

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-184863

(P2020-184863A)

(43) 公開日 令和2年11月12日(2020.11.12)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H02K 15/02	(2006.01)	H02K 15/02	F	5H601
H02K 1/00	(2006.01)	H02K 1/00	Z	5H615

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2019-89029 (P2019-89029)	(71) 出願人	513296958 東芝産業機器システム株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町580番地
(22) 出願日	令和1年5月9日(2019.5.9)	(74) 代理人	110000567 特許業務法人 サトー国際特許事務所
		(72) 発明者	井阪 智大 三重県三重郡朝日町大字縄生2121番地 東芝産業機器システム株式会社 三重事業所内
		(72) 発明者	山田 豊信 三重県三重郡朝日町大字縄生2121番地 東芝産業機器システム株式会社 三重事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層鉄心の製造システム、及び積層鉄心の製造方法

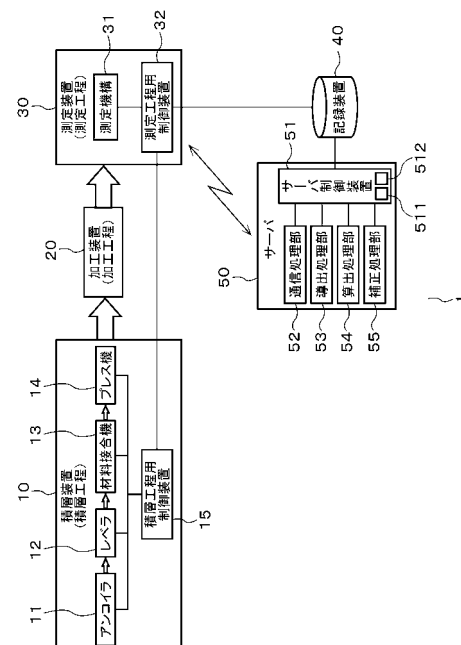
(57) 【要約】

【課題】電磁鋼板の厚み寸法のバラツキの影響を低減して積層鉄心の生産性の向上を図る。

【解決手段】積層鉄心の製造システムは、薄板状の電磁鋼板から鉄心片を打ち抜き、鉄心片を複数枚積層して積層鉄心を形成する積層装置と、積層装置で形成された積層鉄心の厚み寸法を測定する測定装置と、測定装置で測定された積層鉄心の製造順と厚み寸法とのデータを記録する記録装置と、記録装置に記録されている積層鉄心の製造順と積層鉄心の厚み寸法とのデータから回帰直線を導出する導出処理部と、導出処理部で導出された回帰直線を用いて今後製造される積層鉄心の厚み寸法の予測値を算出する算出処理部と、算出処理部で算出された予測値に基づいて今後製造される積層鉄心の厚み寸法が予め設定された管理値範囲内となるように積層装置における前記鉄心片の積層枚数を補正する補正処理部と、を備える。

【選択図】 図1

Fig.1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

薄板状の電磁鋼板から鉄心片を打ち抜き、前記鉄心片を複数枚積層して積層鉄心を形成する積層装置と、

前記積層装置で形成された前記積層鉄心の厚み寸法を測定する測定装置と、

前記測定装置で測定された前記積層鉄心の製造順と厚み寸法とのデータを記録する記録装置と、

前記記録装置に記録されている前記積層鉄心の製造順と前記積層鉄心の厚み寸法とのデータから回帰直線を導出する導出処理部と、

前記導出処理部で導出された前記回帰直線を用いて今後製造される積層鉄心の厚み寸法の予測値を算出する算出処理部と、

前記算出処理部で算出された前記予測値に基づいて今後製造される積層鉄心の厚み寸法が予め設定された管理値範囲内となるように前記積層装置における前記鉄心片の積層枚数を補正する補正処理部と、

を備える積層鉄心の製造システム。

【請求項 2】

前記導出処理部は、前記記録装置に記録されている前記データのうち前記製造順が所定以上過去のデータを除外したデータに基づいて前記回帰直線を導出する、

請求項 1 に記載の積層鉄心の製造システム。

【請求項 3】

前記管理値範囲は、前記鉄心片の 1 枚の厚み寸法よりも大きく、かつ、前記鉄心片の 2 枚の厚み寸法以下となる値に設定されており、

前記補正処理部は、前記予測値が前記管理値範囲の上限値以上である場合は前記鉄心片の積層枚数を 1 枚減算し、前記予測値が前記管理値範囲の下限値未満である場合は前記鉄心片の積層枚数を 1 枚加算する処理を含む、

請求項 1 又は 2 に記載の積層鉄心の製造システム。

【請求項 4】

薄板状の電磁鋼板から鉄心片を打ち抜き、前記鉄心片を複数枚積層して積層鉄心を形成する積層工程と、

前記積層工程で形成された前記積層鉄心の厚み寸法を測定する測定工程と、

を備え、

前記積層工程は、前記測定工程の測定結果から導出された回帰直線に基づき次に形成する積層鉄心における前記鉄心片の積層枚数を補正する補正処理を含んでいる、

積層鉄心の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、積層鉄心の製造システム、及び積層鉄心の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

車載用モータや発電機の鉄心には、電磁鋼板を積層した積層鉄心が用いられることが多い。近年、ハイブリッド車や電気自動車の普及により、モータ出力の更なる高効率化が要求されており、積層鉄心の厚み寸法にも高い寸法精度が要求されるようになっている。

