

(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2025-95270

(P2025-95270A)

(43)公開日

令和7年6月26日(2025. 6. 26)

(51)Int. Cl.

C 2 1 D 9/56 (2006. 01)

C 2 1 D 11/00 (2006. 01)

F I

C 2 1 D 9/56 1 0 1 C

C 2 1 D 9/56 1 0 1 A

C 2 1 D 11/00 1 0 4

テーマコード(参考)

4 K 0 3 8

4 K 0 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2023-211175(P2023-211175)

(22)出願日 令和5年12月14日(2023. 12. 14)

(71)出願人 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 100184859

弁理士 磯村 哲朗

(74)代理人 100123386

弁理士 熊坂 晃

(74)代理人 100196667

弁理士 坂井 哲也

(74)代理人 100130834

弁理士 森 和弘

(72)発明者 大須賀 顕一

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

最終頁に続く

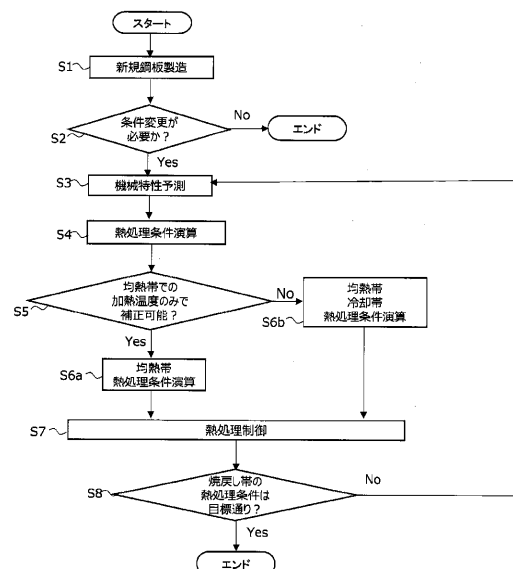
(54)【発明の名称】鋼板製造設備の制御方法および鋼板製造設備

(57)【要約】

【課題】製造される鋼板について、所望の機械特性を精度良く得ることを可能にする技術を提供すること。

【解決手段】温度測定装置20で測定した焼戻し帯16での鋼板加熱温度に基づいて、鋼板の伸び値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測ステップS3と、機械特性予測ステップS3で予測した機械特性値を鋼板Sの目標機械特性値に補正し、補正された機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算ステップS4と、熱処理条件演算ステップS4で決定した熱処理条件に基づいて、連続焼鈍設備のうち、少なくとも均熱帯8での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御ステップS8とを含む、鋼板製造設備の制御方法。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼板搬送方向に、加熱帯と、均熱帯と、冷却帯と、をこの順で有する鋼板の連続焼鈍設備と、
前記冷却帯の前記鋼板搬送方向の下流に、少なくとも急速冷却帯と、焼戻し帯と、をこの順で有する焼鈍後熱処理設備と、
少なくとも前記均熱帯と前記焼戻し帯に設置される前記鋼板の温度測定装置と、
を備える鋼板製造設備における前記連続焼鈍設備での鋼板加熱温度の制御方法であって、
前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づいて、前記鋼板の伸び値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測ステップと、
該機械特性予測ステップで予測した前記機械特性値を前記鋼板の目標機械特性値に補正し、補正された前記機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算ステップと、
該熱処理条件演算ステップで決定した熱処理条件に基づいて、前記連続焼鈍設備のうち、少なくとも前記均熱帯での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御ステップと、
を含む、鋼板製造設備の制御方法。

10

【請求項 2】

前記熱処理条件制御ステップにおいて、前記熱処理条件演算ステップで決定した熱処理条件に基づいて、前記均熱帯での鋼板加熱温度と、前記冷却帯での鋼板冷却条件とを制御する、請求項 1 に記載の鋼板製造設備の制御方法。

