

## 明 細 書

発明の名称： 積層コアの製造装置および製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、積層コアの製造装置および製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、回転電機等のコアとして、複数の電磁鋼板を積層した構成を有する積層コアが利用されている。積層コアの製造方法の一つとして、接着剤が塗布された鋼帯から所定の形状のコアシートを打ち抜き、得られた複数のコアシートを互いに接着することによって積層コアを製造する方法が知られている。

[0003] 例えば、特許文献1に開示された積層鉄心の製造方法では、外形打抜きパンチによって帯状鋼板から打ち抜かれた鉄心薄板が外形打抜きダイに押し込まれる。外形打抜きダイ内に押し込まれた鉄心薄板は、先に打抜かれた鉄心薄板上に積層され、外形打抜きダイの下部のスライズリング内へと順次押し込まれる。スライズリング内に押し込まれた鉄心薄板は、スライズリングの内周面に圧接しながら移動することで互いに密着する。このとき、加熱ヒータの加熱により各鉄心薄板間の接着剤が硬化し、所定枚数の鉄心薄板が互いに固定された積層鉄心が形成される。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-297758号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に開示された方法では、打ち抜きダイによる鉄心薄板の打ち抜きならびにスライズリング内における複数の鉄心薄板の加圧および加熱を連続的に行うことができる。これにより、効率よく積層鉄心を製造することができる。

[0006] しかしながら、本発明者による研究の結果、上記のように複数の鉄心薄板の加圧および加熱を同時に行う場合には、得られた積層鉄心に圧縮残留応力が発生し、鉄損が増加する場合があることが分かった。

[0007] そこで、本発明は、鉄損の発生を抑制できる積層コアの製造装置および製造方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一実施形態に係る製造装置は、  
表面に接着剤層を有する鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、得られた複数のコアシートを互いに接着することによって積層コアを製造する装置であって、

パンチ、

前記パンチの下方に配置される打ち抜きダイ、

前記打ち抜きダイの下方に配置される第1保持部、

前記第1保持部の下方に配置され、かつ前記第1保持部とは別部材によって構成される第2保持部、および

前記第1保持部よりも下方において前記第2保持部の周囲に配置される加熱部、

を備え、

前記パンチおよび前記打ち抜きダイによって鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、

打ち抜いた前記複数のコアシートの外周部を前記第1保持部によって側方から加圧しつつ、前記複数のコアシートを前記パンチによって下方に加圧し、

前記パンチによって下方に加圧された前記複数のコアシートを、前記第2保持部内に保持しつつ前記加熱部によって加熱する、ことを特徴とする。

[0009] また、本発明の一実施形態に係る製造方法は、

パンチ、前記パンチの下方に配置される打ち抜きダイ、前記打ち抜きダイの下方に配置される第1保持部、前記第1保持部の下方に配置され、かつ前

記第 1 保持部とは別部材によって構成される第 2 保持部、および前記第 1 保持部よりも下方において前記第 2 保持部の周囲に配置される加熱部を備えた製造装置において、

前記パンチおよび前記打ち抜きダイによって表面に接着剤層を有する鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、

打ち抜いた前記複数のコアシートの外周部を前記第 1 保持部によって側方から加圧しつつ、前記複数のコアシートを前記パンチによって下方に加圧し、

前記パンチによって下方に加圧された前記複数のコアシートを、前記第 2 保持部内に保持しつつ前記加熱部によって加熱する、ことを特徴とする。

[0010] 前記接着剤層は、熱硬化性の接着剤層であってもよい。

[0011] 前記第 1 保持部と前記第 2 保持部とは、連結部を介して連結されていてもよい。

[0012] 前記第 1 保持部の上下方向の長さは、5 mm 以上であってもよい。

[0013] 前記パンチは、2.0 MPa 以下の加圧力で、前記複数のコアシートを加圧してもよい。

[0014] 前記加熱部は、赤外線加熱装置を含んでもよい。

### 発明の効果

[0015] 本発明によれば、積層コアの鉄損発生を抑制することができる。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]図 1 は、本発明の一実施形態に係る積層コアの製造装置を示す概略断面図である。

