、複数の第1加熱装置140a～140bのうちの1つの第1加熱装置は、複数の切欠き部210a～210bのうちの1つの切欠き部と間隔を有する状態で対向する位置に設置される。したがって、分離板131a～131bが接着能を発揮することをより確実に抑制することができる。
- [0122] また、本実施形態では、仮接着の際に、第1電磁鋼板の領域のうち、切欠き部210a～210bの上方および下方に位置する領域の少なくとも一部の領域の温度を、第1電磁鋼板の領域のうち、切欠き部210a～210bの上方および下方に位置しない領域の最低温度よりも25℃以上高くする。したがって、前者の領域における接着強さを高めることができるとともに後者の領域における接着強さを弱めることができる。また、分離板131a～131bにおける接着強さを弱めることができる。よって、積層体130a～130cの分離をより確実に行うことができる。
- [0123] また、本実施形態では、複数の切欠き部210a～210bは、中心線0に沿って見た場合に、中心線0を間に挟む位置に形成された2つの切欠き部を含む。したがって積層コア500の上面および下面の平行度を向上させる

ことができる。

[0124] また、本実施形態では、仮接着の際に用いる第1加熱装置140a～140bは、中心線0に沿って見た場合に積層体130a～130cを間に挟む位置に設置された2つの第1加熱装置を少なくとも有する。したがって積層コア500の上面および下面の平行度を向上させることができる。

[0125] また、本実施形態では、第1加熱装置140a～140bは、近赤外線ヒーターを含む。したがって、絶縁材を均一に加熱することができる。また、本実施形態では、近赤外線ヒーターは、積層体130a～130cの積層方向に沿って線状に近赤外線を集光させる。したがって、積層体130a～130cの加熱位置を高精度に定めることができる。

[0126] また、本実施形態では、第1加熱装置140a～140bによる加熱が行われる時間と、仮接着が終了した後の積層体130a～130cの目標温度と、第1加熱装置140a～140bによる加熱が終了する前の第1電磁鋼板の温度と、に基づいて、第1加熱装置140a～140bの加熱条件を設定する。したがって、第1加熱装置140a～140bによる仮接着をより確実に実現することができる。また、第1加熱装置140a～140bの自動運転が可能になる。

[0127] (第2実施形態)

次に、第2実施形態を説明する。本実施形態は、第1実施形態に対し、分離板131a～131b、131c～131dを用いた積層体130a～130c、130d～130fの分離をより一層確実に実現するための構成を付加したものである。したがって、本実施形態の説明において、第1実施形態と同一の部分については、図1～図5に付した符号と同一の符号を付すこと等により、詳細な説明を省略する。

[0128] 図6は、プレス装置100およびノズル610の構成の一例を示す図である。図6に示すプレス装置100は、図1に示したプレス装置100と同じでよい。

図6において、本実施形態では、プレス装置100の上流にノズル610

が設置される場合を例示する。ノズル610は、加熱により揮発し、且つ、加熱により絶縁材と反応しない揮発材を、プレス装置100での打抜きが行われていない電磁鋼板Mの板面に供給する。以下の説明では、加熱により揮発し、且つ、加熱により絶縁材と反応しない揮発材を、必要に応じて揮発材と略称する。揮発材は、例えば、加工油等、加熱により揮発する油でもよいし、その他の液体であってもよい。ノズル610は、外部からの操作により、揮発材の供給のオンおよびオフの切り替えを行うことができるものが好ましい。また、ノズル610は、外部からの操作により、供給量の調整を行うことができるものでもよい。例えば、ノズル610が備える電磁弁を動作させることにより、揮発材の供給のオンおよびオフの切り替え等が行われてもよい。なお、電磁弁は、ノズル610の外部に設置されていてもよい。