20

【請求項 3】

前記鋼板製造設備において、前記鋼板搬送方向に、前記均熱帯出側から前記焼戻し帯出側までのうちの少なくとも 1 箇所で前記鋼板のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置をさらに備え、
前記機械特性予測ステップでは、
前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度と、前記変態率測定装置で測定したオーステナイト分率とに基づいて、前記鋼板の機械特性値を予測する、請求項 1 または 2 に記載の鋼板製造設備の制御方法。

【請求項 4】

鋼板搬送方向に、加熱帯と、均熱帯と、冷却帯と、をこの順で有する鋼板の連続焼鈍設備と、
前記冷却帯の前記鋼板搬送方向の下流に、少なくとも急速冷却帯と、焼戻し帯と、をこの順で有する焼鈍後熱処理設備と、
少なくとも前記均熱帯と前記焼戻し帯に設置される前記鋼板の温度測定装置と、
を備える鋼板製造設備であって、
前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づいて、前記鋼板の伸び値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測部と、
該機械特性予測部で予測した前記機械特性値を前記鋼板の目標機械特性値に補正し、補正された前記機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算部と、
該熱処理条件演算部で決定した熱処理条件に基づいて、前記連続焼鈍設備のうち、少なくとも前記均熱帯での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御部と、
をさらに備える、鋼板製造設備。

30

40

【請求項 5】

前記熱処理条件制御部において、前記熱処理条件演算部で決定した熱処理条件に基づいて、前記均熱帯での鋼板加熱温度と、前記冷却帯での鋼板冷却条件とを制御する、請求項 4 に記載の鋼板製造設備。

【請求項 6】

前記鋼板搬送方向に、前記均熱帯出側から前記焼戻し帯出側までのうち少なくとも 1 箇所で前記鋼板のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置を備え、
前記機械特性予測部では、

50

前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度と、前記変態率測定装置で測定したオーステナイト分率とに基づいて、前記鋼板の機械特性値を予測する、請求項4または5に記載の鋼板製造設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車用構造材などに用いられる高強度鋼板を製造する方法に関し、特に、材質ばらつきの発生を抑制しつつ、製造設備の導入コスト低減を可能にするものである。

【背景技術】

【0002】

自動車用薄鋼板の製造では、連続鋳造されたスラブは最終板厚に達するまで熱間圧延、冷間圧延によって大きな加工を付与される。続いて行われる焼鈍処理において、冷間加工組織の回復、再結晶および粒成長をさせ、さらには、変態組織制御を行い、焼鈍後の冷却処理と合わせて製品の機械特性を調整している。近年では、自動車の軽量化と衝突安全性を両立させるために、より高強度な鋼板が求められている。一方で、自動車の車体構造部材はプレス加工で製造されるのが一般的であり、高強度と高加工性を両立した製品が求められている。また、自動車用部品の素材としては、防錆性を持たせる目的で亜鉛めっき処理を行うことが多い。特に、プレス加工性の観点から、めっき処理後の加熱により亜鉛と鉄を合金化させた、合金化溶融亜鉛めっき鋼板が広く採用されている。

【0003】

高強度を実現する方法としては、焼鈍で生じたオーステナイト相を急冷することで得られるマルテンサイト組織の活用が挙げられる。しかしながら、冷却したままのマルテンサイト組織は脆く扱いづらいため、再度加熱する焼き戻し処理によって靱性を高めことができる。そこで、焼鈍炉出側冷却帯でマルテンサイト変態温度以下まで急冷した後に再加熱を行い、焼き戻し処理する方法が特許文献1に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5402007号公報

【特許文献2】特許第5967318号公報

【特許文献3】特開2022-024340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で開示された方法のように、焼戻し後に亜鉛めっき処理と合金化処理を行う場合、一般に合金化温度は焼戻し温度よりも高温であるため、合金化加熱によって過度に焼戻され、必要な強度が得られない。そこで、焼鈍炉の中の冷却帯において、鋼帯をマルテンサイト変態させずに、オーステナイト相が残留した状態で合金化処理を行い、急速冷却によってマルテンサイト組織を得た後に、焼戻しを行う焼戻し工程を備えることで、目的となるめっき層の特性と鋼板の機械特性を得る方法が、特許文献2に開示されている。しかしながら、実際の連続焼鈍工程では、コイル同士をつなぎ合わせて連続的に熱処理を行うため、板厚や成分、目標となる機械特性が切り替わる際には操業条件を変更する必要がある。このような、操業条件の変更が設備に反映されない場合、目標となる機械特性が異なるコイルのつなぎ目の前後では、最適な条件で製造できない部分が発生し、歩留まり低下を招く。この点、特許文献2ではこのような問題への対処方法は明らかにされていない。

