

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5217543号  
(P5217543)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>C 2 1 D 9/56 (2006.01)</b>	C 2 1 D 9/56	1 0 1 C
<b>C 2 1 D 9/60 (2006.01)</b>	C 2 1 D 9/60	1 0 1
<b>C 2 1 D 9/46 (2006.01)</b>	C 2 1 D 9/46	5 0 1 A
<b>C 2 1 D 8/12 (2006.01)</b>	C 2 1 D 8/12	B
<b>C 2 2 C 38/00 (2006.01)</b>	C 2 2 C 38/00	3 0 3 U
請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-70260 (P2008-70260)  
 (22) 出願日 平成20年3月18日(2008.3.18)  
 (65) 公開番号 特開2009-221578 (P2009-221578A)  
 (43) 公開日 平成21年10月1日(2009.10.1)  
 審査請求日 平成22年2月9日(2010.2.9)

(73) 特許権者 000006655  
 新日鐵住金株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号  
 (74) 代理人 100090273  
 弁理士 園分 孝悦  
 (72) 発明者 古賀 重信  
 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新  
 日本製鐵株式会社内  
 (72) 発明者 浜谷 剛  
 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新  
 日本製鐵株式会社内  
 (72) 発明者 持永 大照  
 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新  
 日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 キュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法及び連続焼鈍設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加熱帯、均熱帯及び冷却帯、または加熱帯、均熱帯、窒化帯及び冷却帯からなり、前記加熱帯が第1加熱帯、第2加熱帯及び第3加熱帯に区分されている連続焼鈍設備での、キュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法であって、

前記第1加熱帯において、前記鋼帯を500以上、キュリー点 $T_c$ ( ) - 50未満まで、燃料ガス、及び/または電気ヒータにより第1加熱装置で加熱する第1加熱工程と、

前記第2加熱帯において、前記第1加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点 $T_c$  - 30ないしキュリー点 $T_c$  - 5の温度領域まで、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置により加熱する第2加熱工程と、

前記第3加熱帯において、前記第2加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点を超える処理目標温度まで、第3加熱装置により加熱する第3加熱工程と、

前記第1加熱工程及び第2加熱工程における加熱動作を制御する昇温速度制御工程とを有し、

前記昇温速度制御工程は、前記燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を前記第1加熱装置に出力する第1の出力部と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に電流を出力する第2の出力部とを制御し、

前記第2加熱帯のソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値に基づいて、前記第1加熱装置に出力する燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を

10

20

制御することを特徴とするキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法。

【請求項 2】

前記昇温速度制御工程においては、前記第 2 の出力部から前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に出力する目標出力電流値を第 2 の設定部に設定する第 2 の設定処理と、前記第 1 加熱装置に出力する目標燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を第 1 の設定部に設定する第 1 の設定処理と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値を検出する電力検出処理と、前記電力検出処理により検出した実績出力電力値を基に、前記第 1 の設定部に設定されている目標燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を補正する第 1 の補正処理とを行い、

前記キュリー点近傍の鋼帯の昇温速度を一定にすることを特徴とする請求項 1 に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法。

10

【請求項 3】

前記第 1 加熱工程及び第 3 加熱工程においては、間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射加熱及び/または電気ヒータによる輻射加熱により前記鋼帯を加熱することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法。

【請求項 4】

前記キュリー点を有する鋼帯が、Si 4.5 質量%を含有する冷間圧延された方向性電磁鋼板であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法。

【請求項 5】

20

加熱帯、均熱帯及び冷却帯、または加熱帯、均熱帯、窒化帯及び冷却帯からなり、前記加熱帯が第 1 加熱帯、第 2 加熱帯及び第 3 加熱帯に区分されているキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備であって、

前記第 1 加熱帯において、前記鋼帯を 500 以上、キュリー点  $T_c$  ( ) - 50 未満まで、燃料ガス、及び/または電気ヒータにより加熱する第 1 加熱装置と、

前記第 2 加熱帯において、前記第 1 加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点  $T_c - 30$  ないしキュリー点  $T_c - 5$  の温度領域まで加熱するソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置と、

前記第 3 加熱帯において、前記第 2 加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点を超える処理目標温度まで加熱する第 3 加熱装置と、

30

前記第 1 加熱装置及び前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置の加熱動作を制御する昇温速度制御装置とを有し、

前記昇温速度制御装置は、前記燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を前記第 1 加熱装置に出力する第 1 の出力部と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に電流を出力する第 2 の出力部とを有し、

前記第 2 加熱帯のソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値に基いて、前記第 1 加熱装置に出力する燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を制御することを特徴とするキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備。

【請求項 6】

前記昇温速度制御装置は、前記第 2 の出力部から前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に出力する目標出力電流値を第 2 の設定部に設定する第 2 の設定手段と、前記第 1 加熱装置に出力する目標燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を第 1 の設定部に設定する第 1 の設定手段と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値を検出する電力検出手段と、前記電力検出手段により検出した実績出力電力値を基に、前記第 1 の設定部に設定されている目標燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を補正する第 1 の補正手段とを有し、

40

前記キュリー点近傍の鋼帯の昇温速度を一定にすることを特徴とする請求項 5 に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備。

【請求項 7】

前記第 1 加熱装置及び第 3 加熱装置は、間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射

50

加熱及び/または電気ヒータによる輻射加熱により前記鋼帯を加熱することを特徴とする請求項5または6に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備。

【請求項8】

前記キュリー点を有する鋼帯が、Si 4.5質量%を含有する冷間圧延された方向性電磁鋼板であることを特徴とする請求項5または6に記載のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、キュリー点(Curie Temperature:  $T_c$ とも表記する。)を有する鋼帯の連続焼鈍方法及び連続焼鈍設備に関し、特に、キュリー点近傍で昇温速度を一定に制御するために用いて好適な技術に関するものである。なお、本発明の連続焼鈍方法及び連続焼鈍設備が処理対象とするキュリー点を有する鋼帯としては、Si 4.5質量%を含有する方向性電磁鋼板等が例示できる。

10

【背景技術】

【0002】

鋼帯などの金属帯の連続焼鈍では、一般に、加熱温度、加熱時間、加熱速度等が厳密に管理されている。その中でも、例えば、変圧器その他の電気機器の鉄心としての用途に好適な低鉄損方向性電磁鋼板の製造過程における脱炭焼鈍工程のように、厳格な昇温速度管理が求められる場合がある。

