

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7558476号  
(P7558476)

(45)発行日 令和6年10月1日(2024.10.1)

(24)登録日 令和6年9月20日(2024.9.20)

(51)国際特許分類

F I

C 2 1 D	9/56	(2006.01)	C 2 1 D	9/56	1 0 1 C
C 2 2 C	38/02	(2006.01)	C 2 2 C	38/02	
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 3 U
C 2 1 D	11/00	(2006.01)	C 2 1 D	11/00	1 0 2
C 2 1 D	9/46	(2006.01)	C 2 1 D	9/46	5 0 1 A

請求項の数 7 (全11頁)

(21)出願番号 特願2023-513752(P2023-513752)  
 (86)(22)出願日 令和4年10月18日(2022.10.18)  
 (86)国際出願番号 PCT/JP2022/038751  
 (87)国際公開番号 WO2023/074467  
 (87)国際公開日 令和5年5月4日(2023.5.4)  
 審査請求日 令和5年2月27日(2023.2.27)  
 (31)優先権主張番号 特願2021-175709(P2021-175709)  
 (32)優先日 令和3年10月27日(2021.10.27)  
 (33)優先権主張国・地域又は機関  
 日本国(JP)

(73)特許権者 000001258  
 J F E スチール株式会社  
 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号  
 (74)代理人 110001542  
 弁理士法人銀座マロニエ特許事務所  
 (72)発明者 小林 弘和  
 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号  
 J F E スチール株式会社内  
 (72)発明者 松原 行宏  
 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号  
 J F E スチール株式会社内  
 審査官 鈴木 葉子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 熱延鋼帯の焼鈍方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

S i を 1 . 6 ~ 5 . 0 m a s s % 含有する電磁鋼板用の熱延鋼帯を、上流側から加熱帯、均熱帯及び冷却帯の順に配設してなる焼鈍設備を用いて焼鈍する方法において、前記加熱帯の上流側又は加熱帯内の前段若しくは中段に板厚計と急速加熱装置を配置し、前記板厚計で測定した鋼帯の厚みと焼鈍中の鋼帯の通板速度とにより下記式(1)で定義される L S D の値から加熱帯出側の鋼帯温度及び均熱帯出側の鋼帯温度が目標温度となるように前記急速加熱装置による急速加熱装置の出側における鋼帯温度を決定することを特徴とする熱延鋼帯の焼鈍方法。

記

$$L S D = t \times L S \cdots (1)$$

ここで、t は鋼帯の厚み (mm)、L S は鋼帯の通板速度 (m / m i n)

【請求項 2】

前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記 L S D に加えてさらに、鋼帯の幅、急速加熱装置以降の加熱帯の炉温、加熱帯出側の鋼帯温度、均熱帯の炉温及び均熱帯出側の鋼帯温度のいずれか 1 以上の情報から決定することを特徴とする請求項 1 に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

【請求項 3】

前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記急速加熱装置以降の加熱帯の炉温をフィードバックして決定することを特徴とする請求項 1 に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

## 【請求項 4】

前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記急速加熱装置以降の加熱帯の炉温をフィードバックして決定することを特徴とする請求項 2 に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

## 【請求項 5】

前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記加熱帯出側の鋼帯温度が一定となるように決定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

## 【請求項 6】

前記急速加熱装置の加熱手段は、誘導加熱、通電加熱及び赤外線加熱のいずれか 1 以上であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

## 【請求項 7】

前記急速加熱装置の加熱手段は、誘導加熱、通電加熱及び赤外線加熱のいずれか 1 以上であることを特徴とする請求項 5 に記載の熱延鋼帯の焼鈍方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電磁鋼板の製造に用いられる熱間圧延後の鋼帯（熱延鋼帯）の焼鈍方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

Si を 1.6 ~ 5.0 mass % 含有する電磁鋼板用の熱延鋼帯に対して冷間圧延前に焼鈍（熱延板焼鈍）を施すことで製品板の磁気特性が良好となる、つまりゴス方位を高度に発達させることができることが知られている。上記熱延板焼鈍は、通常、加熱帯、均熱帯および冷却帯を備える連続焼鈍設備を用いて施される。