[0129] 本実施形態では、ノズル610が、電磁鋼板Mの表面（z軸の正の方向側の板面）の領域であって、第2電磁鋼板（分離板131a～131d）として打抜かれる領域を含む領域に、揮発材を供給する場合を例示する。以下の説明では、電磁鋼板Mの板面の領域のうち、揮発材が供給される領域を、必要に応じて揮発材被供給領域と称する。また、本実施形態では、ノズル610が、揮発材被供給領域として予め設定された領域以外の領域には揮発材を供給しない場合を例示する。このようにするために例えば、ノズル610による揮発材の供給領域（噴射領域）として想定される領域に、揮発材被供給領域（本実施形態では、第2電磁鋼板（分離板131a～131d）として打抜かれる領域）が到達する時に、ノズル610からの揮発材の供給が開始されてもよい。また、ノズル610による揮発材の供給領域（噴射領域）として想定される領域に、揮発材被供給領域が到達する直前に、ノズル610からの揮発材の供給が開始されてもよい。その後、例えば、揮発材被供給領域が、ノズル610による揮発材の供給領域（噴射領域）として想定される領域よりも下流側（x軸の正の方向側）に移動した時に、ノズル610からの揮発材の供給が停止されてもよい。また、揮発材被供給領域が、ノズル610による揮発材の供給領域（噴射領域）として想定される領域よりも下流

側に移動した直後に、ノズル 6 1 0 からの揮発材の供給が停止されてもよい。

[0130] 本実施形態では、以上のようなノズル 6 1 0 の動作の制御が制御装置 2 0 0 によって実現される場合を例示する。制御装置 2 0 0 は、例えば、電磁鋼板 M の搬送速度と、打抜きパターンと、に基づいて、ノズル 6 1 0 の動作を制御してもよい。

[0131] 以上のように本実施形態では、分離板 1 3 1 a ~ 1 3 1 d と、揮発材 6 2 0 a ~ 6 2 0 h と、を用いることにより分離材が実現される場合を例示する。また、本実施形態では、第 2 パンチ 1 1 1 b および第 2 ダイ 1 2 1 b による打抜きと、第 3 パンチ 1 1 1 c および第 3 ダイ 1 2 1 c による打抜きと、ノズル 6 1 0 による揮発材の供給と、を用いることによって、分離板配置工程および分離材配置手段が実現される場合を例示する。

[0132] なお、電磁鋼板 M の表面の領域に加えてまたは代えて、電磁鋼板 M の裏面の領域に揮発材を供給してもよい。電磁鋼板 M の裏面の領域においても、第 2 電磁鋼板（分離板 1 3 1 a ~ 1 3 1 d）として打抜かれる領域を含む領域を揮発材被供給領域とする。

また、電磁鋼板 M の板面の領域であって、第 2 電磁鋼板（分離板 1 3 1 a ~ 1 3 1 d）として打抜かれる領域を含む領域に代えてまたは加えて、電磁鋼板 M の板面の領域であって、第 1 電磁鋼板として打抜かれる領域のうち第 2 電磁鋼板と対向する領域を含む領域を揮発材被供給領域としてもよい。

[0133] 以上のようにして揮発材が供給された後、第 3 パンチ 1 1 1 c および第 3 ダイ 1 2 1 c（第 6 パンチ 1 1 1 f および第 6 ダイ 1 2 1 f）によって打抜かれた第 2 電磁鋼板（分離板 1 3 1 a ~ 1 3 1 d）の 2 つの板面のうちの少なくとも一方の板面に揮発材 6 2 0 a ~ 6 2 0 d が付着した状態で、第 1 実施形態で説明した仮接着が行われる。したがって、第 1 電磁鋼板の板面のうち、揮発材 6 2 0 a ~ 6 2 0 d が付着している板面と対向する板面に形成されている絶縁材が、接着能を発揮することを開始するタイミングを遅らせることができる。そのため、第 1 電磁鋼板の板面に形成されている絶縁材の接