20

【0003】

方向性電磁鋼板の製造では、(a)脱炭焼鈍する際の昇温過程において、鋼板が歪回復・再結晶を迎える鋼板温度が550 からキュリー点近傍に存在する間、とりわけ、キュリー点近傍に存在する間、に一定の昇温速度で加熱することが重要である。この領域を外れると、脱炭焼鈍後の粒組織は{111}面の比率が大きくなり、結果として、磁性の低下を招くという問題が発生する。また、(b)加熱速度のばらつきによる皮膜の劣化を招くという問題等が発生する。

【0004】

このような焼鈍昇温速度の管理の範囲に関する発明として、特許文献1には、方向性電磁鋼板の脱炭焼鈍に際し、冷間圧延された鋼帯を230 /秒以上の加熱速度で705 以上の温度へ急速加熱することにより鉄損を改善できる発明が開示されており、その実施例2、3では、キュリー点746 へ1100ないし1200 /秒の加熱速度で加熱する特別の電磁誘導加熱コイル(基本周波数:450kHz)の使用が開示されている。

30

【0005】

また、鋼板の連続焼鈍方法に関し、先行材から焼鈍条件の異なる後行材への焼鈍条件の変更を円滑に行えるようにするために、条件変更部の板温を変更するために誘導加熱装置を活用する発明が特許文献2で開示されている。

【0006】

また、特許文献3には、鋼板の複数の誘導加熱装置を用いた焼戻しに関し、装置の入側の鋼材の先頭部分の温度を実測し、加熱に必要な電力を決定して電力設定する発明、あるいは、誘導加熱装置の間に温度計を設置し、鋼材温度を実測し、電力設定値を補正し、鋼板の長手方向の材質均一性を図るようにする発明が開示されている。

40

【0007】

また、特許文献4には、厚鋼板製造プロセスにおいて加速冷却を採用する場合に、その高冷却性のために発生し易い温度むら引き起こす鋼板の機械的特性のばらつきや形状不良、さらには残留応力による条切りキャンパー等の問題を、加速冷却後の鋼板の加熱目標温度を鋼材の磁気変態温度(キュリー点)、または700 ~760 とする誘導加熱装置を用いた熱処理を施し、鋼板内の温度均一性を高めてから熱間矯正することにより、解決する発明が開示されている。

【0008】

50

【特許文献1】特公平06-051887号公報  
【特許文献2】特開2003-328039号公報  
【特許文献3】特開2005-120409号公報  
【特許文献4】特開2006-206927号公報  
【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記特許文献1に記載の発明では、電磁誘導加熱による急速加熱を電磁鋼板の脱炭焼鈍のキュリー点までの加熱に適用することで、電磁鋼板の鉄損を改善できることが開示されているが、誘導加熱装置による鋼材の温度制御方案、あるいは、鋼材の昇温速度の制御方案については何ら開示されていない。

10

【0010】

また、上記特許文献2に記載の発明は、先行材から焼鈍条件の異なる後行材への焼鈍条件の変更を円滑に行うことを目的とするものであって、鋼材の温度制御方案については何ら具体的に記載されていない、あるいは、鋼材の昇温速度の制御方案については何ら開示されていない。

【0011】

また、上記特許文献3に記載の発明では、誘導加熱装置の入口、及び、誘導加熱装置の間に設置された温度計により鋼材の温度を測定し、必要な昇熱温度を得るための電力設定を行うものであって、キュリー点近傍の昇温速度を制御することに関しては、なんら開示されていない。

20

【0012】

また、上記特許文献4に記載の発明では、誘導加熱装置の加熱目標温度を、鋼材の磁気変態温度(キュリー点)または700 ~ 760 とする熱処理を施せば、鋼板内の温度均一性を高めることができることが開示されているが、鋼材の温度制御方案については何ら開示されていない。

【0013】

本発明は前述の問題点に鑑み、キュリー点を有する鋼帯を、キュリー点近傍の昇温速度を長手方向に極めて均一に加熱できるようにすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

30

【0014】

本発明のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法は、加熱帯、均熱帯及び冷却帯、または加熱帯、均熱帯、窒化帯及び冷却帯からなり、前記加熱帯が第1加熱帯、第2加熱帯及び第3加熱帯に区分されている連続焼鈍設備での、キュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍方法であって、前記第1加熱帯において、前記鋼帯を500 以上、キュリー点 $T_c$ ( ) - 50 未満まで、燃料ガス、及び/または電気ヒータにより第1加熱装置で加熱する第1加熱工程と、前記第2加熱帯において、前記第1加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点 $T_c - 30$  ないしキュリー点 $T_c - 5$  の温度領域まで、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置により加熱する第2加熱工程と、前記第3加熱帯において、前記第2加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点を超える処理目標温度まで、第3加熱装置により加熱する第3加熱工程と、前記第1加熱工程及び第2加熱工程における加熱動作を制御する昇温速度制御工程とを有し、前記昇温速度制御工程は、前記燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を前記第1加熱装置に出力する第1の出力部と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に電流を出力する第2の出力部とを制御し、前記第2加熱帯のソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値に基いて、前記第1加熱装置に出力する燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を制御することを特徴とする。

40

【0015】

本発明のキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備は、加熱帯、均熱帯及び冷却帯、または加熱帯、均熱帯、窒化帯及び冷却帯からなり、前記加熱帯が第1加熱帯、第2加熱帯及

50

び第3加熱帯に区分されているキュリー点を有する鋼帯の連続焼鈍設備であって、前記第1加熱帯において、前記鋼帯を500以上、キュリー点 $T_c$ ( ) - 50未満まで加熱する第1加熱装置と、前記第2加熱帯において、前記第1加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点 $T_c$  - 30ないしキュリー点 $T_c$  - 5の温度領域まで加熱するソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置と、前記第3加熱帯において、前記第2加熱帯で加熱された鋼帯をキュリー点を超える処理目標温度まで加熱する第3加熱装置と、前記第1加熱装置及び前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置の加熱動作を制御する昇温速度制御装置とを有し、前記昇温速度制御装置は、前記燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を前記第1加熱装置に出力する第1の出力部と、前記ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置に電流を出力する第2の出力部とを有し、前記第2加熱帯のソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置での実績出力電力値に基いて、前記第1加熱装置に出力する燃料ガス出力値、及び/または電気ヒータの電力出力値を制御することを特徴とする。