【0003】

一般に積層鉄心は、電磁鋼板の薄板をロール状に巻いて構成されたフープ材を材料とし、このフープ材を所定の形状の鉄心片に打ち抜き、その打ち抜いた薄板状の鉄心片を所定枚数積層して形成される。しかし、フープ材として供給される電磁鋼板は、その巻かれている位置等によって厚み寸法にバラツキがある。このため、鉄心片の積層枚数が同一であっても、積層鉄心の厚み寸法が管理値範囲から外れてしまう場合がある。そして、積層鉄心の厚み寸法が管理値範囲から外れてしまうと、その度に設備を停止させて、確認や修正

10

20

30

40

50

等を行う必要がある。したがって、積層鉄心の厚み寸法に対して高い精度が要求されることは、生産性が低下する一要因となっていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平7-115756号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、電磁鋼板の厚み寸法のバラツキの影響を低減して積層鉄心の生産性の向上を図ることができる積層鉄心の製造システム、及び積層鉄心の製造方法を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態の積層鉄心の製造システムは、薄板状の電磁鋼板から鉄心片を打ち抜き、前記鉄心片を複数枚積層して積層鉄心を形成する積層装置と、前記積層装置で形成された前記積層鉄心の厚み寸法を測定する測定装置と、前記測定装置で測定された前記積層鉄心の製造順と厚み寸法とのデータを記録する記録装置と、前記記録装置に記録されている前記積層鉄心の製造順と前記積層鉄心の厚み寸法とのデータから回帰直線を導出する導出処理部と、前記導出処理部で導出された前記回帰直線を用いて今後製造される積層鉄心の厚み寸法の予測値を算出する算出処理部と、前記算出処理部で算出された前記予測値に基づいて今後製造される積層鉄心の厚み寸法が予め設定された管理値範囲内となるように前記積層装置における前記鉄心片の積層枚数を補正する補正処理部と、を備える。

20

【0007】

また、実施形態の積層鉄心の製造方法は、薄板状の電磁鋼板から鉄心片を打ち抜き、前記鉄心片を複数枚積層して積層鉄心を形成する積層工程と、前記積層工程で形成された前記積層鉄心の厚み寸法を測定する測定工程と、を備える。前記積層工程は、前記測定工程の測定結果から導出された回帰直線に基づき次に形成する積層鉄心における前記鉄心片の積層枚数を補正する補正処理を含んでいる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

30

【図1】一実施形態による積層鉄心の製造システムの構成と積層鉄心の製造工程とを概略的に示すブロック図

【図2】一般的な積層鉄心の製造手順の概念を示す図

【図3】一実施形態による積層鉄心の製造システムについて、積層装置の構成を概略的に示す図

【図4】一実施形態による積層鉄心の製造システム及び積層鉄心の製造方法において、測定データ、回帰直線、及び予測値をグラフとして示す図

【図5】一実施形態による積層鉄心の製造システム及び積層鉄心の製造方法において、各装置で実行される処理内容を示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

40

【0009】

以下、一実施形態について図面を参照しながら説明する。

本実施形態の積層鉄心の製造システム1（以下、単に製造システム1と称する）は、例えば車載用モータや発電機等に用いる積層鉄心を製造するための製造システムであり、図1にはその製造システム1の一部を示している。本実施形態の製造システム1は、図1に示すように、積層装置10、加工装置20、測定装置30、記録装置40、及びサーバ50を備えている。

【0010】

積層装置10では積層工程が実行される。また、加工装置20では加工工程が実行される。そして、測定装置30では測定工程が実行される。これにより、製造システム1は、

50

積層工程と、加工工程と、測定工程と、を順に実行する。また、詳細な説明は省略するが、製造システム 1 は、測定工程の後に、外見検査工程や梱包工程が実行されて、その後、出荷される。

【0011】

積層装置 10 は、図 2 に示すように、薄板帯状の電磁鋼板 91 から鉄心片 92 を打ち抜き、その鉄心片 92 を複数枚積層して積層鉄心 93 を形成するための装置である。すなわち、積層工程は、薄板帯状の電磁鋼板 91 から鉄心片 92 を打ち抜き、その鉄心片を複数枚積層して積層鉄心 93 を形成する工程である。

【0012】

積層装置 10 は、図 3 に示すように、フープ材 90 から電磁鋼板 91 を引き出して鉄心片 92 を打ち抜く。フープ材 90 は、例えば厚み寸法が 0.3 mm 前後の薄板帯状の電磁鋼板 91 をロール状に巻いたものである。本実施形態では、例えば 1 枚の電磁鋼板 91 の厚みは $0.30\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$ に設定されている。この場合、例えば図 2 の d1、d2 で示すように、1 枚の電磁鋼板 91 内においても、公差の範囲内で厚みが異なる箇所が存在する。なお、 $\pm 0.01\text{ mm}$ は厚みに対する寸法誤差であり、積層鉄心 93 の厚み寸法 y に要求される精度に応じて適宜設定される。

【0013】

本実施形態の場合、図 1 及び図 3 に示すように、積層装置 10 は、複数の装置 11 ~ 15 を含んで構成されている。すなわち、積層装置 10 は、アンコイラ 11、レベラ 12、材料接合機 13、プレス機 14、及び積層工程用制御装置 15 を備えている。アンコイラ 11 にはフープ材 90 が取り付けられる。アンコイラ 11 は、取り付けられたフープ材 90 から薄板帯状の電磁鋼板 91 を引き出して後の装置に供給する。レベラ 12 は、アンコイラ 11 から供給された薄板帯状の電磁鋼板 91 を上下方向からローラで挟み込んで外力を加えることで電磁鋼板 91 を塑性変形させ、これにより電磁鋼板 91 から巻き癖を除去する。