[図2]図 2 は、鋼帯の表面近傍を示す拡大断面図である。

[図3]図 3 は、本発明の一実施形態に係る積層コアの製造方法を説明するための図である。

[図4]図 4 は、本発明の一実施形態に係る積層コアの製造方法を説明するための図である。

[図5]図 5 は、本発明の一実施形態に係る積層コアの製造方法を説明するための

の図である。

[図6]図6は、製造装置の変形例を示す図である。

[図7]図7は、製造装置の他の変形例を示す図である。

[図8]図8は、製造装置のその他の変形例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態に係る積層コアの製造装置および製造方法について図面を用いて説明する。

[0018] 図1は、本発明の一実施形態に係る積層コアの製造装置を示す概略断面図である。製造装置100は、所定方向に搬送される鋼帯1から複数のコアシート1aを打ち抜き、得られた複数のコアシート1aを互いに接着することによって積層コア2を製造する装置である。本実施形態では、積層コア2は、例えば、円筒形状を有し、回転電機においてステータコアとして用いられる。なお、積層コア2は、回転電機においてロータコアとして用いられる積層コアであってもよい。また、積層コア2が分割コアであってもよい。また、積層コア2が、回転電機以外の装置のコアであってもよい。

[0019] 以下、鋼帯1について簡単に説明した後、製造装置100について詳細な説明を行う。図2は、鋼帯1の表面近傍を示す拡大断面図である。

[0020] 図2に示すように、鋼帯1は、母材鋼板11aと、接着剤層11bとを備える。本実施形態では、母材鋼板11aとして無方向性電磁鋼板が用いられるが、母材鋼板11aとして方向性電磁鋼板が用いられてもよい。なお、本明細書において、電磁鋼板とは、絶縁被膜等を除く母材部分（母材鋼板）を意味する。接着剤層11bは、母材鋼板11aの表面に形成されている。本実施形態では、接着剤層11bは、母材鋼板11aの両面に形成されるが、接着剤層11bは、母材鋼板11aの一方の表面のみに形成されてもよい。

[0021] 母材鋼板11aの化学組成は、基本元素を含有し、必要に応じて任意元素を含有し、残部がFeおよび不純物である。本実施形態では、母材鋼板11aの化学組成は、例えば、基本元素として、質量%で、Si：1.0～4.5%、Al：0.1～1.5%、およびMn：0.2～4.0%を含有する

。

[0022] 接着剤層 11b は、母材鋼板 11a の表面を全面にわたって覆うように形成されている。接着剤層 11b としては、熱硬化性樹脂が用いられる。本実施形態では、接着剤層 11b は、接着能に加えて、絶縁性能を有している。本実施形態では、接着剤層 11b は、例えば、エポキシ樹脂とエポキシ樹脂硬化剤とを含有する絶縁被膜である。

[0023] エポキシ樹脂としては、例えば、一分子中にエポキシ基を 2 個以上有するエポキシ樹脂を用いることができる。このようなエポキシ樹脂としては、例えば、ビスフェノール A 型エポキシ樹脂、ビスフェノール F 型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、脂環式エポキシ樹脂、グリシジルエステル型エポキシ樹脂、グリシジリアミン型エポキシ樹脂、ヒダントイン型エポキシ樹脂、イソシアヌレート型エポキシ樹脂、アクリル酸変性エポキシ樹脂（エポキシアクリレート）、リン含有エポキシ樹脂、ならびにこれらのハロゲン化物（臭素化エポキシ樹脂等）または水素添加物等が挙げられる。エポキシ樹脂としては、1 種を単独で使用してもよく、2 種以上を併用してもよい。

[0024] エポキシ樹脂硬化剤としては、例えば、芳香族ポリアミン、酸無水物、フェノール系硬化剤、ジシアンジアミド、三フッ化ホウ素－アミン錯体、有機酸ヒドラジッド等が挙げられる。芳香族ポリアミンとしては、例えば、メタフェニレンジアミン、ジアミノジフェニルメタン、ジアミノジフェニルスルホン等が挙げられる。フェノール系硬化剤としては、例えば、フェノールノボラック樹脂、クレゾールノボラック樹脂、ビスフェノールノボラック樹脂、トリアジン変性フェノールノボラック樹脂、フェノールレゾール樹脂等が挙げられる。エポキシ樹脂硬化剤としては、フェノール系硬化剤が好ましく、フェノールレゾール樹脂がより好ましい。エポキシ樹脂硬化剤としては、1 種を単独で使用してもよく、2 種以上を併用してもよい。