10

**【発明の効果】****【0016】**

本発明によれば、キュリー点を有する鋼帯のキュリー点近傍での鋼帯の昇温速度を長手方向に極めて均一に行うことができるようにすることができる。これにより、特に、鋼板の昇温速度に厳格な制御及び均一性が求められる方向性珪素鋼板の冷間圧延された鋼帯の連続脱炭焼鈍では、その昇温速度の厳格な範囲での達成や均一化による品質改善効果が大きく、安定した製品を製造できるようにすることができる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

20

**【0017】**

以下、本発明を実施するための最良の形態を、本発明の効果が特に大きい方向性珪素鋼板の製造を例にして説明する。なお、本発明が方向性珪素鋼板に限定されないことは言うまでもない。

**【0018】**

図1は、方向性珪素鋼の仕上冷延板を脱炭焼鈍(焼鈍分離剤の塗布を含む)するための代表的な連続熱処理設備の概略的な構成例を説明する等角投影図である。

連続熱処理設備ラインの主な要素は、仕上冷間圧延加工された方向性珪素鋼のコイル状の鋼帯60を装荷して、そこから巻出していくためのペイオフリール1を有する。

**【0019】**

30

また、鋼帯60の先尾端部を切断して溶接のための準備をするための入側剪断機2、鋼帯60の端部を連続的に結合するための溶接機3、鋼帯60を溶接する準備、及び溶接中に入側洗浄装置11、炉部12を減速・停止することなく通板可能とするために鋼帯60を貯留する入側ストレージルーパー4を有する。

**【0020】**

さらに、鋼帯60の表面を洗浄し、圧延油や鉄分等の汚れを除去するための入側洗浄装置11、鋼帯60を脱炭焼鈍するために用いられる加熱・均熱・冷却領域からなる炉部12、コイルの再巻きつけが完了して出側剪断機6が作動している時に、鋼帯60が入側洗浄装置11、炉部12を減速停止することなく通板可能とするために、鋼帯60を貯留する出側ストレージルーパー5を有する。

40

**【0021】**

また、焼鈍された鋼帯60の表面を洗浄し、炉内汚れを除去するための出側洗浄装置13、焼鈍分離剤塗布装置14、焼鈍分離剤乾燥装置15、出側剪断機6、及び鋼帯60をコイル状に再巻き付けするためのテンションリール7等を有している。また、炉部12の動作を制御する昇温速度制御装置100を有している。

**【0022】**

このような装置によって構成された連続熱処理設備ラインにおいて、焼鈍分離剤乾燥装置15は、熱慣性の低い炉材と直火バーナーから構成される高応答性の炉構成となっており、出側剪断機6が作動中におけるやむを得ない場合に発生する鋼帯60の停止・減速に迅速に対応できる構造となっている。

50

## 【 0 0 2 3 】

また、炉部 1 2 の前後での鋼帯 6 0 の張力は、テンションメータ 4 1、4 2 で測定される。また、焼鈍分離剤乾燥装置 1 5 での鋼帯 6 0 の張力は、テンションメータ 4 3 で測定される。各テンションメータ 4 1、4 2 及び 4 3 の測定結果は、通過するブライドルロール 2 3 ~ 2 6 にフィードバックされ、ブライドルロール前後の鋼帯 6 0 の張力が確保されている。なお、出側洗浄装置 1 3 は、炉部 1 2 における鋼帯 6 0 の汚れが僅少であるときは、必ずしも設置する必要はない。方向性珪素鋼の仕上冷延板は、上記のラインで脱炭焼鈍（焼鈍分離剤の塗布を含む）された後、高温焼鈍され、さらに、平滑化焼鈍が施され、最終製品となる。

## 【 0 0 2 4 】

図 2 は、炉部 1 2 の基本的な構成例を模式的に示す図である。

基本的な構成の炉部 1 2 A は、一般的に、ラジアントチューブ加熱方式による加熱領域 3 1（3 1 A、3 1 B、3 1 C）、電気ヒータ加熱による均熱領域 3 2、電気ヒータ加熱による窒化領域 3 3 及び冷却領域 3 4 から構成され、加熱領域 3 1 には、加熱途中の板温を監視するための板温計 3 6、3 7、3 8 が設置されている。

## 【 0 0 2 5 】

入側洗浄装置 1 1 で表面洗浄された鋼帯 6 0 は、ラジアントチューブ方式による加熱領域 3 1 で加熱され、脱炭温度約 8 2 0 まで加熱され、電気ヒータ加熱による均熱領域 3 2 で脱炭焼鈍される。

## 【 0 0 2 6 】

ラジアントチューブ方式による加熱領域 3 1 では、鋼帯 6 0 は脱炭障害とならないように加熱されており、加熱領域途中に設置された板温計 3 6（前半の加熱領域 3 1 A の出側）、3 7（中央の加熱領域 3 1 B の出側）、及び加熱領域の出側（後半の加熱領域 3 1 C の出側）の板温計 3 8 を監視しながら炉の温度が制御されるのが一般的である。また、最近、この板温計 3 6、3 7、3 8 の測定値を自動監視しながら、加熱領域の炉を自動制御する方式もとられている。

## 【 0 0 2 7 】

図 3（a）及び（b）に、図 1、図 2 の設備による方向性電磁鋼板の脱炭焼鈍における、板温計 3 6、3 7 の位置での鋼帯コイル 1 本分の長手方向の温度分布の一例を示す。図 3 に示したように、この板温計 3 6、3 7 の測定値を自動監視しながら、加熱領域の炉を自動制御する方式が採られているにもかかわらず、加熱領域途中に設置された板温計 3 6、3 7 での鋼帯 6 0 の長手方向の板温は変動し、特に、コイルの両端は大きく長期にわたり変動している。それに伴い、鋼帯 6 0 の昇温速度も大きく変動している。

## 【 0 0 2 8 】

コイルの両端の変動は、結果として、この後の一次再結晶組織に影響し、結果として 2 次再結晶組織での組織の配向性が低下するとともに、鋼帯 6 0 の脱炭反応を含む表面の反応に大きく影響し、鋼帯 6 0 の長手方向の品質変動、例えば、磁性不良や皮膜欠陥等の品質障害を招いていた。

## 【 0 0 2 9 】

本願発明の本発明者らは、この鋼帯 6 0 の長手方向の昇温過程での板温の変動の原因をさらに解析し以下を解明した。

すなわち、（1）鋼帯 6 0 の連続加熱設備に用いられているラジアントチューブ炉においては、ラジアントチューブと鋼帯 6 0 の間の輻射伝熱により鋼板が加熱されており、鋼板の昇温量を決める伝熱量はラジアントチューブ、鋼板の放射率と幾何学的位置関係によって決まるが、ラジアントチューブの放射率及び幾何学的位置関係は短期的には不変である。このことから、鋼帯 6 0 の温度は、鋼帯 6 0 の放射率の変動で変化することを解明した。ところで、鋼板の放射率が長手方向に変化する要因としては、不明な点も多いが、冷延鋼板の製造の前工程である熱間圧延が連続でなく、スラブ単位（鋼帯コイルに相当）に行われ、熱間圧延中の板温度の長手方向変動及び冷却過程の不均一により表面性状が変化すること等によると推察される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