【0014】

材料接合機 13 は、フープ材 90 を追加する際に、プレス機 14 に現在供給している残りの電磁鋼板 91 の終端部分と、新たに追加したフープ材 90 から供給された電磁鋼板 91 の始端部分と、を溶接するための装置である。これにより、フープ材 90 を追加した後に電磁鋼板 91 を途切れさせることなくプレス機 14 に供給する。プレス機 14 は、供給された電磁鋼板 91 から所望の形状の鉄心片 92 を打ち抜き、その鉄心片 92 を型内で所定枚数積層して積層鉄心 93 を形成する。この場合、本実施形態のプレス機 14 は、ロータ用の鉄心片及びステータ用の鉄心片を同時に打ち抜くことができる。

【0015】

図 1 に示す積層工程用制御装置 15 は、例えば PLC (Programmable Logic Controller) で構成されており、積層装置 10 を構成する各装置 11、12、13、14 の駆動を制御する。この場合、積層工程用制御装置 15 は、プレス機 14 における鉄心片 92 の積層枚数を設定する機能を有する。また、積層工程用制御装置 15 は、外部の機器と無線又は有線通信が可能に構成されている。

【0016】

加工装置 20 は、積層装置 10 で形成された積層鉄心 93 に、加圧や溶接等の加工を行うための装置である。加工装置 20 における加工内容は、積層鉄心 93 がロータ用であるかステータ用であるか等によって異なる。積層鉄心 93 がロータ用であれば、加工装置 20 は、積層装置 10 で形成された積層鉄心 93 に対して例えば加圧加工を行う。また、積層鉄心 93 がステータ用であれば、加工装置 20 は、積層装置 10 で形成された積層鉄心 93 に対して例えば溶接及び加圧加工を行う。

【0017】

測定装置 30 は、積層装置 10 で形成され加工装置 20 で加工された積層鉄心 93 の厚み寸法 y を、例えばレーザ距離計等を用いて測定する装置である。本実施形態の場合、測定装置 30 は、積層装置 10 で製造された全ての積層鉄心 93 の厚み寸法 y を測定する。

10

20

30

40

50

測定装置 30 は、測定機構部 31 と測定工程用制御装置 32 とを有している。測定機構部 31 は、加工装置 20 を経た積層鉄心 93 の厚み寸法 y を例えばレーザ距離計等で計測する機能を有する。測定工程用制御装置 32 は、例えば PLC (Programmable Logic Controller) で構成されており、測定機構部 31 の駆動を制御する。

【0018】

測定工程用制御装置 32 は、外部の機器と無線又は有線通信可能に構成されている。本実施形態の場合、測定工程用制御装置 32 は、積層工程用制御装置 15 と有線により通信可能に接続されているとともに、記録装置 40 及びサーバ 50 と無線又は有線により通信可能に接続されている。測定工程用制御装置 32 は、測定機構部 31 での測定結果を記録装置 40 又はサーバ 50 の一方又は両方に送信するとともに、測定結果に基づいて補正した鉄心片 92 の積層枚数、つまり積層装置 10 において次に製造する積層鉄心 93 の積層枚数を送信する。

10

【0019】

測定工程用制御装置 32 は、測定装置 30 は、図 4 に示す管理値範囲 Q を予め記憶している。管理値範囲 Q は、積層鉄心 93 の厚み寸法 y の公差の範囲、つまり積層鉄心 93 の厚み寸法 y の上限値 Q_u 及び下限値 Q_b を設定したものである。本実施形態の場合、管理値範囲 Q は、電磁鋼板 91 の 1 枚の厚み寸法よりも大きく、かつ、電磁鋼板 91 の 2 枚の厚み寸法以下に設定されている。

20

【0020】

例えば積層鉄心 93 が 300 枚の鉄心片 92 を積層したものである場合、積層鉄心 93 の厚み寸法 y の理論値は、 $y = 0.3 \text{ mm} \times 300 \text{ 枚} = 90 \text{ mm}$ となる。そして、管理値範囲 Q は、例えば $90 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ に設定される。この場合、管理値範囲 Q における上限値 Q_u と下限値 Q_b との差分は $\pm 0.5 \text{ mm}$ に設定される。そして、この管理値範囲 Q における上限値 Q_u と下限値 Q_b との差分は、電磁鋼板 91 の 1 枚の厚み寸法の中央値 0.3 mm よりも大きく、かつ、電磁鋼板 91 の 2 枚の厚み寸法の中央値 0.6 mm 以下となる値である。

【0021】

この場合、1 枚の鉄心片 92 の厚みの公差が $\pm 0.01 \text{ mm}$ とすると、300 枚の鉄心片 92 の公差の積算値すなわち累積公差は $\pm 3.0 \text{ mm}$ となり、積層鉄心 93 の管理値範囲 Q における上限値 Q_u と下限値 Q_b との差分よりも大きい。したがって、各鉄心片 92 の全てにおいて厚み寸法が公差の範囲内にあっても、積層鉄心 93 として積層した場合には、その厚み寸法が管理値範囲 Q から外れてしまう場合がある。なお、管理値範囲は、対称となる積層鉄心の種類によって適宜設定される。

30

【0022】

図 1 に示す測定工程用制御装置 32 は、測定機構部 31 で計測した積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q 内に収まっている場合に、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が正常である、すなわち合格品であると判断する。この場合、測定工程用制御装置 32 は、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q 内に収まっている旨つまり測定結果が正常である旨を、図示しない表示装置やスピーカ等を用いて表示や音声により報知する。