[0025] なお、詳細な説明は省略するが、母材鋼板 11a と接着剤層 11b との間に、さらに別の絶縁被膜が形成されていてもよい。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、等が適用できる。無機化合物としては、例えば、（１）重クロム酸塩とホウ酸の複合物、（２）リン酸塩とコロイダルシリカの複合物、（３）リン酸塩、（４）Ｚｒ化合物、（５）Ｔｉ化合物等が挙げられる。有機樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、アクリルスチレン樹脂、ポリエステル樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。

[0026] （製造装置の構成）

次に、製造装置１００について詳細に説明する。図１に示すように、本実施形態に係る製造装置１００は、ベース部１０と、パンチ１２と、打ち抜きダイ１４と、第１保持部１６と、第２保持部１８と、加熱部２０とを備えている。なお、図示は省略するが、製造装置１００では、鋼帯１の搬送方向においてパンチ１２および打ち抜きダイ１４の上流側においても、他のパンチおよびダイによって、鋼帯１に所定の打ち抜き加工（スロットの形成等）が行われる。

[0027] パンチ１２は、上下方向に進退可能に、ベース部１０の上方に配置されている。打ち抜きダイ１４は、パンチ１２の下方に配置されている。打ち抜きダイ１４は、積層コア２の外形に対応した筒形状を有している。本実施形態では、打ち抜きダイ１４の上端側の開口縁１４ａが切断刃として機能する。本実施形態では、開口縁１４ａは、円形状を有している。本実施形態では、所定方向に搬送される鋼帯１に対して、パンチ１２および打ち抜きダイ１４によって外形抜き加工が繰り返し行われ、鋼帯１から複数のコアシート１ａが打ち抜かれる。

[0028] 図１には、打ち抜きダイ１４の開口縁１４ａの中心を通過して上下方向に延びる仮想線Ａが一点鎖線で示されている。以下において、径方向とは、仮想線Ａに直交する方向を意味する。また、以下において周方向とは、上方から見て、開口縁１４ａの中心を中心とする仮想円の円周方向を意味する。

[0029] 第１保持部１６は、打ち抜きダイ１４の下方に配置されている。本実施形

態では、第1保持部16は、図示しない取り付け部材を用いて、ベース部10に固定されている。本実施形態では、第1保持部16は、複数の保持部材16aと、複数の押圧装置16bとを備えている。

[0030] 複数の保持部材16aは、周方向に並ぶように配置されている。各保持部材16aは、径方向に移動可能に設けられている。各保持部材16aに対して、押圧装置16bが設けられている。押圧装置16bは、保持部材16aを径方向に移動させる装置である。本実施形態では、押圧装置16bは、例えば油圧装置を含み、油圧によって押圧装置16bを径方向に移動させる。

[0031] なお、第1保持部16は、パンチ12および打ち抜きダイ14によって打ち抜かれた複数のコアシート1aを側方（径方向外側）から加圧できるように構成されていればよい。したがって、例えば、複数の保持部材16aのうちのいずれかの保持部材16aが、径方向に移動しないように固定されていてもよい。この場合、その固定された保持部材16aに対しては、押圧装置16bを接続しなくてよい。なお、第1保持部の構成は上述の例に限定されず、公知の種々のスクイズリングの構成を利用して第1保持部を構成することができる。

[0032] 第2保持部18は、第1保持部16の下方に配置されている。第2保持部18は、第1保持部16とは別部材によって構成されている。本実施形態では、第2保持部18は、第1保持部16と同軸上に設けられている。本実施形態では、第2保持部18は、径方向に移動可能に設けられた複数の保持部材18aを有している。図示は省略するが、各保持部材18aに対して、付勢装置が設けられている。本実施形態では、付勢装置は、例えば、ばね等の弾性部材を含み、保持部材18aを径方向内側（仮想線A側）に向かって付勢している。なお、第2保持部の構成は上述の例に限定されず、公知の種々のスクイズリングの構成を利用して第2保持部を構成することができる。

[0033] 加熱部20は、第1保持部16よりも下方において、第2保持部18の周囲に配置されている。本実施形態では、加熱部20は、複数の加熱装置20aを含む。加熱装置20aとしては、例えば、赤外線加熱装置が用いられる。

。本実施形態では、各保持部材 18 a に対して、加熱装置 20 a が設けられている。なお、加熱部 20 の構成は上述の例に限定されず、第 2 保持部 18（保持部材 18 a）または第 2 保持部 18 に保持されたコアシート 1 a を加熱することができる種々の加熱装置を加熱部として用いることができる。例えば、加熱部として、第 2 保持部 18 を囲むように設けられた高周波誘導加熱装置を用いてもよい。