着能が十分発揮されることを抑制することができる。例えば、絶縁材が熱硬化性樹脂を有する場合、熱硬化性樹脂の硬化反応が開始するタイミングを遅らせることができる。したがって、積層体130a~130c、130d~130fの分離をより容易に且つより確実に実現することができる。よって、例えば、積層体130a~130c、130d~130fの分離を確実にを行うことを重視する場合には、本実施形態の構成を採用してもよい。ただし、本実施形態では、揮発材を供給するための設備を追加する必要がある。したがって、例えば、設備のコストを低減させることを重視する場合には、第1実施形態の構成を採用してもよい。

[0134] (第3実施形態)

次に、第3実施形態を説明する。本実施形態では、分離材が分離板を有さずに揮発材を有する場合を例示する。このように本実施形態と第1実施形態および第2実施形態とは、分離材が異なることによる構成および処理が主として異なる。したがって、本実施形態の説明において、第1実施形態および第2実施形態と同一の部分については、図1~図6に付した符号と同一の符号を付す等して詳細な説明を省略する。

[0135] 図7は、プレス装置700およびノズル610の構成の一例を示す図である。

図7において本実施形態では、プレス装置700が、上型710と、下型720と、を備える場合を例示する。

[0136] 本実施形態では、上型710が、図1および図6に示した上型110から、第2パンチ111bおよび第5パンチ111eと、第2パンチ111bおよび第5パンチ111eを設置するために必要な構成と、を除いたものである場合を例示する。また、本実施形態では、下型720が、図1および図6に示した下型120から、第2ダイ121bおよび第5ダイ121eと、第2ダイ121bおよび第5ダイ121eを設置するために必要な構成と、を除いたものである場合を例示する。

[0137] 第1実施形態で説明したように、第2パンチ111bおよび第2ダイ12

1 b は、ロータコアを製造するために用いられる分離板 1 3 1 a ~ 1 3 1 b を製造するために用いられる。また、第 5 パンチ 1 1 1 e および第 5 ダイ 1 2 1 e は、ステータコアを製造するために用いられる分離板 1 3 1 c ~ 1 3 1 d を製造するために用いられる。したがって、本実施形態では、プレス装置 7 0 0 によって、分離板が製造されない場合を例示する。

[0138] 本実施形態では、以上のようなプレス装置 7 0 0 の動作の制御が制御装置 2 0 0 によって実現される場合を例示する。制御装置 2 0 0 は、例えば、電磁鋼板 M の搬送速度と、打抜きパターンと、に基づいて、第 1 パンチ 1 1 1 a、第 3 パンチ 1 1 1 c、第 4 パンチ 1 1 1 d、および第 6 パンチ 1 1 1 f のうち、動作させるパンチを選択し、選択したパンチを動作させる。

[0139] また、図 7 において、本実施形態では、第 2 実施形態と同様に、プレス装置 7 0 0 の上流にノズル 6 1 0 が設置される場合を例示する。ノズル 6 1 0 は、加熱により揮発し、且つ、加熱により絶縁材と反応しない揮発材を、プレス装置 1 0 0 での打抜きが行われていない電磁鋼板 M の板面に供給する。揮発材は、第 2 実施形態で説明したものでよい。

[0140] 本実施形態では、揮発材被供給領域が、電磁鋼板 M の板面の領域であって、第 1 電磁鋼板として打抜かれる領域のうち、積層体 1 3 0 a ~ 1 3 0 f の上面を構成する領域を含む領域である場合を例示する。この場合、揮発材被供給領域は、電磁鋼板 M の表面（z 軸の正の方向側の板面）の領域である。また、本実施形態でも第 2 実施形態と同様に、ノズル 6 1 0 が、揮発材被供給領域として予め設定された領域以外の領域には揮発材を供給しない場合を例示する。ノズル 6 1 0 による揮発材の供給の開始および停止のタイミングは、例えば、第 2 実施形態で説明したタイミングでよい。また、本実施形態でも第 2 実施形態と同様に、ノズル 6 1 0 の動作の制御が制御装置 2 0 0 によって実現される場合を例示する。制御装置 2 0 0 は、例えば、電磁鋼板 M の搬送速度と、打抜きパターンと、に基づいて、ノズル 6 1 0 の動作を制御してもよい。