## 【0003】

熱延板焼鈍における焼鈍温度は、製品板の磁気特性に大きく影響することが知られており、熱延鋼帯の全長全幅において鋼板温度が一定かつ均一となるよう制御する必要がある。そのため、上記した連続焼鈍設備では、焼鈍を施す熱延鋼帯の加熱温度を好適範囲に制御するため、均熱帯の炉温を一定に制御することが行われている。

## 【0004】

しかし、従来の均熱帯の炉温のみを制御する上記焼鈍方法では、鋼帯の長手方向における板厚の変動や通板速度の変動による鋼帯の加熱温度の変動を抑制し、好適範囲に制御することは難しかった。その理由は、熱延鋼帯は冷間圧延前であるため板厚が厚く、単位長さ当たりの熱容量（物体を 1 上昇させるのに必要な熱量）が大きいため、冷延鋼帯よりも加熱に多量の熱量を必要とする。また、熱延鋼帯は、板厚が厚い分、圧延板厚に対する板厚変動が大きい、特に鋼帯の先行端における板厚変動が大きいため、同じ鋼帯内でも熱容量が大きく変動する。そのため、熱延鋼帯は、冷延鋼帯と比較して焼鈍炉の炉温に大きな影響を及ぼし、加熱帯や均熱帯の炉温を所定の温度に保持し、熱延鋼帯を所定の均熱温度に加熱することが難しくなる。

## 【0005】

しかし、熱延板焼鈍における加熱温度を高精度に制御する技術はほとんど開示されていないのが現状である。例えば、特許文献 1 には、熱延板焼鈍における冷却速度を制御することで、方向性電磁鋼板製造における最終冷間圧延前の鋼板の時効指数を低減する技術が開示されている。

また、特許文献 2 には、熱延板焼鈍において鋼帯を急速加熱する Si 含有鋼板の熱延板焼鈍技術が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【文献】特開 2016 - 000856 号公報

【文献】特開 2018 - 066040 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかしながら、上記特許文献1に開示の技術は、熱延板焼鈍を施すことで方向性電磁鋼板の熱延板組織を改善することを開示しているものの、熱延板焼鈍の加熱温度を高精度で制御する必要性や、そのための手段については何ら言及していない。

また、上記特許文献2に開示の技術は、熱延板焼鈍における急速加熱は焼鈍後の脱スケール性を向上させるための手段としており、急速加熱後の加熱温度の高精度化については何ら言及していない。

## 【0008】

上述したように、電磁鋼板の製造において、熱延板焼鈍の加熱温度の高精度な制御は、磁気特性の向上の観点からは極めて重要である。しかし、熱延鋼帯は、板厚が厚いことに加えて、板厚精度が悪く、板厚のばらつきが大きいという特徴があり、それに起因して焼鈍炉の炉温変動が発生するため、鋼帯の加熱温度を高精度で制御するには限界があった。

## 【0009】

本発明は、従来技術が抱える上記の問題点を解決し、熱延板焼鈍における加熱帯出側の鋼帯温度、ひいては均熱炉出側の鋼帯温度を高い精度で制御することができる熱延鋼帯の焼鈍方法を提供することを目的とする。

ここで、加熱帯出側の鋼帯温度とは、加熱帯の出口における鋼帯温度をいう。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

発明者らは、上記の課題を解決するべく鋭意検討を重ねた結果、熱延板焼鈍において加熱温度を高精度に制御するためには、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍炉において、均熱帯の上流側に板厚計と急速加熱装置を配設する。さらに、鋼帯のLSD(板厚×通板速度)の変動に応じて急速加熱装置での鋼帯の加熱温度を変更することが有効であることを見出し、本発明を開発するに至った。

## 【0011】

すなわち、本発明の電磁鋼板用熱延鋼帯の焼鈍方法は以下のように構成される。

[1] Siを1.6~5.0mass%含有する電磁鋼板用の熱延鋼帯を、上流側から加熱帯、均熱帯及び冷却帯の順に配設してなる焼鈍設備を用いて焼鈍する方法において、前記均熱帯の上流側に板厚計と急速加熱装置を配置し、前記板厚計で測定した鋼帯の厚みと焼鈍中の鋼帯の通板速度とにより下記式(1)で定義されるLSDの値から前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を決定するものである。

記

$$LSD = t \times LS \cdots (1)$$

ここで、tは鋼帯の厚み(mm)、LSは鋼帯の通板速度(m/min)である。

[2]上記の[1]において前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記LSDに加えてさらに、鋼帯の幅、急速加熱装置以降の加熱帯の炉温、加熱帯出側の鋼帯温度、均熱帯の炉温及び均熱帯出側の鋼帯温度のいずれか1以上の情報から決定することができる。