[0034] （積層コアの製造方法）

次に、上述の製造装置 100 を用いた積層コア 2 の製造方法について説明する。本実施形態では、図示しない送り出し機構（ローラ等）によって、図示しないコイル（フープ材）から鋼帯 1 を所定方向に送り出しつつ、パンチ 12 および打ち抜きダイ 14（開口縁 14 a）によって鋼帯 1 から複数のコアシート 1 a が打ち抜かれる。

[0035] 図 3 に示すように、打ち抜かれた複数のコアシート 1 a は、打ち抜きダイ 14 内に順次積層される。なお、鋼帯 1 から打ち抜かれたコアシート 1 a の外周部は打ち抜きダイ 14 の内周面に接触するが、本実施形態では、打ち抜きダイ 14 からコアシート 1 a に対して大きな圧力は加えられない。このため、パンチ 12 および打ち抜きダイ 14（開口縁 14 a）によって鋼帯 1 から打ち抜かれたコアシート 1 a は、打ち抜きダイ 14 の内周面に保持されることなく、打ち抜きダイ 14 内を下方へ移動する。

[0036] 図 4 に示すように、鋼帯 1 からさらにコアシート 1 a が打ち抜かれることによって、複数のコアシート 1 a が第 1 保持部 16 内へ順次押し込まれる。本実施形態では、パンチ 12 および打ち抜きダイ 14 によって新たなコアシート 1 a が打ち抜かれるごとに、打ち抜きダイ 14 内から第 1 保持部 16 内へ、コアシート 1 a が 1 枚ずつ押し込まれる。

[0037] 上述したように、第 1 保持部 16 は、コアシート 1 a を側方（径方向外側）から加圧できるように構成されている。本実施形態では、第 1 保持部 16 内において、複数のコアシート 1 a が側方から加圧された状態が維持される。このため、パンチ 12 が複数のコアシート 1 a を下方へ加圧することによ

って上下方向に隣り合うコアシート 1 a 間に生じた圧力を第 1 保持部 1 6 内において維持することができる。これにより、複数のコアシート 1 a が上下方向に加圧され、第 1 保持部 1 6 内において、上下方向に隣り合う母材鋼板 1 1 a が、接着剤層 1 1 b を介して圧着される。本実施形態では、複数のコアシート 1 a の自重によって上下方向に隣り合うコアシート 1 a 間に生じる圧力よりも大きい圧力を、第 1 保持部 1 6 内において上下方向に隣り合うコアシート 1 a 間に生じさせ、かつ維持することができる。なお、第 1 保持部 1 6 内で加圧された上下方向に隣り合うコアシート 1 a 同士は、後述する第 2 保持部 1 8 内において加熱および加圧された後のコアシート 1 a よりも弱い力（接着力）で固定されている。すなわち、第 1 保持部 1 6 内において、上下方向に隣り合うコアシート 1 a 同士が接着（仮接着）される。なお、パンチ 1 2 から複数のコアシート 1 a への加圧力は、2. 0 MPa 以下に設定することが好ましく、コアシート 1 a を打ち抜くために必要となる圧力（打ち抜き圧力：例えば、0. 1 MPa 程度）に近付けることがより好ましい。前記の加圧力は、例えば 1. 8 MPa 以下に設定してもよく、1. 0 MPa 以下に設定してもよい。また、0. 1 MPa 以上に設定してもよい。また、第 1 保持部 1 6（本実施形態では、保持部材 1 6 a）からコアシート 1 a の外周部への加圧力は、例えば、コアシート 1 a の落下を防止できる大きさに設定される。本実施形態では、コアシート 1 a と第 1 保持部 1 6 との間に生じる静止摩擦力が、コアシート 1 a の重量よりも大きくなるように、上記加圧力が設定される。

[0038] なお、上述したように、打ち抜きダイ 1 4 の内周面からコアシート 1 a に対して大きな圧力は加えられない。このため、パンチ 1 2 が複数のコアシート 1 a を下方へ加圧することによって打ち抜きダイ 1 4 内において上下方向に隣り合うコアシート 1 a 間に圧力が発生しても、その状態は維持されない。このため、打ち抜きダイ 1 4 内においては、複数のコアシート 1 a は互いに圧着されない。