【0006】

こうした長手方向の品質安定性向上について、連続焼鈍設備の操業パラメータと、連続焼鈍設備の下流で取得される鋼板の変態率情報とを入力データとした材質予測モデルによって、鋼板の材質を制御する技術が特許文献3に開示されている。この技術では、材質制

10

20

30

40

50

御帯と呼ばれる鋼板の変態率情報を取得した位置よりも下流側の製造装置の操業条件を制御することで材質変動を抑制できるとしている。しかしながら、材質制御帯への制御遅れが生じた場合、先端部においては目標となる機械特性が得られないが、この課題に対する解決策は提示されていないため、効果は不十分である。

このように、従来の技術は、製造される鋼板が所望の機械特性を有するようにする技術としては、まだ十分とは言えなかった。

【0007】

そこで、本発明は、上記の問題を鑑みなされたものであり、製造される鋼板について、所望の機械特性を精度良く得ることを可能にする鋼板製造設備の制御方法および鋼板製造設備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】

本発明者らは、このような問題を解決すべく鋭意検討を重ねた結果、以下のような知見を得た。本発明の対象となる図1に示すような鋼板製造設備において、目標となる機械特性が切り替わる鋼帯のつなぎ目前後で、先行材の焼戻し帯での加熱温度を元に、後行材が通板した際の機械特性、特に伸び値を予測し、その予測値と目標の伸び値との差を低減するように、後行材通過前に連続焼鈍設備の熱処理条件、特に均熱帯での鋼板加熱温度を変更することで、焼戻し帯での熱処理条件の変更が遅れた場合でも、その熱処理条件に合わせて均熱帯での熱処理条件を変更することで、目標となる機械特性が全長にわたって得られることを着想した。

【0009】

本発明は、上記のような知見と着想に基づいてなされたものであり、以下の特徴を有している。

〔1〕鋼板搬送方向に、加熱帯と、均熱帯と、冷却帯と、をこの順で有する鋼板の連続焼鈍設備と、

前記冷却帯の前記鋼板搬送方向の下流に、少なくとも急速冷却帯と、焼戻し帯と、をこの順で有する焼鈍後熱処理設備と、

少なくとも前記均熱帯と前記焼戻し帯に設置される前記鋼板の温度測定装置と、

を備える鋼板製造設備における前記連続焼鈍設備での鋼板加熱温度の制御方法であって、前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づいて、前記鋼板の伸び値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測ステップと、

該機械特性予測ステップで予測した前記機械特性値を前記鋼板の目標機械特性値に補正し、補正された前記機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算ステップと、

該熱処理条件演算ステップで決定した熱処理条件に基づいて、前記連続焼鈍設備のうち、少なくとも前記均熱帯での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御ステップと、

を含む、鋼板製造設備の制御方法。

〔2〕前記熱処理条件制御ステップにおいて、前記熱処理条件演算ステップで決定した熱処理条件に基づいて、前記均熱帯での鋼板加熱温度と、前記冷却帯での鋼板冷却条件とを制御する、前記〔1〕に記載の鋼板製造設備の制御方法。

〔3〕前記鋼板製造設備において、前記鋼板搬送方向に、前記均熱帯出側から前記焼戻し帯出側までのうち少なくとも1箇所前記鋼板のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置をさらに備え、

前記機械特性予測ステップでは、

前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度と、前記変態率測定装置で測定したオーステナイト分率とに基づいて、前記鋼板の機械特性値を予測する、前記〔1〕