40

【0023】

また、測定工程用制御装置 32 は、測定機構部 31 で計測した積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q から外れている場合に、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が異常である、すなわち不合格品であると判断する。この場合、測定工程用制御装置 32 は、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q から外れている旨つまり測定結果が異常である旨を、図示しない表示装置やスピーカ等を用いて表示や音声により報知する。更にこの場合、測定工程用制御装置 32 は、測定結果が異常であった旨を示す異常信号を積層工程用制御装置 15 に送信する。そして、積層工程用制御装置 15 は、測定工程用制御装置 32 から異常信号を受信すると、積層装置 10 を停止させて積層鉄心 93 の製造を一旦停止する。

【0024】

50

記録装置 40 は、いわゆる外部記録装置であって、ネットワークサーバ、ファイルサーバ、若しくはデータサーバと称されるものである。記録装置 40 は、測定装置 30 で測定した積層鉄心 93 の測定結果を記録し蓄積する。測定結果には、積層鉄心 93 の厚み寸法 y の他に、積層鉄心 93 の製造順を示す製造番号及び鉄心片 92 の積層枚数等が含まれる。すなわち、記録装置 40 は、過去に製造した積層鉄心 93 の製造番号、厚み寸法 y 、及び積層枚数をデータとして記録する。

【0025】

サーバ 50 は、測定装置 30 及び記録装置 40 と有線又は無線によって通信可能に接続されている。サーバ 50 は、例えばマイクロサーバー等を用いることができる。なお、サーバ 50 は、積層装置 10 や加工装置 20 と通信可能に接続されていても良い。また、サーバ 50 がネットワークサーバなどデータの記録以外の用途にも用いることができる汎用性を有するものである場合には、サーバ 50 と記録装置 40 とは兼用することもできる。サーバ 50 は、サーバ制御装置 51、通信処理部 52、導出処理部 53、算出処理部 54、及び補正処理部 55 を有している。

【0026】

サーバ制御装置 51 は、例えば CPU 511 や、ROM、RAM、及び書き換え可能なフラッシュメモリなどの記憶領域 512 を有するマイクロコンピュータを主体に構成されており、サーバ制御装置 51 全体を制御する。記憶領域 512 は、積層枚数補正プログラムを記憶している。サーバ制御装置 51 は、CPU 511 において積層枚数補正プログラムを実行することにより、通信処理部 52、導出処理部 53、算出処理部 54、及び補正処理部 55 を、ソフトウェアによって仮想的に実現する。なお、これら通信処理部 52、導出処理部 53、算出処理部 54、及び補正処理部 55 は、例えばサーバ制御装置 51 と一体の集積回路としてハードウェア的に実現してもよい。

【0027】

通信処理部 52 は、外部の機器、例えば測定装置 30 や記録装置 40 と無線又は有線通信を行うための通信用インタフェースを含んで構成されており、通信に必要な処理を実行する。導出処理部 53 は、記録装置 40 に記録されている積層鉄心 93 の製造に関する過去のデータ、すなわち積層鉄心 93 の製造順と厚み寸法 y とのデータから回帰直線を導出する処理を行う。回帰直線は、今後製造される積層鉄心 93 の厚み寸法を予測するための予測式であり、 $y = a + bx$ で表される。

【0028】

図 4 は、記録装置 40 に記録されているデータのうち、導出処理部 53 において回帰直線を導出する際に用いるデータを黒丸でプロットして示したものである。図 4 において、横軸 x は積層鉄心 93 の製造順つまりプロットの時系列を示しており、縦軸 y はその製造順における積層鉄心 93 の厚み寸法いわゆる積厚を示している。

【0029】

この場合、図 4 において、 $x = 0$ を現在とし、左側へ行くほどつまりマイナスの数が大きくなるほど過去のデータとなり、右側へ行くほどつまりプラスの数が大きくなるほど未来のデータとなる。この場合、 $P(0)$ は、測定装置 30 で実際に測定されたデータつまり記録装置 40 に記録されている実測データのうち最新のものを示している。また、例えば $P(-5)$ は、他の $P(-1) \sim P(-4)$ よりも古いデータつまり過去に測定されたデータとなる。また、 $P(1) \sim P(4)$ は、測定装置 30 において未だ測定されていないデータである。

【0030】

未来のデータである $P(1) \sim P(4)$ の縦軸 y の値は、回帰直線 $y = a + bx$ に x の値を導入することにより予測値として算出される。なお、本実施形態の場合、積層工程と測定工程との 1 サイクルに対し、加工工程は例えば 3 サイクル要する。なお、本実施形態の説明において、1 サイクルとは、工程の動作の開始から完了までの期間を意味する。

【0031】

すなわち、積層工程で形成された積層鉄心 93 は、次の 4 サイクル目に測定工程におい

10

20

30

40

50

て測定される。この場合、 $P(1) \sim P(3)$ は、実際に積層鉄心 93 が形成されたが未だ測定されていないものの予測値を示している。また、 $P(4)$ は未だ積層鉄心 93 が形成されていないもの、すなわち、次のサイクルで形成される積層鉄心 93 の厚み寸法の予測値を示す。