[3]上記の[1]又は[2]において前記急速加熱装置は、前記加熱帯の上流又は加熱帯内の前段若しくは中段に設置することができる。

[4]上記の[1]から[3]のいずれかにおいて前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記急速加熱装置以降の加熱帯の炉温をフィードバックして決定することができる。

[5]上記の[1]から[4]のいずれかにおいて前記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度を、前記加熱帯出側の鋼帯温度が一定となるように決定することができる。

[6]上記の[1]から[5]のいずれかにおいて前記急速加熱装置の加熱手段は、誘導加熱、通電加熱及び赤外線加熱のいずれか1以上とすることができる。

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、急速加熱装置による鋼帯加熱温度を、鋼帯厚み×通板速度で定義され

10

20

30

40

50

る L S D の値が大きいほど高く、L S D が小さいほど低く設定して加熱することで、加熱帯出側の鋼帯温度、ひいては均熱帯出側の鋼帯温度を所定の目標温度に高い精度で制御することが可能となる。その結果、製品板の磁気特性が向上し、不良発生が低減するのに大いに寄与する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に用いる熱延板焼鈍設備の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の他の実施形態に用いる熱延板焼鈍設備の一例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図を用いて本発明について説明する。

図1は、電磁鋼板用の熱延鋼帯の焼鈍（熱延板焼鈍）に用いられる、上流側から加熱帯、均熱帯及び冷却帯を配設した連続焼鈍設備の前半部分を示した模式図であり、通常、上記熱延板焼鈍は、鋼帯Sを加熱帯3で加熱帯出側の鋼帯温度が目標の均熱温度になるよう加熱した後、均熱帯4において上記均熱温度に所定時間保持し、その後、図示されていない冷却帯で冷却することで施される。この際、加熱帯3や均熱帯4の炉温や、鋼帯Sの通板速度は、鋼帯を所定の均熱温度に所定時間保持する観点から、一定の条件に保持される。

【0015】

しかし、鋼帯の板厚には少なからず板厚変動が存在し、特に先後端部分には大きな板厚変動が存在する。また、鋼帯を焼鈍している途中で通板速度を急激に変更する場合もある。斯かる大きな板厚変動や通板速度の急激な変更などが生じた場合、加熱帯や均熱帯の炉温を一定に制御するだけでは鋼帯の加熱温度を目標温度に加熱することはできないため、炉温の設定温度を変更する必要がある。しかし、炉温の設定温度の急激な変更は、炉温のみならず鋼帯温度のオーバーシュートやハンチングを引き起こす。また、炉温の変化には時間を要し、瞬時の炉温変化は望めない。そのため焼鈍炉1の炉温はできるだけ一定とするか、もしくは、徐々に変更することが望ましい。

【0016】

さらに、熱延鋼帯は、前述したように、冷延鋼帯と比較して板厚が厚く、熱容量が大きいため、加熱帯の炉温の変化に追従するのは難しいばかりでなく、加熱帯3の炉温にも影響するため、鋼帯を目標温度に加熱することが難しい。そのため、加熱帯3においては、加熱帯出側の鋼帯温度が、鋼帯の厚さや通板速度の変動に拘わらず、常に所定の目標温度となるように加熱することが望まれる。

【0017】

また、熱延板焼鈍における最終的な目的は、均熱帯4において鋼帯Sを目標とする均熱温度に所定時間保持する熱処理を施すことにあるが、冷延鋼帯と比較して厚みが厚い熱延鋼帯の場合、加熱帯出側の鋼帯温度が異なると、鋼帯が有する熱量も異なるため、均熱帯4に持ち込まれる熱量が変化し、ひいては、炉温にも変化が生じるため、熱延鋼帯を目標とする均熱温度に加熱することが難しくなる。この意味でも、加熱帯3の出側の鋼帯温度が、一定になるよう急速加熱装置2出側の鋼帯温度を設定するのが好ましい。