[0039] なお、上述したように、コアシート 1 a には、熱硬化性の接着剤層 1 1 b

が設けられている。本実施形態では、少なくとも第1保持部16内の上端部においては、接着剤層11bが軟化しないように、第1保持部16の温度が調整される。例えば、第1保持部16内において、上下方向に隣り合う一对の母材鋼板11a同士が圧着される前に当該一对の母材鋼板11aの間の接着剤層11bが軟化することが防止されるように、第1保持部16の温度が調整される。より具体的には、第1保持部16は、例えば、複数のコアシート1aを接着剤層11bの軟化温度未満の温度で保持してもよい。第1保持部16において複数のコアシート1aを接着剤層11bの軟化温度未満の温度で保持する場合は、複数のコアシート1aの加圧および加熱を同時に行う場合でも、得られる積層コアに生じる圧縮残留応力を低減し、鉄損の増加を抑制することができる。第1保持部16における複数のコアシート1aの保持温度は、例えば、接着剤層11bの軟化温度よりも10℃以上低い温度とすることができ、接着剤層11bの軟化温度よりも30℃以上低い温度としてもよい。第1保持部16における上記保持温度の下限は特に限定されないが、例えば0℃以上、もしくは、室温程度（20℃）以上としてもよく、40℃以上としてもよい。なお、第1保持部16内における複数のコアシート1aの保持温度（接着剤層11bの温度）は、第1保持部16に熱電対温度計または放射温度計を埋め込むことによって測定することができる。本実施形態では、上記のようにして測定される保持温度（接着剤層11bの温度）に基づいて、第1保持部16内におけるコアシート1a（接着剤層11b）の温度が軟化温度未満となるように、加熱部20の出力制御を行う他、第1保持部16の上下方向の長さを調整すること、もしくは、第1保持部16と第2保持部18との境界部に断熱部を設けることなどを行ってもよい。また、事前に加熱部20の加熱試験を行って、加熱部20の加熱による接着剤層11bの温度上昇挙動についてシミュレーションを行ってもよい。そして、シミュレーションによって得られた接着剤層11bの温度上昇挙動に基づいて、加熱部20の出力制御を行ってもよい。なお、第1保持部16内の温度は、第1保持部16と連続して設けられる第2保持部内の温度の影響を受け

て上昇する場合があるが、上述の方法により、第1保持部16内の温度を接着剤層11bの軟化温度未満に制御することができる。なお、本実施形態では、第1保持部16における保持温度が接着剤層11bの軟化温度未満であればよく、本実施形態の作用効果は、第1保持部16における加熱部の有無、および、コアシート1aの意図的加熱の有無には影響を受けない。一方で、コアシート1aに生じる圧縮残留応力をより低減する観点より、第1保持部16では、複数のコアシート1aが加熱されることを抑制することが好ましい。例えば、装置の簡略化およびコアシート1aに生じる圧縮残留応力をより低減するため、第1保持部16には、加熱部20を設けないことが好ましい。このため、本実施形態では、加熱部20は、第1保持部16の下端部よりも下方に位置付けられている。

[0040] なお、加熱部20による加熱によって第1保持部16の上端部の温度が上昇することを抑制する観点から、第1保持部16の上下方向の長さ（より具体的には、コアシート1aに接触する部分の長さ。本実施形態では、保持部材16aの長さ。）は、5mm以上であることが好ましく、10mm以上であることが好ましい。この場合、第1保持部16において、接着剤層11bが軟化する前にコアシート1a同士をより適切に圧着することができる。第1保持部16の上下方向の長さの上限は特に限定されないが、例えば160mm以下であればよく、20mm以下としてもよい。

[0041] 図5に示すように、鋼帯1からさらにコアシート1aが打ち抜かれることによって、複数のコアシート1aは、第2保持部18内へ順次押し込まれる。本実施形態では、パンチ12および打ち抜きダイ14によって新たなコアシート1aが打ち抜かれるごとに、第1保持部16から第2保持部18内へ、コアシート1aが1枚ずつ押し込まれる。

[0042] 第2保持部18内へ押し込まれたコアシート1aは、第2保持部18（複数の保持部材18a）によって側方（径方向外側）から保持されつつ、加熱部20によって加熱され、且つパンチ12により加圧される。本実施形態では、加熱部20によって複数のコアシート1aが加熱されることによって、