または〔2〕に記載の鋼板製造設備の制御方法。

〔4〕鋼板搬送方向に、加熱帯と、均熱帯と、冷却帯と、をこの順で有する鋼板の連続焼鈍設備と、

前記冷却帯の前記鋼板搬送方向の下流に、少なくとも急速冷却帯と、焼戻し帯と、をこの

順で有する焼鈍後熱処理設備と、
少なくとも前記均熱帯と前記焼戻し帯に設置される前記鋼板の温度測定装置と、
を備える鋼板製造設備であって、
前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づいて、前記鋼板の伸び
値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測部と、
該機械特性予測部で予測した前記機械特性値を前記鋼板の目標機械特性値に補正し、補正
された前記機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算部と、
該熱処理条件演算部で決定した熱処理条件に基づいて、前記連続焼鈍設備のうち、少なく
とも前記均熱帯での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御部と、
をさらに備える、鋼板製造設備。

10

〔５〕前記熱処理条件制御部において、前記熱処理条件演算部で決定した熱処理条件に基
づいて、前記均熱帯での鋼板加熱温度と、前記冷却帯での鋼板冷却条件とを制御する、前
記〔４〕に記載の鋼板製造設備。

〔６〕前記鋼板搬送方向に、前記均熱帯出側から前記焼戻し帯出側までのうち少なくとも
１箇所前記鋼板のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置を備え、
前記機械特性予測部では、
前記温度測定装置で測定した前記焼戻し帯での鋼板加熱温度と、前記変態率測定装置で測
定したオーステナイト分率とに基づいて、前記鋼板の機械特性値を予測する、前記〔４〕
または〔５〕に記載の鋼板製造設備。

【発明の効果】

20

【００１０】

本発明によれば、製造される鋼板について、所望の機械特性を精度良く得ることを可能
にする。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明における鋼板製造設備の構成を説明するための図である。

【図２】本発明における鋼板製造設備の制御方法を説明するためのフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

<設備構成>

30

図１は、本発明の実施形態である鋼板製造設備１の概略図である。図１に示すように、
前工程でコイル状に巻き取られた鋼板Ｓは、パイオフリール２で巻き戻され、鋼板搬送方
向（図１中、符号Ｘ参照）に沿ってルーパー４に進入する。ルーパー４は、鋼板Ｓ（コイ
ル）同士をウエルダー３でつなぎ合わせる際に鋼板Ｓを連続的に通板させ続けるために、
鋼板の余長を確保しておく設備になる。ルーパー４通過後は、鋼板Ｓは連続焼鈍設備５へ
と進入する。連続焼鈍設備５の入り口側には加熱帯７が設置される。あるいはさらに、加
熱帯７の前には、加熱帯７で発生する燃焼排ガスを利用した予熱帯６を設置してもよい。
連続焼鈍設備５は、加熱帯７に続いて、均熱帯８、冷却帯１０（第１冷却帯１０Ａおよび
第２冷却帯１０Ｂ）がこの順で構成されている。冷却帯１０は、求められる機械特性に応
じて必要とされる冷却量と通板速度とに合わせて第１冷却帯１０Ａのみの構成としてもよ
いし、図１に示すように、第１冷却帯１０Ａおよび第２冷却帯１０Ｂを備えた２段構成と
してもよい。

40

【００１３】

冷却帯１０の鋼板搬送方向Ｘの下流には、急速冷却帯１５と、焼戻し帯１６と、がこの
順で構成される焼鈍後熱処理設備１１が設置されている。製造される鋼板Ｓをめっき鋼板
（合金化溶融亜鉛めっき鋼板）とする場合、焼鈍後熱処理設備１１は、鋼板めっき設備（
合金化溶融亜鉛めっき設備）としてよく、鋼板搬送方向Ｘで、急速冷却帯１５の前に、溶
融亜鉛めっき浸漬帯１２と、めっき合金化帯１３と、を順に有していてもよい。焼鈍後熱
処理設備１１は、鋼板めっき設備（合金化溶融亜鉛めっき設備）とする場合、本発明の鋼
板製造設備１は、溶融亜鉛めっき鋼板製造設備または合金化溶融亜鉛めっき鋼板製造設備