【0032】

また、導出処理部 53 は、記録装置 40 に記録されているデータのうち製造順が所定サイクル数以上過去のデータを除外したデータに基づいて回帰直線を導出する。例えば本実施形態において、導出処理部 53 は、6 サイクル以上過去のデータすなわち $P(-6)$ 以前のデータを除外し、直近の 6 つのデータ $P(-5) \sim P(0)$ に基づいて回帰直線 $y = a + bx$ を導出する。この場合、回帰直線の導出に用いるデータの数直近の 10 個未満、例えば直近の 6 つに設定されている。そして、導出処理部 53 は、図 4 の黒丸で示す直近の 6 つのプロット $P(-5) \sim P(0)$ に基づき、例えば最小二乗法を用いて切片 a と回帰係数つまり傾き b とを導出し、これにより回帰直線 $y = a + bx$ を導出する。

【0033】

算出処理部 54 は、導出処理部 53 で導出された回帰直線 $y = a + bx$ を用いて、今後製造される、例えば次のサイクルで製造される積層鉄心 93 の厚み寸法 y の予測値を算出する処理を実行する。この場合、次のサイクルで製造される積層鉄心 93 の製造順は $x = 4$ であるため、算出処理部 54 は、回帰直線 $y = a + bx$ に $x = 4$ を代入し、積層鉄心 93 の厚み寸法の予測値である $P(4)$ を算出する。

【0034】

補正処理部 55 は、算出処理部 54 で算出された厚み寸法の予測値 $P(4)$ に基づいて、今後製造される、例えば次のサイクルで製造される積層鉄心 93 の厚み寸法 y が予め設定された管理値範囲 Q 内となるように積層装置 10 における鉄心片 92 の積層枚数を補正する処理を実行する。

【0035】

この場合、補正処理部 55 は、予測値 $P(4)$ が管理値範囲 Q の上限値 Q_u 以上である場合は鉄心片 92 の積層枚数を 1 枚減算する処理を実行する。例えば現在の鉄心片 92 の積層枚数が 300 枚に設定されている場合、補正処理部 55 は、鉄心片 92 の積層枚数を 299 枚に変更する。これにより図 4 の白抜き矢印で示すように、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q 内に収まるように積層枚数を補正する。

【0036】

また、補正処理部 55 は、予測値 $P(4)$ が管理値範囲 Q の下限値 Q_b 未満である場合は鉄心片 92 の積層枚数を 1 枚加算する処理を実行する。例えば現在の鉄心片 92 の積層枚数が 300 枚に設定されている場合、補正処理部 55 は、鉄心片 92 の積層枚数を 301 枚に変更し、これにより積層枚数を補正する。これにより図示はしないが、積層鉄心 93 の厚み寸法 y が管理値範囲 Q 内に収まるように積層枚数を補正する。

【0037】

そして、サーバ制御装置 51 は、通信処理部 52 を介して、補正後の積層枚数つまり積層枚数の補正值を測定装置 30 に送信する。測定装置 30 は、サーバ制御装置 51 から受信した積層枚数の補正值を、積層装置 10 に送信する。なお、サーバ制御装置 51 は、積層装置 10 と無線又は有線通信可能に構成し、補正処理部 55 で補正した積層枚数の補正值を、測定装置 30 を介さずに積層装置 10 に直接送信しても良い。そして、積層装置 10 は、受信した積層枚数の補正值で鉄心片 92 を積層させて積層鉄心 93 を形成する。

【0038】

次に、図 5 も参照して、積層装置 10、測定装置 30、及びサーバ 50 で実行される積層枚数の補正に関する処理内容を説明する。なお、以下の説明において、 T は、現在設定されている積層枚数の設定値である。すなわち、積層装置 10 は、 T 枚の鉄心片 92 を積層して積層鉄心 93 を形成する。また、 n は、測定装置 30 で測定された積層鉄心 93 のうち最新のものを示す番号である。この場合、 n は、0 以上の任意の整数であって、例えば製造番号等を用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

また、積層装置 1 0 で積層された積層鉄心 9 3 のうち最新のものを [$n + q$] 番目の積層鉄心 9 3 とする。この場合、 q は、積層装置 1 0 から測定装置 3 0 に至るまでに要するサイクル数を意味する。そして、 r は、回帰直線 $y = a + b x$ を導出するために用いるデータの数意味する。すなわち、導出処理部 5 3 は、直近の r 個のデータを用いて、回帰直線 $y = a + b x$ を導出する。本実施形態の場合、 r は、1 0 以下の正の整数に設定されている。

【 0 0 4 0 】

積層装置 1 0、測定装置 3 0、及びサーバ 5 0 は、1 サイクル毎に図 5 に示す制御内容を繰り返して実行する。まず、積層装置 1 0 の制御内容つまり積層工程の内容について説明する。積層装置 1 0 は、図 5 に示すように、ステップ S 1 1 において [$n + q$] 番目の積層鉄心 9 3 を形成する。この場合、積層装置 1 0 は、上述したように、フープ材 9 0 から電磁鋼板 9 1 を引き出して鉄心片 9 2 を打ち抜き、型内で積層させることにより、積層鉄心 9 3 を形成する。そして、形成した積層鉄心 9 3 を後工程この場合加工工程に引き渡す。その後、積層装置 1 0 は、ステップ S 1 2 において、測定装置 3 0 から受信した補正值に従って積層枚数 T を補正する。その後、積層装置 1 0 は、ステップ S 1 1 へ戻る。このように、積層装置 1 0 は、ステップ S 1 1 ~ S 1 2 を繰り返し、1 サイクル毎に積層枚数 T の値を補正する。