第2保持部18内において各コアシート1aの接着剤層11bが軟化および硬化する。これにより、第2保持部18内において複数のコアシート1aが互いに固定される。また、複数のコアシート1aは、下方側から1枚ずつ第2保持部18内へ押し込まれ、第2保持部18内へ押し込まれたものから順に加熱される。そのため、積層された複数のコアシート1aは、下方側に位置するものから上方側に位置するものへと順次加熱されていき、下方側から徐々に加熱される。なお、本実施形態では、加熱部20は、第2保持部18内において接着剤層11bの温度が軟化温度以上の温度まで上昇するように、第2保持部18を加熱する。また、本実施形態では、第2保持部18から積層コア2への側方からの加圧力は、積層コア2の落下を防止できる大きさに設定される。本実施形態では、積層コア2と第2保持部18との間に生じる静止摩擦力が、積層コア2の重量よりも大きくなるように、上記加圧力が設定される。なお、第2保持部18における加熱温度は接着剤層11bの軟化温度以上の温度であればよいが、例えば、接着剤層11bの軟化温度よりも10℃以上高い温度としてもよく、接着剤層11bの軟化温度よりも40℃以上高い温度としてよい。第2保持部18における加熱温度の上限は特に限定されないが、例えば、200℃以下としてもよい。また、接着剤層11bを形成する接着剤が熱硬化性樹脂である場合、加熱部20は、第2保持部18に保持された複数のコアシート1aを、接着剤層11bの硬化温度以上の温度に加熱する。

[0043] なお、加熱部20として赤外線加熱装置を用いる場合には、各コアシート1aを、外周部から中心部に向かって徐々に昇温させることができる。これにより、各コアシート1aの接着剤層11bを、外周部から中心部に向かって徐々に硬化させることができる。この場合、第2保持部18内において上下に隣り合う母材鋼板11aの間から接着剤が漏れ出すことを防止できる。このような観点から、加熱部20としては、赤外線加熱装置を用いることが好ましい。本実施形態では、例えば、波長が750～1000nmの近赤外線を放射する赤外線加熱装置が用いられる。

[0044] 最後に、図1に示すように、第2保持部18内において互いに固定された複数のコアシート1aが、積層コア2として第2保持部18から排出される。このようにして、積層コア2が製造される。なお、本実施形態では、コアシート1a（鋼帯1）の厚みは、例えば、0.1mm～0.5mmであり、積層コア2の質量は、例えば、0.1kg～6.0kgである。より大型の積層コア2、例えば、質量が6.0kgを超える積層コア2を製造する場合には、第2保持部18に設けられた付勢装置による力だけでは、積層コア2を保持することが難しい場合がある。このような場合には、後述の図8に示すように、支持装置26によって積層コア2を下方から支持することが好ましい。

[0045] （本実施形態の効果）

本実施形態に係る製造装置100においては、加熱部20によって第2保持部18内に保持された複数のコアシート1aを加熱する際に、第2保持部18も加熱される。第2保持部18の上方には第1保持部16が設けられており、第2保持部18から第1保持部16へ熱が伝達されることによって、第1保持部16の温度も上昇する。

[0046] ただし、本実施形態に係る製造装置100では、第1保持部16と第2保持部18とは別部材によって構成されており、第2保持部18から第1保持部16への熱伝達を抑制することができる。これにより、第1保持部16（保持部材16a）が、接着剤層11bの軟化温度以上になることを十分に抑制することができる。言い換えると、第1保持部16内において上下方向に隣り合うコアシート1a同士が加圧される前に接着剤層11bが軟化することを防止することができる。その結果、複数のコアシート1aの加圧および加熱によりコアシート1aに生じる圧縮残留応力を低減することができる。

[0047] ここで、本発明者が詳細な検討を行った結果、複数のコアシート1aに対して、接着剤層11bの軟化温度以上の温度での加熱および加圧を同時に開始する場合には、コアシート1aに圧縮方向の残留応力（径方向内側への残留応力）が発生することが分かった。具体的には、コアシート1aの加熱お

よび加圧を同時に開始する場合には、上下方向に隣り合う一対のコアシート 1 a が加圧される前に当該一対のコアシート 1 a 間の接着剤層 1 1 b の軟化が進行する。この場合、接着剤層 1 1 b とその上方または下方の母材鋼板 1 1 a との熱膨張量の差、および当該接着剤層 1 1 b の収縮に起因して、母材鋼板 1 1 a に圧縮方向の残留応力が発生しやすくなる。