【0018】

そこで、本発明は、上記した図1に示した連続焼鈍設備を用いて電磁鋼板用の熱延鋼帯に熱延板焼鈍を施す際、加熱帯3の上流側に板厚計5と急速加熱装置2を配置し、上記板厚計5で測定した鋼帯の厚みと焼鈍中の鋼帯の通板速度とから下記式(1)で定義されるL S Dの値に応じて、上記急速加熱装置2による鋼帯Sの加熱温度を変化させることで、加熱帯出側の鋼帯温度を所定の目標温度に加熱することとした。なお、上記L S Dは、鋼帯の熱容量に比例する指標である。

$$L S D = t \times L S \quad \dots (1)$$

ここで、tは鋼帯の厚み(mm)、L Sは鋼帯の通板速度(m/min)である。

【0019】

本発明では、上記熱延鋼帯のL S Dの値が大きいほど急速加熱装置2による鋼帯の加熱

10

20

30

40

50

温度を高く設定し、逆に、熱延鋼帯のLSDの値が小さいほど急速加熱装置2による加熱温度を低く設定する。より具体的には、微小な鋼帯の板厚変動も含めて鋼帯板厚が厚いほど急速加熱装置の出側における鋼帯温度、すなわち、急速加熱装置2による加熱温度を、LSDを考慮しない従来の加熱温度より高く設定し、逆に板厚が薄いほど急速加熱装置の出側における鋼帯温度、すなわち、急速加熱装置2による加熱温度を、LSDを考慮しない従来の加熱温度より低く設定して加熱を行う。同様に、ライン速度が上がった場合は、急速加熱装置の出側における鋼帯温度、すなわち、急速加熱装置2による加熱温度を、LSDを考慮しない従来の加熱温度より高く設定し、逆に、ライン速度が下がった場合は、急速加熱装置2の出側における鋼帯温度、すなわち、急速加熱装置2による加熱温度を、LSDを考慮しない従来の加熱温度より低く設定して加熱を行う。

10

**【0020】**

このようにLSDの値を考慮することで、熱延鋼帯Sの厚さtや通板速度LSが急激に変動した場合でも、加熱帯3の炉温設定を変更することなく、加熱帯出側での鋼帯温度の変動を抑制し、ひいては、均熱帯の炉温変動を抑制して、熱延鋼帯の温度を目標の均熱温度に高い精度で制御することが可能となる。

**【0021】**

ここで、上記急速加熱装置2は、応答性良く鋼帯温度を加熱・変更可能なものであれば方式は問わない。また、鋼帯の加熱方法は、多くの実績がある誘導加熱(ソレノイド方式やトランスパス方式)、通電加熱、近赤外線加熱等であればいずれも好適に用いることができる。

20

**【0022】**

また、急速加熱装置2の設置位置は、加熱帯出側の鋼帯温度、ひいては均熱炉出側の鋼帯温度を高い精度で制御することが目的なので、均熱帯の上流とする。図1に示すように、加熱帯の上流としてもよいし、図2に示すように、加熱帯3の内部(分割した加熱帯3の間に存在する場合も含む)としても構わない。しかし、急速加熱装置2として、誘導加熱装置、特にソレノイド方式の装置を用いる場合、キュリー点より高い温度の加熱は困難であるため、加熱帯を上流から前段、中段及び後段に3分割したときの後段は避けて、前段または中段を設置位置とするのが好ましい。

**【0023】**

また、急速加熱装置2の加熱能力は、熱延鋼帯の大きな厚さや通板速度の変動にも対応するためには大きいほど好ましい。目安としては、急速加熱装置を設置する温度域(位置)や鋼帯の「温度-比熱」の関係にもよるが、加熱帯出側において板厚2mm程度の鋼帯加熱温度を±20程度の変更をしたい場合、50~100程度の急速加熱装置2の加熱能力(昇温量)があれば十分にばらつきを抑制することが可能である。

30

**【0024】**

上記に説明したように、急速加熱装置2による鋼帯の加熱温度の設定を、LSD値、すなわち、(板厚×通板速度)の変動に応じて変更することで鋼帯の加熱温度の高精度化に十分に寄与することができる。しかし、加熱帯3の出側の鋼帯温度をさらに高い精度で制御するためには、上記LSDの値に加えてさらに、熱延鋼帯Sの幅も考慮することが好ましい。鋼帯の熱容量は、鋼帯の幅に比例して変化するので、鋼帯の加熱に必要な熱量や炉体からの抜熱量も変化し、ひいては、加熱帯出側の鋼帯温度や加熱帯、均熱帯の炉温にも影響を及ぼすからである。特に、炉体の熱容量が小さく、炉温が変化しやすい加熱帯や均熱帯を有する焼鈍設備を用いる場合は、鋼帯幅を加味して急速加熱装置の加熱温度を設定することが望ましい。