【 0 0 4 1 】

次に、測定装置 3 0 の制御内容つまり測定工程の内容について説明する。測定装置 3 0 は、まず、ステップ S 2 1 において [n] 番目の積層鉄心 9 3 の厚み寸法 y を測定する。次に、測定装置 3 0 は、ステップ S 2 2 において、記録装置 4 0 に測定データを記録する。その後、測定装置 3 0 は、サーバ 5 0 から積層枚数 T の補正值を受信し、サーバ 5 0 から受信した補正值を、ステップ S 2 3 において積層装置 1 0 へ送信する。なお、今回のサイクルにおいてサーバ 5 0 から補正值を受信していない場合は、測定装置 3 0 は、ステップ S 2 3 において補正無し信号を積層装置 1 0 に送信する。その後、測定装置 3 0 は、ステップ S 2 1 へ戻る。このように、測定装置 3 0 は、ステップ S 2 1 ~ S 2 3 を繰り返し、1 サイクル毎に、測定データの記録及び補正值の送信を行う。

【 0 0 4 2 】

次に、サーバ 5 0 の制御内容について説明する。サーバ 5 0 は、まずステップ S 3 1 において、測定装置 3 0 から直接的又は間接的に測定データを取得する。本実施形態の場合、サーバ 5 0 は、記録装置 4 0 を介して間接的に測定データを取得する。次に、ステップ S 3 2 において、導出処理部 5 3 の処理により、所定サイクル数前から直近までの所定数の測定データ、この場合 [$n - r - 1$] ~ [n] 番目の測定データに基づき、回帰直線 $y = a + b x$ を導出する。

【 0 0 4 3 】

次に、サーバ 5 0 は、ステップ S 3 3 において、算出処理部 5 4 の処理により、ステップ S 3 2 で導出した回帰直線 $y = a + b x$ に次に製造する積層鉄心 9 3 の番号 [$n + q + 1$] を代入し、次に製造される積層鉄心 9 3 の厚み寸法つまり積厚値の予測値 $y (n + q + 1)$ を算出する。

【 0 0 4 4 】

次に、サーバ 5 0 は、補正処理部 5 5 の処理により、ステップ S 3 4 ~ S 3 7 を実行する。この場合、サーバ 5 0 は、まずステップ S 3 4 において、ステップ S 3 3 で算出した予測値 $y (n + q + 1)$ が、管理値範囲 Q の上限値 Q_u 以上であるか否かを判断する。予測値 $y (n + q + 1)$ が管理値範囲 Q の上限値 Q_u 以上である場合 (ステップ S 3 4 で YES)、サーバ 5 0 は、ステップ S 3 5 へ処理を移行させる。そして、サーバ 5 0 は、積層枚数 T を 1 枚減算し、その値 T を補正值として測定装置 3 0 へ送信する。一方、予測値 $y (n + q + 1)$ が管理値範囲 Q の上限値 Q_u 未満である場合 (ステップ S 3 4 で NO)、サーバ 5 0 は、ステップ S 3 6 へ処理を移行させる。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

次に、サーバ50は、ステップS36において、ステップS33で算出した予測値 $y(n+q+1)$ が、管理値範囲Qの下限值 Q_b 未満となっているか否かを判断する。予測値 $y(n+q+1)$ が管理値範囲Qの下限值 Q_b 未満となっている場合（ステップS36でYES）、サーバ50は、ステップS37へ処理を移行させる。そして、サーバ50は、積層枚数Tを1枚加算し、その値Tを補正值として測定装置30へ送信する。一方、予測値 $y(n+q+1)$ が管理値範囲Qの下限值 Q_b 以上である場合（ステップS36でNO）、サーバ50は、ステップS31へ処理を戻す。このように、サーバ50は、ステップS31～S37を繰り返し、1サイクル毎に、回帰直線 $y = a + bx$ の導出及び積層枚数Tの補正を行う。

【0046】

なお、上記実施形態において、導出処理部53、算出処理部54、及び補正処理部55は、積層装置10の積層工程用制御装置15や測定装置30の測定工程用制御装置32とは別に構成されている。しかし、導出処理部53、算出処理部54、及び補正処理部55は、積層工程用制御装置15や測定工程用制御装置32に含める構成としても良い。また、この場合、導出処理部53、算出処理部54、及び補正処理部55は、同一の装置で構成する必要はなく、複数の装置に分散されていても良い。

【0047】

以上説明した実施形態によれば、積層鉄心93の製造方法は、薄板状の電磁鋼板91から鉄心片92を打ち抜き、鉄心片92を複数枚積層して積層鉄心93を形成する積層工程と、積層工程で形成された積層鉄心93の厚み寸法 y を測定する測定工程と、を備えている。積層工程は、測定工程の測定結果から導出された回帰直線 $y = a + bx$ に基づき次に形成する積層鉄心93における鉄心片92の積層枚数Tを補正する補正処理を含んでいる。

【0048】

また、上記実施形態によれば、積層鉄心の製造システム1は、積層装置10と、測定装置30と、記録装置40と、を備える。積層装置10は、薄板状の電磁鋼板91から鉄心片92を打ち抜き、その鉄心片92を複数枚積層して積層鉄心93を形成する積層工程を実行する。測定装置30は、積層装置10で形成されたつまり積層工程で形成された積層鉄心93の厚み寸法 y を測定する測定工程を実行する。記録装置40は、測定装置30で測定された積層鉄心93の製造順 n と厚み寸法 y とのデータを記録する記録工程を実行する。