[0048] 一方で、予め上下に隣り合うコアシート 1 a 同士を接着剤層 1 1 b の軟化温度未満の温度で保持しつつ加圧した後に、接着剤層 1 1 b の軟化温度以上の温度で上下に隣り合うコアシート 1 a 同士を加熱および加圧して接着した場合は、加圧および加熱によりコアシート 1 a に生じる圧縮残留応力を低減することができることが分かった。また、上下方向に加圧された複数のコアシート 1 a を、下方側のコアシート 1 a から順に加熱する場合には、接着剤層 1 1 b とその上下の母材鋼板 1 1 a とは、互いに追従するように膨張および収縮する。この場合、さらに母材鋼板 1 1 a に圧縮方向の残留応力が発生することが抑制される。そこで、本実施形態に係る製造装置 1 0 0 では、上記のように、第 1 保持部 1 6 と第 2 保持部 1 8 とを別部材によって構成して第 2 保持部 1 8 から第 1 保持部 1 6 への熱伝達を抑制し、第 1 保持部 1 6 の温度上昇を抑制している。また、第 2 保持部 1 8 において、複数のコアシート 1 a を接着剤層 1 1 b の軟化温度以上の温度で加熱および加圧することにより、複数のコアシート 1 a 同士を接着固定する。これにより、第 1 保持部 1 6 内において上下方向に隣り合うコアシート 1 a 同士が加圧される前に接着剤層 1 1 b が軟化することを防止することができる。その結果、第 1 保持部 1 6 において各母材鋼板 1 1 a に圧縮方向の残留応力が発生することを抑制でき、積層コア 2 の鉄損を小さくすることができる。また、本実施形態に係る製造装置 1 0 0 では、打ち抜きダイ 1 4、第 1 保持部 1 6、および第 2 保持部 1 8 が上下方向に連続的に配置されている。このような構成において、パンチ 1 2 によって下方側に押し込まれた複数のコアシート 1 a は、第 2 保持部 1 8 内において下方側から 1 枚ずつ順に接着剤層 1 1 b の軟化温度以上の温度に加熱される。第 2 保持部 1 8 において、複数のコアシート 1 a が下

方側から徐々に接着剤層 11b の軟化温度以上の温度に加熱されることにより、各母材鋼板 11a に生じる圧縮残留応力を低減することでき、積層コア 2 の鉄損をより小さくすることができる。

[0049] なお、通常、適切な形状の積層コアを得るためには、パンチから複数のコアシートに対して、2.0MPa を超える大きな圧力を加えつつ接着剤層を硬化させる必要がある。しかし、この場合には、接着剤層と母材鋼板との間の摩擦力が大きくなり、母材鋼板に圧縮残留応力が発生するため、鉄損が増加する。これに対して、本実施形態では、第2保持部 18 において複数のコアシート 1a の外周部が側方から保持（本実施形態では、加圧）されつつ、複数のコアシート 1a が加熱される。これにより、複数のコアシート 1a に対して積層方向に大きな圧力を加えることなく、複数のコアシート 1a（母材鋼板 11a）間の接着剤層 11b を硬化することができる。この場合、接着剤層 11b と母材鋼板 11a との間の摩擦力が大きくなることを防止でき、母材鋼板 11a に圧縮残留応力が発生することを十分に抑制できる。これにより、パンチ 12 から複数のコアシート 1a への加圧力が 2.0MPa 以下と低い場合でも、複数のコアシート 1a を適切に接着して、適切な形状の積層コア 2 を得ることができる。

[0050] （変形例）

上述の実施形態では、第1保持部 16 と第2保持部 18 とが互いに独立して設けられているが、図6に示すように、第1保持部 16 と第2保持部 18 とが、複数の連結部 22 によって互いに連結されていてもよい。この場合、第1保持部 16 および第2保持部 18 を連動させることができるので、第1保持部 16 および第2保持部 18 の構成（保持部材 16a および保持部材 18a を押圧するための構成）を簡略化することができる。なお、連結部 22 は、保持部材 16a および保持部材 18a に形成された凹部および凸部であってもよい。この場合、例えば、凹部と凸部とをかしめることによって、保持部材 16a と保持部材 18a とを固定することができる。また、連結部 22 は、ボルトおよびナット等の締結部材であってもよい。