50

としてよい。

このとき、合金化反応の進行に必要な時間を確保する目的で、焼鈍後熱処理設備 11 は、保熱帯 14 を備えていてもよい。焼戻し帯 16 は、加熱装置（焼戻し帯加熱装置）17、保熱装置（焼戻し帯保熱装置）18、冷却装置（焼戻し帯冷却装置）19 の順に構成されている。

【0014】

本発明の鋼板製造設備 1 には、少なくとも均熱帯 8 と焼戻し帯 16 に鋼板表面の温度を測定する温度測定装置 20 が設置されており、鋼板の温度変化を監視できるようになっている。また、均熱帯 8 出側から焼戻し帯 16 出側までのうちの少なくとも 1 箇所、鋼板 1 のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置 21 を備えていてもよい。

10

【0015】

また、本発明の鋼板製造設備 1 は、管理装置 30 を有してよく、管理装置 30 は、温度測定装置 20 で測定した焼戻し帯 16 での鋼板加熱温度に基づいて、鋼板 S の伸び値および穴広げ率を含む機械特性値を予測する機械特性予測部 31 と、機械特性予測部 31 で予測した機械特性値を鋼板 S の目標機械特性値（目標の伸び値、目標の穴広げ率等）に補正し、補正された機械特性値に基づいて熱処理条件を決定する熱処理条件演算部 32 と、熱処理条件演算部 32 で決定した熱処理条件に基づいて、連続焼鈍設備 5 を構成する各設備のうち、少なくとも均熱帯 8 での鋼板加熱温度を制御する熱処理条件制御部 33 とを有する。

本発明の鋼板製造設備 1 は、機械特性予測部 31、熱処理条件演算部 32 および熱処理条件制御部 33 を有することで、得られる鋼板の機械特性の所望の機械特性からの変動を抑制することができる。

20

これらの装置の機能の詳細については、図 2 を参照しながら後述する。

【0016】

<各設備の詳細>

本発明の鋼板製造設備 1 が有する各設備の詳細について述べる。

【0017】

（1）予熱帯 6

常温～100℃程度の温度でペイオフリール 2 から払い出された鋼板 S は、ルーパー 4 を通過し、予熱帯 6 に進入する。

30

予熱帯 6 は、後述する加熱帯 7、均熱帯 8 でのエネルギー効率向上のために用いられるが、鋼板製造設備 1 が予熱帯 6 を有していても、予熱帯 6 では加熱せずに、鋼板搬送方向 X に、次の加熱帯 7 から薄鋼板等の鋼板 S を加熱し始めてもよい。予熱帯 6 で鋼板 S を加熱する場合、薄鋼板等の鋼板 S は 200℃程度まで加熱される。予熱帯 6 の加熱方法は、次の加熱帯 7 で生じる高温の排気を利用する方式が考えられるが、目標の温度に到達すれば特に限定されない。

【0018】

（2）加熱帯 7

続いて、鋼板 S は加熱帯 7 に進入し、鋼板温度は均熱帯での保持時間を最大限確保するために焼鈍温度（均熱温度）と同程度の 600～700℃まで加熱される。加熱帯 7 では、加熱能力が高く炉の容積を小さくできることに加え、鋼板 S にめっきを施す場合には、後の工程でのめっき性確保のために鋼板表面の酸化還元反応を柔軟に制御可能であることから、直火加熱炉方式を採用することが好ましい。この方式により、短時間で目的の温度まで加熱することが可能となり、鋼板表面の状態の制御が容易となる。

40

【0019】

（3）均熱帯 8

続く均熱帯 8 では、加熱帯 7 で加熱された鋼板に対して、目標の焼鈍温度に向けての緩やかな加熱および焼鈍温度での保持を行う。

均熱帯 8 では、A1 変態点未満の温度まで加熱および保持を行う。これにより、α 相の再結晶が進行し、圧延によって過度に微細化された結晶粒を適度に粗大化することができる