また、(2)鋼板の温度測定には鋼板の放射率が利用されていることから、放射率が変われば、板温度の測定値の精度が悪くなることになる。複数の波長を用いた板温計も精度は若干改善されるもののこの問題から逃れることはできない。

## 【 0 0 3 1 】

本願発明の本発明者らは、鋭意、研究を重ねた結果、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱では、キュリー点近傍で、鋼帯60の透磁率が急速に低下し、それに伴い、浸透深さも大きくなるとともに、鋼帯60の加熱能力が急速に減少することに着目した。このことから、キュリー点近傍を含む鋼帯60の加熱領域では、一定のコイル電流を通電中のソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置の出力電力は、鋼帯60のコイル部入口の温度で変動することを発見するとともに、ソレノイド型誘導加熱装置の制御応答性は極めて速いことにも着目した。

10

## 【 0 0 3 2 】

図6に、高周波誘導装置を用いた基本的な構成例を示す。

図6は、冷間圧延された方向性珪素鋼を焼鈍するための連続熱処理設備ライン(図1)の炉部12の構成を模式的に示す図である。図2で説明した基本的な構成の熱処理ラインに比べ、本実施形態の炉部12Bにおいては加熱帯31の中央にソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35が配設されている。また、ソレノイドコイル式高周波誘導装置35の前部に板温計36が配置され、後部に板温計37が設置されている。

## 【 0 0 3 3 】

図4に、高周波誘導装置を用いた基本的な構成例の制御方案を示す。

ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の入側の板温計36の温度 $T_A$ を監視し、ラジアントチューブ方式による加熱領域31Aの状態監視を行う。

20

## 【 0 0 3 4 】

また、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35には目標値の電流値になるようにコイルに通電する電流値 $I$ を制御して鋼帯60を通板する。なお、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の出側の板温計37を監視し、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の出側の鋼帯60の板温が一定であることを確認し、鋼帯60を通板する。

## 【 0 0 3 5 】

図5(a)~(c)に、このときの炉部12における、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の入出側の板温計36、37の位置で測定された鋼帯コイル1本分の長手方向の温度分布、及びソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電力値の一例を示す。

30

## 【 0 0 3 6 】

この方法では、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の入側では、図5(a)に示すように、板温計36の測定データのように鋼帯60の温度むらが存在するにもかかわらず、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35での出側では、図5(b)に示すように、板温計37の測定データのように温度はほぼ均一となる。

## 【 0 0 3 7 】

しかしながら、図5(c)に示すように、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電力値は大きく変動しており、より昇温速度の管理が必要な領域において、鋼帯60の昇温速度は大きく変動していることが分かった。

40

## 【 0 0 3 8 】

これは、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の入側の板温計36が板温500~600領域では、鋼板の放射率の変動が大きく、例え、測定精度の比較的良い2波長計測方式の板温計を使用しても、測定精度があまりよくないことと、これが原因で、加熱炉(前半の加熱領域31A)の燃料の出力値の制御応答性を上げられないことに起因すると推察される。

## 【 0 0 3 9 】

図7に、本実施形態による高周波誘導装置の制御方案を示す。

50

鋼帯 60 は、ラジアントチューブ方式による加熱領域（前半の加熱領域 31A）で加熱され、板温が 500 以上で、キュリー点  $T_c$ （ ）から 50 を超えて低い所定の温度（ $T_c - 50$  未満の温度）に到達する。

【0040】

その後、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 で、 $T_c - 30$  ないし  $T_c - 5$  の温度領域まで加熱される。次いで、ラジアントチューブ方式による加熱領域（後半）31C でおよそ 825 まで加熱され、電気ヒータ加熱による均熱領域 32 で脱炭焼鈍される。

【0041】

ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の入側の鋼帯 60 の板温は、500 未満では、当該誘導加熱装置 35 による所要昇温代が大きくなる。したがって、そのための誘導加熱装置の設備能力を過大にしなければならず現実的でないばかりでなく、熱処理炉雰囲気には水素を含有する場合には、水素爆発の危険を回避できる雰囲気温度 750 以上を確保できなくなるため、板温 500 以上とする必要がある。一方、当該板温が  $T_c - 50$  以上では、ラジアント方式の加熱での加熱ばらつきを誘導加熱装置 35 での到達板温で吸収できないから、 $T_c - 50$  未満とする必要がある。

【0042】

また、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出側の鋼帯 60 の板温は、 $T_c - 5$  超では、出側での鋼帯 60 の透磁率が小さすぎる。そのために、高周波誘導加熱装置 35 に必要な磁界が大きくなって所要設備が巨大となり現実的でなく、また、 $T_c - 30$  未満では、出側での鋼帯 60 の透磁率が小さくなく、ラジアント方式の加熱での加熱ばらつきを高周波誘導加熱で抑制できない。したがって、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出側の鋼帯 60 の板温は、 $T_c - 30$  ないし  $T_c - 5$  の温度領域とする必要がある。

【0043】

本実施形態においては、厳格な昇温速度管理を必要とする鋼帯 60 の温度領域が、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の制御領域となるように、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置の配置を行うようにしている。

【0044】

本実施形態の制御方式では、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 には、目標のコイル電流値になるように、通電する電流値  $I$  を制御して鋼帯 60 を通板する。そして、そのソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の実績出力電力値  $W$  を検出し、前記実績出力電力値と目標出力電力値との差を演算する。

【0045】

そして、演算結果に基づいて、実績出力電力値が目標値になるように、加熱領域（前段）の燃料ガスの設定出力値  $H$  を補正して「 $H + H$ 」とし、加熱領域（前段）の燃料ガスの実績出力値が設定値になるよう制御する。なお、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出側の板温計 37 で監視し、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出側の鋼帯 60 の板温  $T_B$  が一定であることを確認し、鋼帯 60 を通板する。なお、前半の加熱領域 31A の燃料の出力値の制御応答性は、その制御データのもとであるソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の実績出力電力値の測定誤差が極めて小さいことから、格段に高められている。