[0051] 上述の実施形態では、第1保持部16の直下に第2保持部18が配置されているが、第1保持部16と第2保持部18とが、保持部材18a（第2保持部18のうちコアシート1aに接触する部分）よりも熱伝導率が低い断熱部材24を介して連結されてもよい。この場合、第2保持部18から第1保持部16に熱が伝達されることを十分に抑制でき、第1保持部16の温度上昇を十分に防止することができる。なお、本実施形態では、断熱部材24が第1保持部16および第2保持部18を連結する連結部を構成する。

[0052] 上述の実施形態では、第1保持部16および第2保持部18において側方から複数のコアシート1aを加圧することによって複数のコアシート1aを支持しているが、図8に示すように、さらに支持装置26によって複数のコアシート1aを下方から支持してもよい。これにより、複数のコアシート1aをより安定して支持することができる。なお、支持装置26は、例えば、油圧またはばね等の弾性部材の弾性力によって複数のコアシート1aを下方から支持する装置である。

### 産業上の利用可能性

[0053] 本発明によれば、鉄損の小さい積層コアを製造することができる。

### 符号の説明

- [0054]
- 1 鋼帯
  - 2 積層コア
  - 10 ベース部
  - 12 パンチ
  - 14 打ち抜きダイ
  - 16 第1保持部
  - 18 第2保持部
  - 20 加熱部
  - 22 連結部
  - 24 断熱部材
  - 26 支持装置

### 請求の範囲

- [請求項1] 表面に接着剤層を有する鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、得られた複数のコアシートを互いに接着することによって積層コアを製造する装置であって、
- パンチ、
- 前記パンチの下方に配置される打ち抜きダイ、
- 前記打ち抜きダイの下方に配置される第1保持部、
- 前記第1保持部の下方に配置され、かつ前記第1保持部とは別部材によって構成される第2保持部、および
- 前記第1保持部よりも下方において前記第2保持部の周囲に配置される加熱部、
- を備え、
- 前記パンチおよび前記打ち抜きダイによって鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、
- 打ち抜いた前記複数のコアシートの外周部を前記第1保持部によって側方から加圧しつつ、前記複数のコアシートを前記パンチによって下方に加圧し、
- 前記パンチによって下方に加圧された前記複数のコアシートを、前記第2保持部内に保持しつつ前記加熱部によって加熱する、積層コアの製造装置。
- [請求項2] 前記接着剤層は、熱硬化性の接着剤層である、請求項1に記載の製造装置。
- [請求項3] 前記第1保持部と前記第2保持部とは、連結部を介して連結されている、請求項1または2に記載の製造装置。
- [請求項4] 前記第1保持部の上下方向の長さは、5 mm以上である、請求項1から3のいずれかに記載の製造装置。
- [請求項5] 前記加熱部は、赤外線加熱装置を含む、請求項1から4のいずれかに記載の製造装置。

- [請求項6]           パンチ、前記パンチの下方に配置される打ち抜きダイ、前記打ち抜きダイの下方に配置される第1保持部、前記第1保持部の下方に配置され、かつ前記第1保持部とは別部材によって構成される第2保持部、および前記第1保持部よりも下方において前記第2保持部の周囲に配置される加熱部を備えた製造装置において、
- 前記パンチおよび前記打ち抜きダイによって表面に接着剤層を有する鋼帯から複数のコアシートを打ち抜き、
- 打ち抜いた前記複数のコアシートの外周部を前記第1保持部によって側方から加圧しつつ、前記複数のコアシートを前記パンチによって下方に加圧し、
- 前記パンチによって下方に加圧された前記複数のコアシートを、前記第2保持部内に保持しつつ前記加熱部によって加熱する、積層コアの製造方法。
- [請求項7]           前記接着剤層は、熱硬化性の接着剤層である、請求項6に記載の製造方法。
- [請求項8]           前記第1保持部と前記第2保持部とは、連結部を介して連結されている、請求項6または7に記載の製造方法。
- [請求項9]           前記第1保持部の上下方向の長さは、5 mm以上である、請求項6から8のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項10]           前記パンチは、2.0 MPa以下の加圧力で、前記複数のコアシートを加圧する、請求項6から9のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項11]           前記加熱部は、赤外線加熱装置を含む、請求項6から10のいずれかに記載の製造方法。