40

**【0025】**

さらに、加熱帯出側の鋼帯温度をより高い精度で制御するためには、急速加熱装置2の加熱温度の設定に、急速加熱装置以降の加熱帯の炉温情報を加味することが好ましい。例えば、急速加熱装置2の加熱能力が小さい場合、熱延鋼帯の板厚変化や通板速度の変化、又はLSDの変化によって鋼帯の熱容量に大きな変化が生じたときは、急速加熱装置のみでは対応できないおそれがあるので、加熱帯の炉温設定をあえて変更することが考えられ

50

る。

そこで、絶えず変わり続ける急速加熱装置 2 以降の炉温情報をフィードバックし、急速加熱装置 2 の加熱温度の設定に反映させることで、加熱帯 3 出側の鋼帯温度をより高い精度で制御することが可能となる。

【0026】

なお、炉温情報をフィードバックする際、加熱帯出側の鋼帯温度の上昇量は、下記の式(2)で計算することができる。

$$\Delta T = \frac{\sigma \phi_{CG} L}{C_p \rho V t} \times \frac{1000}{60} \times \left[ \left( \frac{T_f + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_s + 273}{100} \right)^4 \right] \quad \dots (2)$$

10

ここで、 $T$  : 昇温量 [ ]  
 $\sigma$  : ステファン - ボルツマン定数 (  $4.88 \times 10^{-8}$  [ kcal / m<sup>2</sup> · h · K<sup>4</sup> ] )

$C_G$  : 総括熱吸収率

$L$  : 加熱長 [ m ]

$C_p$  : 比熱 [ kcal / kg ]

: 密度 7850 [ kg / m<sup>3</sup> ]

$V$  : ライン速度 [ m / min ]

$t$  : 板厚 [ mm ]

$T_f$  : 炉温 [ ]

$T_s$  : 入側鋼板温度 [ ]

20

上記式(2)を用いることで、炉温  $T_f$  の変動を考慮し、入側鋼板温度  $T_s$ 、つまり急速加熱装置での鋼板加熱温度を調整することで、昇温量  $T$  を調整し、均熱帯入側における鋼帯温度を制御することが可能となる。ここで、上記総括熱吸収率  $C_G$  は、炉全体の熱の流れに関する効率を表す指標であり、炉温、板温実績により決定する。

【0027】

さらにより高い精度で加熱帯出側の鋼帯温度を制御するためには、上記した  $LSD$  や鋼帯幅、急速加熱装置以降の加熱帯の炉温に加えてさらに、加熱帯出側の鋼帯温度、均熱帯の炉温、均熱帯出側の鋼帯温度の情報も急速加熱装置 2 における鋼帯の加熱温度を決定するのに活用するのが好ましい。

30

【0028】

ここで、本発明が対象としている電磁鋼板用の熱延鋼帯は、 $Si$  を 1.6 ~ 5.0 mass % の範囲で含有する。 $Si$  は、鋼の比抵抗を高めて鉄損を低減するのに有効な元素であるため、1.6 mass % 以上含有するのが好ましい。しかし、 $Si$  が 5.0 mass % を超えると、磁束密度が低下するだけでなく、鋼が脆化し、冷間圧延中に亀裂を生じる等、製造性を大きく低下させるようになる。好ましくは 2.0 ~ 3.8 mass % の範囲である。

【0029】

なお、上記熱延鋼帯は、 $Si$  に加えてさらに、二次再結晶を発現させるために、公知のインビター形成成分を含有したり、磁気特性や機械特性を改善したりするため、公知の添加元素を含有してもよい。

40

【0030】

上記に説明した本発明の熱延板焼鈍によれば、熱延鋼帯の長手方向(圧延方向)の全長に亘って均一かつ適正な温度で熱処理を施すことができるので、最終製品板においても、コイルの長手方向全長に亘って二次再結晶不良や結晶方位不良のない、優れた磁気特性を付与することが可能となる。