【0046】

図 8 (a) ~ (c) に、そのときの炉部 12 における、ソレノイド型高周波誘導加熱炉 35 の入出側の板温計 36、37 の位置で測定された鋼帯コイル 1 本分の長手方向の温度分布、及びソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の実績出力電力値の一例を示す。なお、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出側の鋼帯 60 の板温は、 $T_c - 30$  未満では、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 での出力電力値の変動からその内部の鋼帯 60 の温度バラツキを推定し、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 35 の出力電力値を一定にする制御も有効に行うことができない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

このように、本実施形態によれば、図 8 ( a ) に示すように、ラジアントチューブ方式による前半の加熱領域 3 1 A の出側の板温計 3 6 の測定データのように温度計に示された鋼帯 6 0 の温度のバラツキは残存するものの軽減され、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 3 5 での出側では、図 8 ( b ) に示すように、温度はほぼ均一になる。

## 【 0 0 4 8 】

さらに、図 8 ( c ) に示すように、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 3 5 の実績出力電力値の変動も軽減され、安定している。したがって、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置 3 5 における鋼帯 6 0 の昇温速度は、一定で変動なく安定していることが分かる。

10

## 【 0 0 4 9 】

本実施形態による鋼帯 6 0 の連続焼鈍設備により、方向性珪素鋼板の鋼帯 6 0 を長手方向に、昇温速度を含めて、均一に焼鈍処理できるようになったことから、得られた方向性珪素鋼板の品質も、再結晶組織や脱炭が均一となり、磁性が高位に安定し、皮膜欠陥もほとんど解消した。また、誘導加熱装置は 1 個に限定されるものでなく、複数でもよい。

## 【 0 0 5 0 】

また、加熱領域(前段)は、ラジアントチューブ方式による輻射加熱に限定されることはなく、直接ガス加熱による輻射加熱、電気ヒータによる輻射加熱でも有効である。なお、図 6 では、窒化領域 3 3 を有する例を示したが、本実施形態は、窒化領域を有する冷間圧延された方向性電磁鋼板の脱炭焼鈍設備に限定されるものではなく、窒化領域を有しない脱炭焼鈍設備にも有効である。

20

## 【 0 0 5 1 】

なお、本実施形態が処理対象とするキュリー点を有する鋼帯としては、ここで例示した方向性電磁鋼板の冷間圧延鋼帯に限定されることなく、無方向性電磁鋼板やフェライト系ステンレス鋼板の冷間圧延鋼帯等キュリー点を有する鋼帯について全て有効である。

## 【 0 0 5 2 】

また、本実施形態が処理対象とする S i 4 . 5 質量%を含有する方向性電磁鋼板としては、例えば、特開 2 0 0 2 - 0 6 0 8 4 2 号公報や特開 2 0 0 2 - 1 7 3 7 1 5 号公報等で開示されている方向性電磁鋼板のような成分系のものであればよく、本実施形態でその成分系を特に限定するものではない。

30

## 【 0 0 5 3 】

なお、鋼帯 6 0 を T c - 5 0 未満に加熱する装置としては、ラジアントチューブ方式に限定されることなく、全ての間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射加熱装置及び/または電気ヒータによる輻射加熱装置及び/または誘導加熱装置による加熱装置において有効である。

## 【 0 0 5 4 】

また、キュリー点近傍の T c - 3 0 ないし T c - 5 の温度領域から処理目標温度まで加熱する方式も、電気ヒータ加熱方式に限定されることなく、全ての間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射加熱装置及び/または電気ヒータによる輻射加熱装置で有効である。また、一般的に、T c - 3 0 は、7 0 0 を超えており、この領域では鋼板の放射率は、絶対値が大きくなるとともに、比較的板表面の状況に左右されにくくなることから、鋼板の温度は制御しやすくなるので、T c - 3 0 以上では加熱方式をあまり問わない。

40

## 【 実施例 1 】

## 【 0 0 5 5 】

次に、本発明の実施例を説明する。

質量%で、C : 0 . 0 5 %、S i : 3 . 2 %、M n : 0 . 1 %、P : 0 . 0 3 %、S : 0 . 0 0 6 %、酸可溶性 A l : 0 . 0 2 7 %、N : 0 . 0 0 8 %、C r : 0 . 1 %を含有する鋼スラブを 1 1 5 0 の温度で加熱した後、板厚 2 . 8 m m に熱間圧延して鋼帯コイルとし、その後、焼鈍温度 1 1 2 0 及び 9 2 0 の二段焼鈍を施した。さらに、板厚 0

50

、285mmまでリバーズ圧延機で冷間圧延した後、従来技術の脱炭焼鈍設備（図1、図2）、及び本実施形態の脱炭焼鈍設備（図1、図6）にて脱炭焼鈍した。また、本実施形態の脱炭焼鈍設備では、本実施形態の誘導加熱装置制御方案（図7で説明した案）、及び基本的な制御方案（図4で説明した案）の両方で運転した。

【0056】

この後、高温焼鈍を行った後、最後に平滑化焼鈍を行った。その際、加熱途中の鋼板温度を板温計36、37で測定することにより、板温、及び高周波誘導加熱装置35の電力出力値のバラツキを測定するとともに、平滑化焼鈍後の方向性電磁鋼板の磁性ならびに皮膜欠陥率を測定した。

【0057】

図9に、試験条件と試験結果を示す。なお、誘導加熱の開始温度を $T_c - A$ （ ）、終了温度を $T_c - B$ （ ）とし、表では、AとBの値で示した。また、コイル長手方向の品質の安定性の評価項目としては、連続測定が可能なものとして、磁性（鉄損値）と皮膜欠陥率（欠陥部の面積比率）を測定した（注：脱炭性は連続測定が困難）。

【0058】

本実施形態の例1、及び例2では、誘導加熱装置出側の鋼帯60の板温のバラツキは殆どなく、且つ、高周波誘導加熱装置の出力電力値のバラツキも殆どなく、高周波誘導加熱装置内の鋼板の昇温速度のバラツキが殆どないことが分かる。また、結果として鋼板の磁気特性の絶対値が良好であるとともに、バラツキも小さく、皮膜欠陥率も小さいことが分かる。

【0059】

一方、誘導加熱終了温度の高すぎる比較例11では、鋼板は目標温度に達せず、試験条件を満たすことができなかった。

【0060】

また、誘導加熱開始温度の高い比較例13、14では、誘導加熱装置出側の鋼帯60の板温のバラツキは小さくなく、且つ、下流の高周波誘導加熱装置の出力電力値のバラツキも小さくなく、高周波誘導加熱装置内の鋼板の昇温速度のバラツキも小さくないことが分かる。結果として鋼板の磁気特性の絶対値が低位であるとともに、バラツキも大きく、皮膜欠陥率も高かった。