50

。また、均熱帯 8 出側において α 相と γ 相の相分率が調整可能になり、その後の冷却と組み合わせによって製品の機械特性を制御することができる。

さらに、未再結晶 α 相の残留を抑制するためには、上記温度域での滞在時間を 20 ～ 60 秒確保することが好ましい。滞在時間の制御は加熱速度で行い、加熱帯 7 から焼鈍温度到達までの加熱速度は $10^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とすることが好ましく、より好ましくは $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とする。

鋼板（薄鋼板）S の均熱帯 8 での加熱方式としては、効率と加熱均一性の高さからガス燃焼による輻射加熱（ラジアントチューブ加熱）方式を採用することが好ましい。加えて、均熱帯出口付近で鋼板温度を安定化させるために、これらの加熱方式によって、均熱帯の炉温は目標焼鈍温度 $+0 \sim 50^{\circ}\text{C}$ の範囲であることが好ましく、より好ましくは目標焼鈍温度 $+5 \sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲で制御する。

均熱帯 8 は、図 1 に示すように上下に配置した搬送ロール間で鋼板 S を往復させることで炉内の滞在時間を確保してよい。また、炉自体の構造は入口から出口まで一体としてもよいが、再結晶域から焼鈍温度までの加熱を担う調整帯と焼鈍温度での保持を担う保持帯とで炉殻を分離してもよい。これにより、細かな温度制御が要求される保持帯の炉体積を小さくし制御性を向上させることもできる。

【0020】

（4）冷却帯 10（第 1 冷却帯 10A、第 2 冷却帯 10B）

均熱帯 8 で目標焼鈍温度まで加熱された後、鋼板 S は冷却帯 10 へと搬送され冷却が行われる。冷却速度不足による冷却中のフェライト変態を防止するという理由と、冷却速度過剰による冷却停止後の急激なベイナイト変態を防止するという理由から、冷却速度の範囲は、 $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とすることが好ましい。めっき工程よりも上流でマルテンサイト変態を生じさせず、一部のオーステナイト相をベイナイト相へと変態させるために、冷却停止温度はマルテンサイト変態開始温度以上 550°C 以下とすることが好ましく、 450°C 以上 550°C 以下の範囲に収めることがより好ましい。

また、ベイナイト変態を十分進行させるために、冷却停止温度到達後に 1 秒以上 100 秒以下保持をすることが好ましく、20 秒以上 50 秒以下保持をすることがより好ましい。冷却方式は、圧縮した気体噴流を衝突させるガスジェット冷却や、冷媒を内部に通したロールとの接触で冷却するロール冷却、水噴流による水冷や圧縮ガス微小水滴を混合したミスト冷却などが考えられるが、特に限定されない。後述の本実施例では、目標となる冷却速度を確保しつつ、沸騰による不安定な温度変化を起こさず、冷却停止温度を高精度に制御できるガスジェット冷却を採用した。

また、図 1 に示すように、冷却後にベイナイト変態をより進行させるために緩冷却または保熱を行う場合は、冷却帯 10 は、第 1 冷却帯（急速冷却帯）10A と第 2 冷却帯（緩冷却・保熱帯）10B の二つに分割してもよい。

【0021】

（5）めっき浸漬帯 12（溶融亜鉛めっき浸漬帯）、めっき合金化帯 13 および保熱帯 14

冷却帯 10 で組織制御を行った後、鋼板 S は焼鈍後熱処理設備 11 に搬送される。鋼板 S にめっき処理を施す場合には、焼鈍後熱処理設備 11 は鋼板めっき設備としてよく、鋼板 S はこの鋼板めっき設備に搬送されて、めっき浸漬帯 12 でめっき処理（例えば、亜鉛めっき処理）が行われる。