【実施例】

【0031】

50

板厚 1.4 ~ 2.8 mm、板幅 1200 mm の熱延鋼帯に、図 1 に示した急速加熱装置 2、加熱帯 3、均熱帯 4 を有する焼鈍炉 1 を用いて、均熱温度の目標値を 1050 とする熱延板焼鈍を表 1 に記載した条件で施した。この際、鋼帯の通板速度を、熱延鋼帯の長手方向の 1/3 および 2/3 の地点で変更し、加熱帯 3 の出側の鋼帯温度、均熱帯 4 の出側の鋼帯温度を測定した。

なお、上記急速加熱装置 2 には、ソレノイド方式の誘導加熱装置を用い、上記急速加熱装置による鋼帯の加熱温度の変更量は、熱延鋼帯の設定板厚（圧延設定板厚）×通板速度の値を  $LSD_s$ 、急速加熱装置の上流に設置した板厚計 5 で実測した鋼帯板厚 × 通板速度の値を  $LSD_t$  と表記したとき、両者の差（ $LSD_t - LSD_s$ ）に比例係数  $K$  を乗じた値とした。上記  $K$  の値は、定まった値ではなく、鋼帯の板厚、比熱等の加熱特性や、急速加熱装置の設置位置、焼鈍炉の炉温や加熱長などによって変化する値であり、本実施例で用いた  $K$  値は表 1 中に示した。

10

また、一部の熱延鋼帯では、急速加熱装置以降の加熱帯の炉温の影響  $FT$  を前述した式（2）から求め、これを急速加熱装置の出側の加熱温度の設定に加味した。

焼鈍炉 1（加熱帯 3 又は均熱帯 4）の炉温は、800 ~ 1100 間で調整を行った。  
【0032】

20

30

40

50

【表 1】

試験 No.	急速加熱装置の使用有無	急速加熱装置出側の鋼帯加熱温度 (°C)	係数K	板厚 (mm)	通板速度 1 (m/min)	通板速度 2 (m/min)	通板速度 3 (m/min)	LSD1 (mm/m/min)	LSD2 (mm/m/min)	LSD3 (mm/m/min)	加熱帯出側		均熱帯出側		備考
											目標温度 (°C)	最大差 (°C)	目標温度 (°C)	最大差 (°C)	
1	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	7	1.4	50	50	50	70	70	70	1043	15	1050	8	発明例
2	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	8	1.6	50	50	50	80	80	80	1042	15	1050	7	発明例
3	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	10	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	16	1050	10	発明例
4	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	13	2.6	40	40	40	104	104	104	1040	12	1050	7	発明例
5	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	14	2.8	40	40	40	112	112	112	1039	18	1050	9	発明例
6	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	5	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	18	1050	13	発明例
7	あり	K*(LSD1-LSDs)+100	10	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	12	1050	8	発明例
8	あり	K*(LSD1-LSDs)+100	5	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	16	1050	12	発明例
9	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	7	1.4	50	55	50	70	77	70	1043	15	1050	10	発明例
10	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	8	1.6	50	55	50	80	88	80	1042	15	1050	9	発明例
11	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	10	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	10	1050	6	発明例
12	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	13	2.6	40	44	40	104	114.4	104	1040	11	1050	8	発明例
13	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	14	2.8	40	44	40	112	123.2	112	1039	10	1050	6	発明例
14	あり	K*(LSD1-LSDs)+250	5	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	16	1050	11	発明例
15	あり	K*(LSD1-LSDs)+100	10	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	10	1050	7	発明例
16	あり	K*(LSD1-LSDs)+100	5	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	12	1050	10	発明例
17	あり	K*(LSD1-LSDs)+250+FT	10	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	5	1050	4	発明例
18	無	20	-	1.4	50	50	50	70	70	70	1043	40	1050	28	比較例
19	無	20	-	1.6	50	50	50	80	80	80	1042	41	1050	30	比較例
20	無	20	-	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	43	1050	33	比較例
21	無	20	-	2.6	40	40	40	104	104	104	1040	50	1050	35	比較例
22	無	20	-	2.8	40	40	40	112	112	112	1039	39	1050	29	比較例
23	あり	100	-	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	35	1050	28	比較例
24	あり	200	-	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	38	1050	29	比較例
25	あり	300	-	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	34	1050	22	比較例
26	あり	400	-	2.0	50	50	50	100	100	100	1040	34	1050	25	比較例
27	無	20	-	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	53	1050	42	比較例
28	あり	300	-	2.0	50	55	50	100	110	100	1040	44	1050	36	比較例