【0061】

また、従来の高周波誘導加熱装置の制御方案と類似の制御方案の比較例21、22でも、いずれも、誘導加熱装置出側の鋼帯60の板温のバラツキは小さくなく、且つ、下流の高周波誘導加熱装置の出力電力値のばらつきバラツキは大きく、高周波誘導加熱装置内の鋼板の昇温速度のバラツキが大きいことが分かる。結果として鋼板の磁気特性の絶対値がやや低位であるとともに、ばらつきバラツキも大きく、皮膜欠陥率も高かった。

【0062】

なお、誘導加熱を使用していない比較例31は、加熱途中の鋼帯60の板温のバラツキは非常に大きく、昇温速度のバラツキは非常に大きいことが分かる。当然の結果として鋼板の磁気特性の絶対値が非常に低位であるとともに、バラツキも大きく、鋼板の皮膜欠陥率は非常に大きかった。

【0063】

次に、図10のブロック図を参照しながら、炉部12の動作を制御する昇温速度制御装置100の構成例を説明する。

本実施形態の昇温速度制御装置100は、加熱ガス出力部（第1の出力部）101a、電流出力部（第2の出力部）102、電力検出部103、演算部104、補正部105、第1の制御部106a、第2の制御部106b、出力加熱ガス値設定部（第1の設定部）107、出力電流値設定部（第2の設定部）108等を有している。

【0064】

昇温速度制御装置100は、炉部12の加熱動作を制御するものであり、第1加熱装置311A、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35、第3加熱装置313Aの加熱動

10

20

30

40

50

作を制御するための装置である。

【0065】

加熱ガス出力部101aは、第1加熱装置311Aに加熱ガスを出力する。電流出力部102は、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電流値を目標出力電流値として設定する。電力検出部103は、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電力値を検出する。

【0066】

演算部104は、電力検出部103により検出したソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電力値を基に、目標加熱ガス出力値と出力加熱ガス値設定部107に設定されている設定加熱ガス出力値と差を演算する。補正部105は、演算部104により求めた加熱ガス出力値の差を基に、出力加熱ガス値設定部107に設定する加熱ガス出力値を補正する。第1の制御部106aは、出力加熱ガス値設定部107に設定された加熱ガス出力値が第1加熱装置311Aに出力されるように加熱ガス出力部101aの動作を制御する。

【0067】

第2の制御部106bは、出力電流値設定部108に設定された出力電流値が第3加熱装置313Aに出力されるように電流出力部102の動作を制御する。

【0068】

次に、前述のように構成された昇温速度制御装置100の動作を、図11のフローチャートを参照しながら説明する。

まず、ステップS1101において、鋼帯60を500 以上、キュリー点 $T_c$  ( ) - 50 未満の温度領域まで加熱する、第1加熱工程を行う。本実施形態においては、前述したように、加熱ガスを用いて間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射加熱を行う加熱装置311Aにより第1加熱工程の加熱を行う。なお、第1加熱工程で行う加熱は、間接ガス加熱もしくは直接ガス加熱による輻射加熱のみでもよいが、電気ヒータによる輻射加熱を併用してもよい。また、電気ヒータによる輻射加熱のみでもよい。

【0069】

次に、ステップS1102において、鋼帯60を目標温度まで加熱したか否かを判断する。この判断の結果、目標温度まで加熱していない場合にはステップS1101に戻って第1加熱工程における加熱を続行する。また、ステップS1102の判断の結果、目標温度まで加熱した場合にはステップS1103に進む。

【0070】

ステップS1103においては、第1加熱工程で加熱された鋼帯60をキュリー点 $T_c$  - 30 ないしキュリー点 $T_c$  - 5 の温度領域まで、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35により加熱する第2加熱工程を行う。その後、ステップS1104に進み、鋼帯60を目標温度まで加熱したか否かを判断する。この判断の結果、目標温度まで加熱していない場合にはステップS1103に戻って第2加熱工程における加熱を続行する。また、ステップS1104の判断の結果、目標温度まで加熱した場合にはステップS1105に進む。

【0071】

ステップS1105においては、第2加熱工程で加熱された鋼帯60を、前記キュリー点 $T_c$ を超える処理目標温度領域まで加熱する第3加熱工程を行う。次に、ステップS1106において、鋼帯60を目標温度まで加熱したか否かを判断する。この判断の結果、目標温度まで加熱していない場合にはステップS1105に戻って第3加熱工程における加熱を続行する。また、ステップS1106の判断の結果、目標温度まで加熱した場合には処理を終了する。

【0072】

次に、図12のフローチャートを参照しながら、ステップS1101で行う第1加熱工程及びステップS1103で行う第2加熱工程の詳細を説明する。

まず、ステップS1201において、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35に出

10

20

30

40

50

力する出力電流値を目標出力電流値として設定する出力電流値設定処理を行う。

【0073】

次に、ステップS1202において、前述したソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35の実績出力電力値を、電力検出部103により検出する検出処理を行う。

次に、ステップS1203において、前述した検出処理により検出した実績出力電力値を基に演算処理を行う。この演算処理は、前述したように、演算部104により目標加熱ガス出力値と出力加熱ガス値設定部107に設定されている設定加熱ガス出力値と差を演算する。

【0074】

次に、ステップS1204において、前述した演算処理により求めた加熱ガス出力値の差を基にして、前述した出力加熱ガス値設定部107に設定されている加熱ガス出力値を補正する補正処理を行う。

【0075】

次に、ステップS1205において、第1加熱装置311Aに出力する実績加熱ガス出力値が出力加熱ガス値設定部107に設定されている加熱ガス出力値となるように、第1の制御部106aが加熱ガス出力部101aを制御する。また、ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置35に出力する実績出力電流値が設定出力電流値となるように、第2の制御部106bが電流出力部102を制御する。

前述したステップS1201～ステップS1205の処理が行われることにより、キュリー点近傍の鋼帯の昇温速度を一定にする昇温速度制御が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】方向性珪素鋼の冷延板を脱炭焼鈍（焼鈍分離剤の塗布を含む）するための代表的な連続熱処理設備の一例を示すブロック図である。