[0141] 以上のように本実施形態では、揮発材 7 3 0 a ~ 7 3 0 h と、を用いるこ

とにより分離材が実現される場合を例示する。また、ノズル610による揮発材の供給によって、分離板配置工程および分離材配置手段が実現される場合を例示する。

[0142] なお、揮発材被供給領域は、電磁鋼板Mの板面の領域のうち、積層体130a～130fの下面を構成する領域を含む領域でもよい。この場合、電磁鋼板Mの裏面の領域に揮発材を供給するノズルが設置される。また、揮発材被供給領域は、積層体130a～130fの上面を構成する領域と、積層体130a～130fの下面を構成する領域と、の双方であってもよい。

[0143] 本実施形態では、ノズル610を設置する必要はあるものの、第2ダイ121bおよび第5ダイ121eと、第2ダイ121bおよび第5ダイ121eは不要である。したがって、プレス装置700における工数（処理時間）を短縮することができる。また、設備のコストを低減させることができる。よって、例えば、これらのことを重視する場合には、本実施形態の構成を採用してもよい。

[0144] （実施例）

次に、実施例を説明する。なお、本開示は、以下の実施例に限定されない。すなわち、本実施例に示す各種の条件は、本開示の実施可能性および効果等を確認するために採用した条件例である。したがって、本開示は、本実施例で示す条件例に限定されない。また、本開示は、本開示の要旨を逸脱せず、本開示の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得る。

((共通事項))

まず、各実施例に共通する事項を説明する。

インナーロータ型のIPMモータのロータコアおよびステータコアを、第1～第3実施形態で説明したようにして作製した。

IPMモータの仕様は以下の通りである。なお、ここでは、IPMモータを運転条件等、本開示と関係がない仕様の記載を省略する。

外径（直径）：220mm

高さ：69.5mm

極数：8極

永久磁石の大きさ：2 mm (W) × 5 mm (D) × 68 mm (H)

1極当たりの永久磁石の数：2

フラックスバリア：なし

スロットの数：48

[0145] ロータコアおよびステータコアを構成する軟磁性板は以下の通りである。

厚み：0.25 mm

積層枚数：278枚

鋼種：無方向性電磁鋼板（日本製鉄株式会社製、グレード：25HX1300）

[0146] このような無方向性電磁鋼板の板面に、エポキシ系またはアクリル系の絶縁材を塗布することにより、加熱により接着能を発揮する絶縁材を無方向性電磁鋼板の板面に形成した。

[0147] 第1加熱装置（仮接着を行う加熱装置）として、以下の加熱装置を用いた。

近赤外線ヒーター（株式会社ハイベック製、型番：HY P8NS）

この近赤外線ヒーターを2つ用意し、概略、図3に示すように配置した。
60秒で120℃～160℃まで積層体（無方向性電磁鋼板）が昇温する加熱条件で加熱を行うことにより仮接着を行った。その際、非加熱部と加熱部との温度差が25℃以上になるようにした。

[0148] 第2加熱装置（本接着を行う加熱装置）として、以下の加熱装置を用いた。

近赤外線ヒーター（株式会社ハイベック製、型番：HY P28Ns）

この近赤外線ヒーターを2つ用意し、概略、図5に示すように配置した。
積層体の温度を160℃～200℃にした後、その温度の状態を60秒～1時間保持することにより本接着を行った。その際、非加熱部と加熱部との温度差が20℃以上になるようにした。

[0149] また、プレス装置から取り出された積層体の高さが、前述したIPMモー

タの仕様（高さ：69.5 mm）を満足する高さであるか否かによって、仮接着が行われたか否かを確認した。また、IPMモータにおいて要求されている試験を行うことにより製造後の積層コアが本接着されたか否かを確認した。