【0049】

また、積層鉄心の製造システム1は、導出処理部53と、算出処理部54と、補正処理部55と、を備える。導出処理部53は、記録装置40に記録されている積層鉄心93の製造順 n と積層鉄心93の厚み寸法 y とのデータから回帰直線 $y = a + bx$ を導出する導出処理を実行する。算出処理部54は、導出処理部53で導出された回帰直線 $y = a + bx$ を用いて、今後製造される積層鉄心93、例えば次のサイクルで製造される積層鉄心93の厚み寸法の予測値 $y(x)$ を算出する算出処理を実行する。補正処理部55は、算出処理部54で算出された予測値 $y(x)$ に基づいて今後製造される積層鉄心93の厚み寸法 y が予め設定された管理値範囲Q内となるように積層装置10における鉄心片92の積層枚数Tを補正する補正処理を実行する。

【0050】

これによれば、製造システム1は、過去のデータに基づいて導出した回帰直線 $y = a + bx$ から、実際に製造された積層鉄心93の厚み寸法の変化の傾向を把握し、その変化の傾向を考慮したうえで、これから積層装置10において形成される積層鉄心93の厚み寸法を予測することができる。すなわち、本実施形態の製造システム1によれば、実際に鉄心片92を積層して積層鉄心93を形成する前に、設定枚数を変えずに鉄心片92を積層した場合にその積層鉄心93の厚み寸法が管理値範囲Qから外れるか否かを予測することができる。これにより、積層装置10で実際に積層した積層鉄心93が管理値範囲Qから外れてしまうことが抑制でき、その結果、製造システム1が停止して生産性が低下するこ

10

20

30

40

50

とを抑制できる。

【0051】

このように、本実施形態の製造システム1及び製造方法によれば、測定装置30は、測定装置30における測定結果を積層装置10にフィードバックする。そして、積層装置10は、測定装置30からフィードバックされた情報を基に、積層枚数を適切な値に補正する。これにより、材料となる電磁鋼板91の厚み寸法のバラツキの影響を低減することができ、その結果、積層鉄心93の生産性の向上を図ることができる。

【0052】

ここで、一般に回帰直線は、データ数つまりプロット数が多いほど理論値に近づくため精度が上がる。しかしながら、本実施形態の場合、回帰直線 $y = a + b x$ が理論値に近づくということは、積層鉄心93の厚み寸法 y が理論値つまり管理値範囲Qの中央値に近づくことを意味する。すなわちこの場合、電磁鋼板91の厚み寸法のバラツキの影響を無視する方向に作用し、積層鉄心93の厚み寸法 y が平均化されてしまうため、積層鉄心93の厚み寸法 y の予測としては精度が低下してしまう。

【0053】

そこで、本実施形態において、導出処理部53は、記録装置40に記録されている測定データのうち製造順が所定サイクル数以上過去の測定データを除外した測定データに基づいて回帰直線 $y = a + b x$ を導出する。つまり、導出処理部53は、直近の所定数例えば10個未満でかつ連続するデータ、すなわち測定装置30で最後に測定したデータから所定数例えば10個未満でかつ連続するデータを用いて回帰直線 $y = a + b x$ を導出する。

【0054】

これによれば、回帰直線 $y = a + b x$ は、積層鉄心93の厚み寸法 y の変化について直近の傾向が反映されたもの、つまり電磁鋼板91の直近のバラツキが考慮されたものとなる。したがって、回帰直線 $y = a + b x$ から算出される積層鉄心93の厚み寸法 y の予測値をより正確なものとすることができる。

【0055】

また、管理値範囲Qは、鉄心片92の1枚の厚み寸法よりも大きく、かつ、鉄心片92の2枚の厚み寸法以下となる値に設定されている。そして、補正処理部55は、回帰直線 $y = a + b x$ から算出した予測値が、管理値範囲Qの上限値 Q_u 以上である場合は鉄心片92の積層枚数Tを1枚減算し、予測値が管理値範囲Qの下限値 Q_b 未満である場合は鉄心片92の積層枚数Tを1枚加算する処理を含む。

【0056】

これによれば、積層鉄心93の厚み寸法 y の精度を、積層された各鉄心片92の厚み寸法の公差の累積値よりも高い精度にすることができる。すなわち、これによれば、積層された鉄心片92の累積公差よりも高い精度で積層鉄心93を製造しつつ、材料となる電磁鋼板91の厚み寸法のバラツキの影響を低減して積層鉄心93の生産性の向上を図ることができる。

【0057】

本発明の一実施形態を説明したが、この実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。この新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。この実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