【図2】図1における炉部の基本的な構成例を模式的に示す図である。

【図3】基本的な構成の炉部の加熱領域内の代表的な2箇所で測定された鋼帯の板温の長手方向推移の例を示す特性図である。

【図4】本実施形態の基本的な制御方案を模式的に示す図である。

【図5】本実施形態の基本的な制御方案による運転時に各領域出側で測定された鋼帯の板温、及び誘導加熱装置の実績出力電力値の長手方向推移の例を示す特性図である。

【図6】本実施形態の実施形態を示し、冷間圧延された方向性珪素鋼を焼鈍するための連続熱処理設備ラインの炉部の構成を模式的に示す図である。

【図7】本実施形態による高周波誘導装置の制御方案を模式的に示す図である。

【図8】本実施形態の制御方案による運転時に各領域出側で測定された鋼帯の板温、及び誘導加熱装置の実績出力電力値の長手方向推移の例を示す特性図である。

【図9】本発明の実施形態を示し、試験条件と試験結果を示す図である。

【図10】本発明の実施形態を示し、炉部の動作を制御する制御装置の構成例を説明する図である。

【図11】本発明の実施形態を示し、昇温速度制御装置の動作を説明するフローチャートである。

【図12】本発明の実施形態を示し、第1加熱工程及び第2加熱工程の詳細を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

【0077】

- 1 ベイオフリール
- 2 入側剪断機
- 3 溶接機
- 4 入側ストレージルーパー
- 5 出側ストレージルーパー
- 6 出側剪断機

10

20

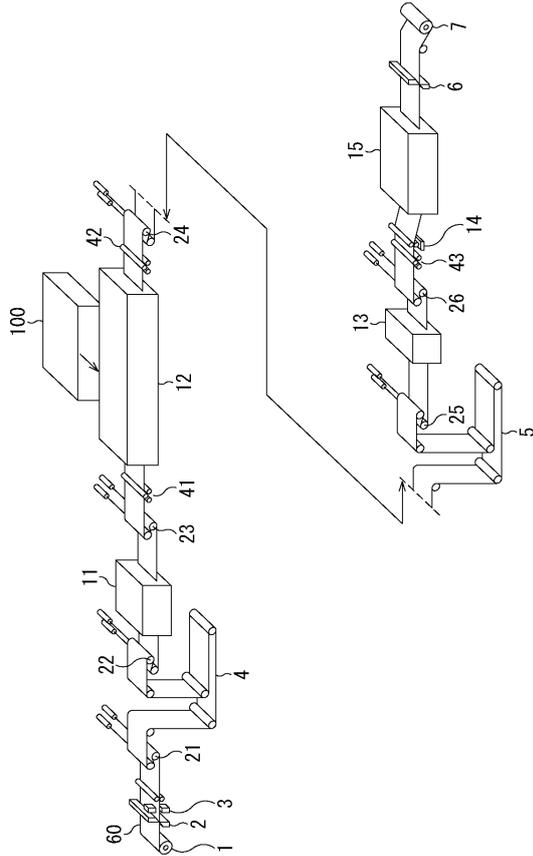
30

40

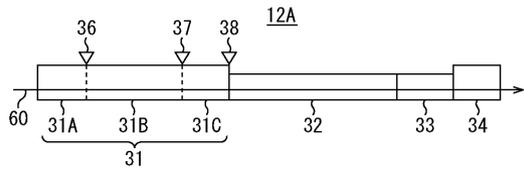
50

7	テンションリール	
1 1	入側洗浄装置	
1 2	炉部	
1 3	出側洗浄装置	
1 4	焼鈍分離剤塗布装置	
1 5	焼鈍分離剤乾燥装置	
2 1 ~ 2 6	ブライドルロール	
3 1	ラジアントチューブ方式による加熱領域	
3 1 A	ラジアントチューブ方式による加熱領域 (前半の加熱領域)	
3 1 B	ラジアントチューブ方式による加熱領域 (中央の加熱領域)	10
3 1 C	ラジアントチューブ方式による加熱領域 (後半の加熱領域)	
3 2	均熱領域	
3 3	窒化領域	
3 4	冷却領域	
3 5	ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置	
3 6、3 7、3 8	板温計	
4 1、4 2、4 3	テンションメータ	
6 0	鋼帯	
1 0 0	昇温速度制御装置	
1 0 1 a	加熱ガス出力部 (第 1 の出力部)	20
1 0 2	電流出力部 (第 2 の出力部)	
1 0 3	電力検出部	
1 0 4	演算部	
1 0 5	補正部	
1 0 6 a	第 1 の制御部	
1 0 6 b	第 2 の制御部	
1 0 7	出力加熱ガス値設定部 (第 1 の設定部)	
1 0 8	出力電流値設定部 (第 2 の設定部)	
3 1 1 A	第 1 加熱装置	
3 1 3 A	第 3 加熱装置	30
T <sub>A</sub>	ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置入側の鋼帯の板温	
T <sub>B</sub>	ソレノイドコイル式高周波誘導加熱装置出側の鋼帯の板温	