[0150] ((第1実施例))

本実施例では、第1実施形態で説明した手法でロータコアおよびステータコアを製造した。なお、第1実施形態の手法は、分離材として、分離板を使用し、揮発材を使用しない手法である。

本実施例では、図1に示したプレス装置100と同様の機能を有するプレス装置を用いた。仮接着時の伝熱解析を行った結果に基づいて、図2Dおよび図3に示す分離板と同様の機能を有する分離板として、ロータコアを製造するための分離板と、ステータコアを製造するための分離板と、をそれぞれ設計した。これらの分離板を製造するためのパンチおよびダイ（第2パンチ、第5パンチ、第2ダイ、第5ダイ）を製造した。また、前述のIPMモータの仕様を満足するロータコアおよびステータコアを製造するためのパンチおよびダイ（第1パンチ、第3パンチ、第4パンチ、第6パンチ、第1ダイ、第3ダイ、第4ダイ、第6ダイ）を製造した。そして、打抜き速度を300 s p mとして、第1実施形態で説明したようにしてプレス装置により、ロータコア用の積層体およびステータコア用の積層体として、それぞれ20個の積層体を製造した。それらのうちの20個の積層体について、仮接着が行われた否かをそれぞれ確認した。その結果、いずれの積層体においても仮接着が行われたことを確認した。

[0151] また、ロータコア用の20個の積層体を用いて、第1実施形態で説明したようにしてロータコア用の積層コアを製造した。同様に、ステータコア用の20個の積層体を用いて、第1実施形態で説明したようにしてステータコア用の積層コアを製造した。以上のようにして製造した積層コアについて、本接着が行われたか否かを確認した。その結果、いずれの積層コアにおいても本接着が行われたことを確認した。

[0152] ((第2実施例))

本実施例では、第2実施形態で説明した手法でロータコアおよびステータコアを製造した。なお、第2実施形態の手法は、分離材として、分離板および揮発材を使用する手法である。

本実施例では、図6に示したプレス装置100およびノズル610と同様の機能を有するプレス装置およびノズルを用いた。

無方向性電磁鋼板の表面のうち、分離板として打抜かれる領域を含む領域に、以下の揮発材を供給（噴射）した。

プレス加工油（日本工作油株式会社製、型番：G-6376FX）

その他の製造条件は、第1実施例と同じ製造条件として、ロータコア用の積層コアおよびステータコア用の積層コアをそれぞれ製造した。

[0153] 第1実施例と同数の積層体について仮接着が行われたか否かを確認した。その結果、いずれの積層体においても仮接着が行われたことを確認した。また、第1実施例と同数の積層コアについて仮接着が行われたか否かを確認した。その結果、いずれの積層コアにおいても本接着が行われたことを確認した。

[0154] ((第3実施例))

本実施例では、第3実施形態で説明した手法でロータコアおよびステータコアを製造した。なお、第3実施形態の手法は、分離材として、分離板を使用せずに、揮発材を使用する手法である。

本実施例では、図7に示したプレス装置700およびノズル610と同様の機能を有するプレス装置およびノズルを用いた。

無方向性電磁鋼板の表面の領域のうち、積層体の上面を構成する領域を含む領域に、第2実施例と同じ揮発材（プレス加工油）を供給（噴射）した。

[0155] 分離板を製造するためのパンチおよびダイ（第2パンチ、第5パンチ、第2ダイ、第5ダイ）を用いないことを除き、第1実施例と同じ製造条件で、ロータコア用の積層コアおよびステータコア用の積層コアをそれぞれ製造した。

[0156] 第1実施例と同数の積層体について仮接着が行われたか否かを確認した。その結果、いずれの積層体においても仮接着が行われたことを確認した。また、第1実施例と同数の積層コアについて仮接着が行われたか否かを確認した。その結果、いずれの積層コアにおいても本接着が行われたことを確認した。