10

20

30

40

【0033】

上記した各焼鈍条件の加熱精度の評価は、熱延鋼帯を長手方向に20分割し、分割した各区間内の平均鋼帯温度と目標の均熱温度(1050)との差を求め、その中の最大値で評価した。なお、本実施例に用いた熱延鋼帯(コイル)の重量は約20tonで、熱延鋼帯の設定板厚(圧延設定板厚)と実測板厚との差は、熱延鋼帯の先後端部が最大で200μm、中間部が最大で50μm程度であった。

【0034】

表1に上記の結果を併記した。なお、表1には、熱延鋼帯の長さ方向の最初の1/3のライン速度をライン速度1、LSDをLSD1、次の1/3のライン速度をライン速度2

50

、LSDをLSD2、最後の1/3のライン速度をライン速度3、LSDをLSD3と表記した。

【0035】

上記表1から、急速加熱装置を使用しない従来技術の比較例（試験No.18～22、27）では、板厚や通板速度の変動の影響を受けて、加熱帯出側および均熱帯出側の鋼帯温度のばらつきは大きくなっている。また、急速加熱装置を使用する場合でも（試験No.23～26、28）、LSDtの影響を加味せずに急速加熱装置の加熱温度一定とした条件では、加熱帯出側および均熱帯出側の鋼帯温度のばらつきは大きい。

これに対して、実測板厚から求めたLSDtの変動に応じて急速加熱装置出側の鋼帯加熱温度を変更した本発明例（試験No.1～16）では、板厚変動や通板速度の変動があっても、加熱帯出側および均熱帯出側の鋼帯温度のばらつきを小さく低減できていることがわかる。

10

特に、急速加熱装置出側の鋼帯加熱温度の設定に、加熱帯後段の炉温の影響FTを加味した発明例（試験No.17）では、加熱帯出側および均熱帯出側の鋼帯温度の目標とする加熱温度との差をさらに小さくすることができていることがわかる。

FTの導出は、以下の通りである。

$$(\text{目標焼鈍板温}) - (\text{焼鈍炉各セクション } T1 + T2 + T3 \dots Tn \text{ の和}) - (K * (\text{LSDt} - \text{LSDs}) + 250) = FT$$

時々刻々と変化する上式を解いて、FT（急速加熱装置出側の温度）を微調整することで、目標板温に近づけることができた。

20

なお、上記実施例では、鋼帯の厚さや幅、通板速度、焼鈍温度などが、ある特定条件の場合について実施したが、その他の条件にも本発明は有効で適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0036】

本発明の技術は、加熱帯出側の鋼帯温度の変動を抑制し、鋼帯の焼鈍温度（均熱温度）を高い精度で所定の温度に制御することによって、製品板の品質のばらつきを最小化しようとする技術であり、電磁鋼板用の熱延鋼帯だけでなく、焼鈍温度の制御が必要なすべての金属帯に適用することができる。

【符号の説明】

【0037】

S：鋼帯

1：焼鈍炉

2：急速加熱装置

3：加熱帯

4：均熱帯

5：板厚計

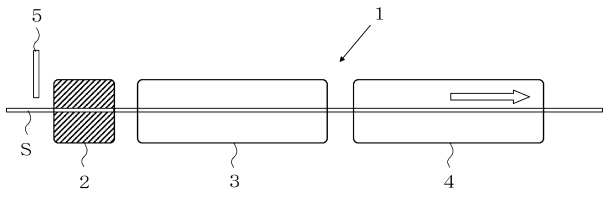
30

40

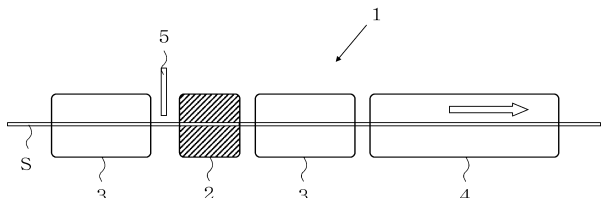
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-066040(JP,A)  
特開2011-179035(JP,A)  
中国特許出願公開第101684514(CN,A)  
中国実用新案第201265027(CN,Y)  
特開昭61-201735(JP,A)  
特開2004-197144(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C21D 1/00 - 11/00  
C22C 38/00 - 38/60