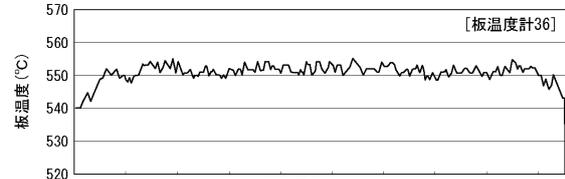
【図1】



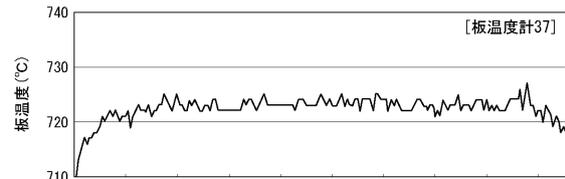
【図2】



【図3】

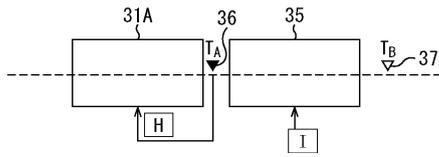


(a) 加熱領域中央での鋼帯コイル長手方向の温度分布

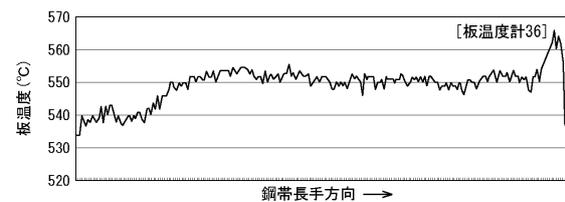


(b) 加熱領域後段での鋼帯コイル長手方向の温度分布

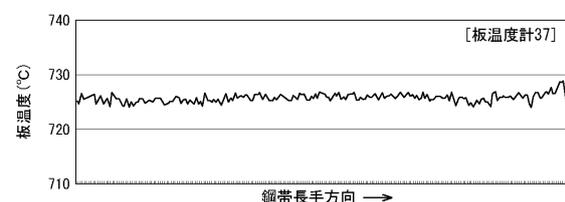
【図4】



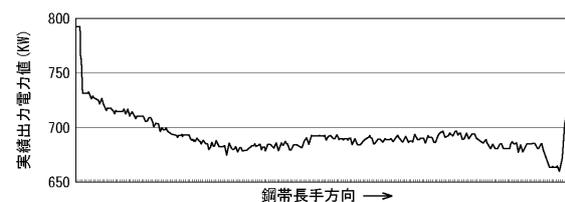
【図5】



(a) 加熱領域中央での鋼帯コイル長手方向の温度分布

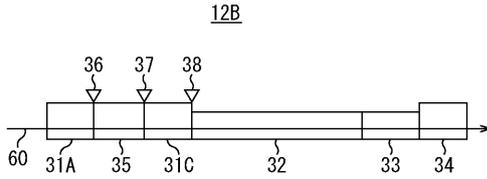


(b) 加熱領域後段での鋼帯コイル長手方向の温度分布

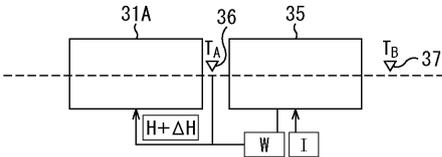


(c) 誘導加熱装置での鋼帯コイル長手方向の実績出力電力値

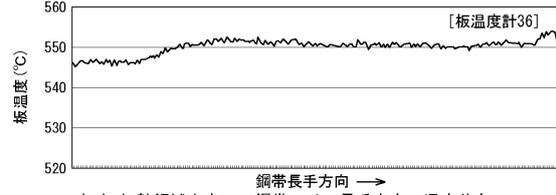
【図6】



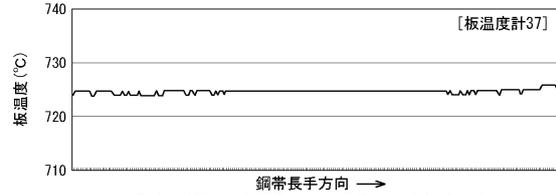
【図7】



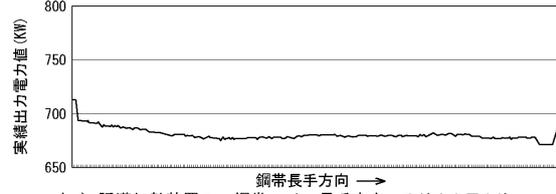
【図8】



(a) 加熱領域中央での鋼帯コイル長手方向の温度分布



(b) 加熱領域後段での鋼帯コイル長手方向の温度分布

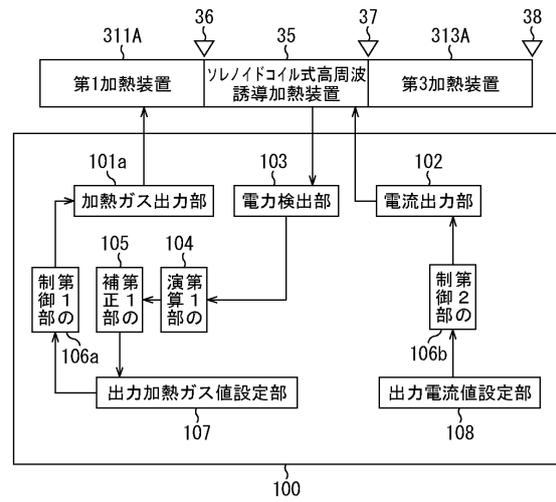


(c) 誘導加熱装置での鋼帯コイル長手方向の実績出力電力値

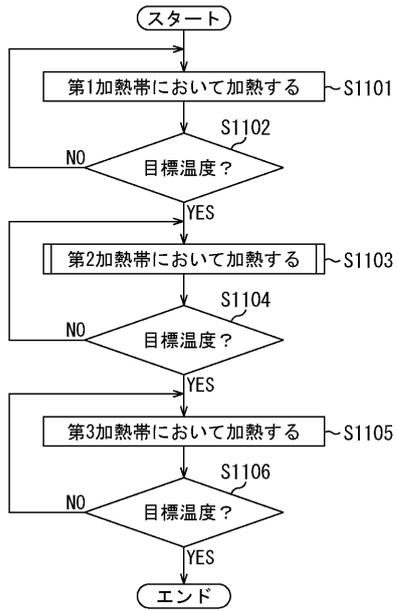
【図9】

規格 番号	規格 記号	加熱温度		誘導加熱		電圧(CT)の 電圧値(%)		品質検査材料		備考
		加熱温度 (°C)	加熱時間 (分)	電圧値(%)	電圧値(%)	電圧値(%)	電圧値(%)	品質検査材料 (7/25)	品質検査材料 (%)	
1	206	60	5	2.0	2	0.95	<0.01	0.1		
2	206	60	20	2.2	2	0.95	<0.01	0.1		
11	206	60	3		2	0.96	0.02	1.7		自動装置に到達せず
13	206	40	5	3.0	3	0.98	0.02	2.0		
14	206	40	20	3.3	3	0.98	0.02	0.9		
21	206	80	5	11.7	4	0.97	0.02	1.0		
22	206	80	20	13.1	4	0.97	0.02	1.0		
31	207				15	0.96	0.03	6.0		

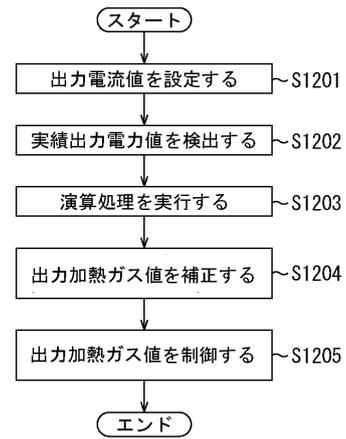
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
C 2 2 C 38/02 (2006.01) C 2 2 C 38/02

審査官 相澤 啓祐

(56) 参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 6 0 8 4 2 ( J P , A )  
特表 2 0 0 0 - 5 0 3 4 6 2 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
C 2 1 D 9 / 5 2 - 9 / 6 6  
C 2 1 D 9 / 4 6  
C 2 1 D 1 / 0 2 - 1 / 8 4  
C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0