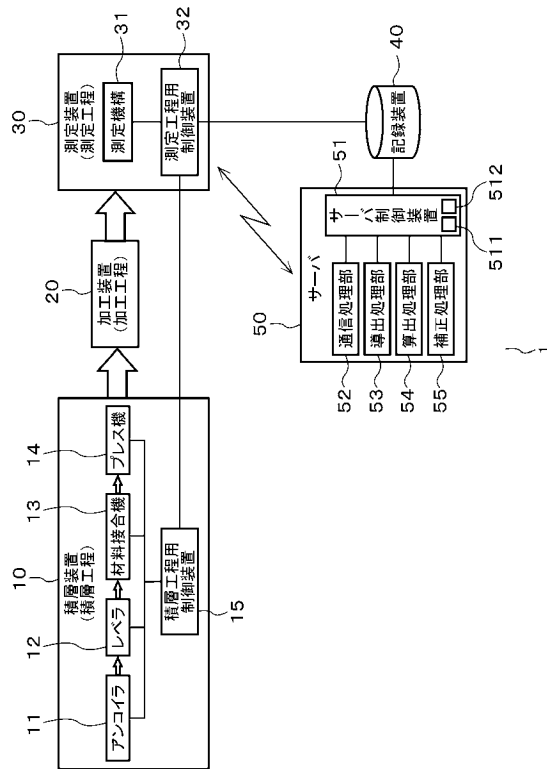
【符号の説明】

【0058】

図面中、1は積層鉄心の製造システム、10は積層装置、30は測定装置、40は記録装置、53は導出処理部、54は算出処理部、55は補正処理部、を示す。

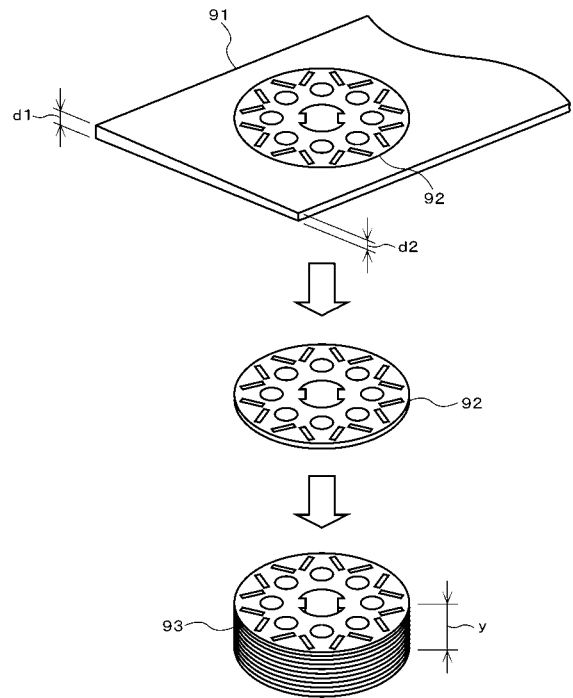
【図 1】

Fig.1



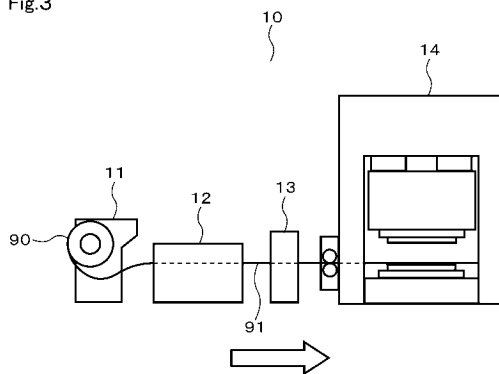
【図 2】

Fig.2



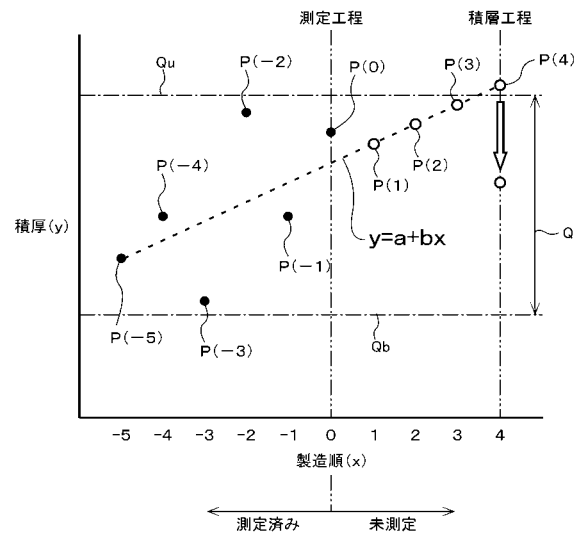
【図 3】

Fig.3



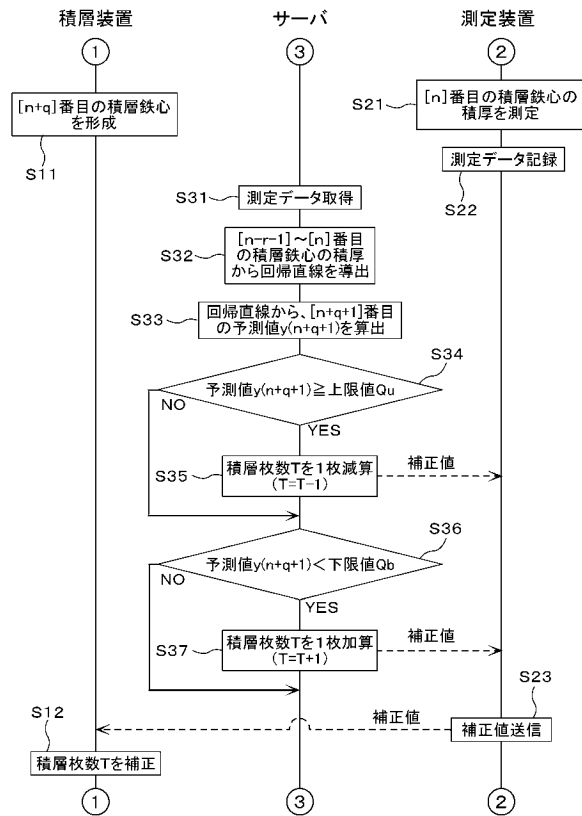
【図 4】

Fig.4



【図 5】

Fig.5



フロントページの続き

(72)発明者 藤田 直也

三重県三重郡朝日町大字縄生 2 1 2 1 番地 東芝産業機器システム株式会社 三重事業所内

Fターム(参考) 5H601 AA09 BB20 CC01 CC02 DD11 DD18 GA02 GC12 KK01 KK08

KK22 KK29

5H615 AA01 BB01 BB02 BB14 PP01 PP02 PP06 SS03 SS07 SS16

SS57