[0157] (その他の実施形態)

なお、以上説明した本開示の実施形態および実施例は、何れも本開示を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本開示の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本開示はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

産業上の利用可能性

[0158] 本開示は、例えば、積層コアを製造することに利用することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 軟磁性板を母材として用いて、回転電機用の積層コアを製造する積層コアの製造方法であって、
- 金型を用いて前記母材から第1軟磁性板を順次打抜く打抜き工程と、
- 、
- 前記打抜き工程で打抜かれた複数の前記第1軟磁性板を前記金型の下型内で加熱することにより仮接着する仮接着工程と、
- 前記仮接着工程の後に、積層体を、当該積層体に後続する積層体と分離する分離工程と、
- 前記金型の外部において、前記積層体を構成する複数の前記第1軟磁性板を加熱することにより本接着する本接着工程と、
- を有し、
- 前記軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されており、
- 前記下型内において、前記複数の第1軟磁性板は、前記打抜き工程による打抜きに応じて、外周側の端部の少なくとも一部の領域が支持されながら下方に移動し、
- 前記積層体は、1つの前記積層コアの高さに応じた数の前記第1軟磁性板が積層されることにより構成される、積層コアの製造方法。
- [請求項2] 前記仮接着工程の前に、前記積層体と、前記下型内において当該積層体に後続する前記積層体と、の間となる位置に、分離材を配置する分離材配置工程を、さらに有し、
- 前記分離材は、前記仮接着工程において接着能を発揮しない、または、前記仮接着工程において前記絶縁材が発揮する接着能よりも低い接着能を前記仮接着工程において発揮する、請求項1に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項3] 前記分離材は、分離板を含む、請求項2に記載の積層コアの製造方法。

- [請求項4] 前記分離板は、加熱により接着能を発揮し、
前記分離板の外周側の端部と前記仮接着工程での加熱に用いる第1加熱装置との距離は、前記積層体の外周側の端部と前記第1加熱装置との距離よりも長い、請求項3に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項5] 前記分離板は、前記母材から前記金型により打抜かれた第2軟磁性板であり、
前記分離材配置工程は、前記下型内において2つの前記積層体の間となる位置に前記第2軟磁性板を配置する、請求項3または4に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項6] 前記第2軟磁性板の外周側の端部には、1つ以上の切欠き部が形成されており、
前記分離材配置工程は、前記切欠き部の少なくとも一部の領域が、当該切欠き部が形成されている前記第2軟磁性板の上下に配置される2つの前記積層体の外周側の端部よりも当該2つの積層体の中心線側に位置するように当該第2軟磁性板を配置する、請求項5に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項7] 前記切欠き部は、複数あり、
前記仮接着工程での加熱に用いる第1加熱装置は、複数あり、
複数の前記第1加熱装置のうちの1つの第1加熱装置は、複数の前記切欠き部のうちの1つの切欠き部と間隔を有する状態で対向する位置に設置される、請求項6に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項8] 前記仮接着工程において、前記第1軟磁性板の領域のうち、前記切欠き部の上方および下方に位置する領域の少なくとも一部の領域の温度を、前記第1軟磁性板の領域のうち、前記切欠き部の上方および下方に位置しない領域の最低温度よりも25℃以上高くする、請求項6または7に記載の積層コアの製造方法。
- [請求項9] 前記切欠き部は、複数あり、
複数の前記切欠き部は、前記第2軟磁性板の中心線に沿って見た場

合に、当該中心線を間に挟む位置に形成された２つの切欠き部を含む、請求項６～８のいずれか１項に記載の積層コアの製造方法。

[請求項10] 前記分離材は、加熱により揮発し、且つ、加熱により前記絶縁材と反応しない揮発材をさらに含み、

前記分離材配置工程は、前記軟磁性板の２つの板面のうちの少なくとも一方の板面の領域に前記揮発材を配置し、

前記揮発材が配置される領域は、前記第２軟磁性板として打抜かれる領域を含む領域と、前記第１軟磁性板として打抜かれる領域のうちの前記第２軟磁性板と対向する領域を含む領域と、のうちの、の少なくとも一方の領域である、請求項６～９のいずれか１項に記載の積層コアの製造方法。

[請求項11] 前記揮発材は、油である、請求項１０に記載の積層コアの製造方法。

[請求項12] 前記分離材は、加熱により揮発し、且つ、加熱により前記絶縁材と反応しない揮発材を含み、

前記分離材配置工程は、前記軟磁性板の２つの板面のうちの少なくとも一方の板面の領域に前記揮発材を配置し、

前記揮発材が配置される領域は、前記第１軟磁性板として打抜かれる領域のうち、前記積層体の上面および下面のうちの少なくとも一方を構成する領域を含む領域である、請求項２に記載の積層コアの製造方法。

[請求項13] 前記揮発材は、油である、請求項１２に記載の積層コアの製造方法。

[請求項14] 前記仮接着工程での加熱に用いる第１加熱装置として、前記積層体の中心線に沿って見た場合に前記積層体を間に挟む位置に設置された２つの第１加熱装置を少なくとも有する、請求項１～１３のいずれか１項に記載の積層コアの製造方法。

[請求項15] 前記仮接着工程での加熱に用いる第１加熱装置は、近赤外線ヒータ

一を含む、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の積層コアの製造方法。

[請求項16] 前記近赤外線ヒーターは、前記積層体の積層方向に沿って線状に近赤外線を集光させる、請求項 1 5 に記載の積層コアの製造方法。

[請求項17] 前記仮接着工程による加熱が行われる時間と、前記仮接着することが終了した後の前記積層体の目標温度と、前記仮接着工程による加熱が終了する前の前記第 1 軟磁性の温度と、に基づいて、前記仮接着工程での加熱条件を設定する加熱条件設定工程を有する、請求項 1 ～ 1 6 のいずれか 1 項に記載の積層コアの製造方法。

[請求項18] 軟磁性板を母材として用いて、回転電機用の積層コアを製造する積層コアの製造装置であって、

前記母材から第 1 軟磁性板を順次打抜く金型と、

前記金型で打抜かれた複数の前記第 1 軟磁性板を前記金型の下型内で仮接着するために局所加熱する第 1 加熱装置と、

前記第 1 加熱装置による加熱が行われた後に、積層体を、当該積層体に後続する積層体と分離する分離手段と、

前記金型の外部において、前記積層体を構成する複数の前記第 1 軟磁性板を本接着するために加熱する第 2 加熱装置と、

を有し、

前記軟磁性板の 2 つの板面のうちの少なくとも一方の板面には、加熱により接着能を発揮する絶縁材が形成されており、

前記下型内において、前記複数の第 1 軟磁性板は、前記金型による打抜きに応じて、外周側の端部の少なくとも一部の領域が支持されながら下方に移動し、

前記積層体は、1 つの前記積層コアの高さに応じた数の前記第 1 軟磁性板が積層されることにより構成される、積層コアの製造装置。

[請求項19] 前記第 1 加熱装置による加熱が行われる前に、前記積層体と、前記下型内において当該積層体に後続する前記積層体と、の間となる位置

に、分離材を配置する分離材配置手段を、さらに有し、

前記分離材は、前記第 1 加熱装置による局所加熱によって接着能を発揮しない、または、前記第 1 加熱装置による加熱によって前記絶縁材が発揮する接着能よりも低い接着能を前記第 1 加熱装置による局所加熱によって発揮する、請求項 18 に記載の積層コアの製造装置。

[請求項20] 前記分離材は、分離板を含む、請求項 19 に記載の積層コアの製造装置。

[請求項21] 前記分離板は、加熱により接着能を発揮し、
前記分離板の外周側の端部と前記第 1 加熱装置との距離は、前記積層体の外周側の端部と前記第 1 加熱装置との距離よりも長い、請求項 20 に記載の積層コアの製造装置。

[請求項22] 前記分離板は、前記母材から前記金型により打抜かれた第 2 軟磁性板であり、
前記分離材配置手段は、前記下型内において 2 つの前記積層体の間となる位置に前記第 2 軟磁性板を配置する、請求項 20 または 21 に記載の積層コアの製造装置。

[請求項23] 前記第 2 軟磁性板の外周側の端部には、1 つ以上の切欠き部が形成されており、
前記分離材配置手段は、前記切欠き部の少なくとも一部の領域が、当該切欠き部が形成されている前記第 2 軟磁性板の上下に配置される 2 つの前記積層体の外周側の端部よりも当該 2 つの積層体の中心線側に位置するように当該第 2 軟磁性板を配置する、請求項 22 に記載の積層コアの製造装置。

[請求項24] 前記第 1 加熱装置として、複数の第 1 加熱装置を有し、
前記切欠き部は、複数あり、
前記複数の第 1 加熱装置のうちの 1 つの第 1 加熱装置は、複数の前記切欠き部のうちの 1 つの切欠き部と間隔を有する状態で対向する位置に設置される、請求項 23 に記載の積層コアの製造装置。

- [請求項25] 前記切欠き部は、複数あり、
複数の前記切欠き部は、前記第2軟磁性板の中心線に沿って見た場合に、当該中心線を間に挟む位置に形成された2つの切欠き部を含む、請求項23または24に記載の積層コアの製造装置。
- [請求項26] 前記分離材は、加熱により揮発し、且つ、加熱により前記絶縁材と反応しない揮発材をさらに含み、
前記分離材配置手段は、前記軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面の領域に前記揮発材を配置し、
前記揮発材が配置される領域は、前記第2軟磁性板として打抜かれる領域を含む領域と、前記第1軟磁性板として打抜かれる領域のうちの前記第2軟磁性板と対向する領域を含む領域と、のうち、の少なくとも一方の領域である、請求項22～25のいずれか1項に記載の積層コアの製造装置。
- [請求項27] 前記揮発材は、油である、請求項26に記載の積層コアの製造装置。
- [請求項28] 前記分離材は、加熱により揮発し、且つ、加熱により前記絶縁材と反応しない揮発材を含み、
前記分離材配置手段は、前記軟磁性板の2つの板面のうちの少なくとも一方の板面の領域に前記揮発材を配置し、
前記揮発材が配置される領域は、前記第1軟磁性板として打抜かれる領域のうち、前記積層体の上面および下面のうちの少なくとも一方を構成する領域を含む領域である、請求項19に記載の積層コアの製造装置。
- [請求項29] 前記揮発材は、油である、請求項28に記載の積層コアの製造装置。
- [請求項30] 前記第1加熱装置として、前記積層体の中心線に沿って見た場合に前記積層体を間に挟む位置に設置された2つの第1加熱装置を少なくとも有する、請求項18～29のいずれか1項に記載の積層コアの製

造装置。

[請求項31] 前記第1加熱装置は、近赤外線ヒーターを含む、請求項18～30のいずれか1項に記載の積層コアの製造装置。

[請求項32] 前記近赤外線ヒーターは、前記積層体の積層方向に沿って線状に近赤外線を集光させる、請求項31に記載の積層コアの製造装置。

[請求項33] 前記下型内で前記第1軟磁性板を下方に移動させる速度と、前記仮接着することが終了した後の前記積層体の目標温度と、前記第1加熱装置による加熱が行われていない状態での前記第1軟磁性の温度と、に基づいて、前記第1加熱装置における加熱条件を設定する加熱条件設定手段を有する、請求項18～32のいずれか1項に記載の積層コアの製造装置。