本発明では、めっきの方式としては、溶融した亜鉛を蓄えた亜鉛めっき浴へと鋼板を浸漬させる溶融亜鉛めっき法を採用してよい。なお、めっき浴通過後に亜鉛の付着量を制御するために、焼鈍後熱処理設備（鋼板めっき設備）11 は、余剰の溶融亜鉛を掻きとる装置を備えてもよい。

めっき浸漬帯 12 の工程の下流には、Zn-Fe 合金化反応を進めるためのめっき合金化帯 13 が備えられていてよい。このときの鋼板温度は 430°C 程度まで低下しているため、めっき合金化帯 13 では合金化反応に必要な温度（ 500°C 程度）まで昇温される。めっき合金化帯 13 での加熱方法は、燃焼排ガスによるガス加熱方式や誘導加熱、通電加

熱方式などが考えられるが、特に限定されない。本発明では、めっき表面への影響が小さく、細かな出力制御が可能な誘導加熱方式を採用してよい。合金化反応の進行に必要な時間を確保する目的で、めっき合金化帯 1 3 の下流側に保熱帯 1 4 を設置してもよい。

【0022】

(6) 急速冷却帯 1 5

鋼板 S にめっき処理を施す場合（焼鈍後熱処理設備 1 1 を鋼板めっき設備とする場合）、めっき合金化帯 1 3 または保熱帯 1 4 に続いて、めっき合金化反応が完了した後、未変態のオーステナイト相をマルテンサイト組織へと変態させるための急速冷却帯 1 5 が設置されている。鋼板 S にめっき処理を施さない場合、急速冷却帯 1 5 は、鋼板搬送方向 X に、冷却帯 1 0 の下流に設置されてよい。

急速冷却帯 1 5 での冷却方式としては、圧縮した気体噴流を衝突させるガスジェット冷却や、水噴流による水冷、圧縮ガス、微小水滴を混合したミスト冷却などが考えられるが、特に限定されない。本発明では、急速冷却を実現しつつ、冷却停止温度を高精度に制御するために、ミスト冷却とガスジェット冷却を組み合わせたものを使用してよい。鋼板 S にめっき処理を施す場合、めっき合金化帯 1 3 または保熱帯 1 4 を通過し、350～450℃程度となった鋼板 S を、急速冷却帯 1 5 でマルテンサイト変態開始温度以下まで冷却する。過剰なベイナイト変態を防ぎつつ望んだ分率のマルテンサイト組織を得るため、このときの冷却速度は、50℃/s 以上であることが好ましい。

一方、冷却速度の上限は特に設けないが、過度な急速冷却を行うと冷却時の熱変形により鋼板の平坦度が崩れる可能性があるため、冷却速度は1000℃/s 以下とすることが好ましい。また、冷却停止温度は冷却後の自己焼き戻しを防ぐために200℃以下とすることが好ましい。

【0023】

(7) 焼戻し帯 1 6

急速冷却帯 1 5 でマルテンサイト組織を作りこんだ後、焼戻し帯 1 6 にて焼戻しを行う。焼戻し帯 1 6 は、入口から鋼板搬送方向 X に、加熱装置（焼戻し帯加熱装置）1 7、保熱装置（焼戻し帯保熱装置）1 8、冷却装置（焼戻し帯冷却装置）1 9 の順に構成されている。加熱装置 1 7 での加熱温度はマルテンサイト組織を維持しつつ焼戻しによる靱性の向上の効果を得る250℃以上500℃以下であることが好ましく、より好ましくは300℃以上400℃以下とする。保熱装置 1 8 では、加熱装置 1 7 で加熱された鋼板の温度を保持し、保熱装置 1 8 での保持時間は、焼戻しの効果を十分に得つつ、過剰なライン長の拡大を防ぐために、20秒以上100秒以下とすることが好ましく、より好ましくは30秒以上60秒以下とする。

その後、冷却装置 1 9 では、鋼板 S に対して常温まで冷却を行う。本構成により、適切な焼戻し処理を行うことができ、目標の機械特性が得られる。加熱装置 1 7 での加熱は、ガスバーナ、通電加熱、誘導加熱などの方法から選択できるが、本発明では、制御性の観点から誘導加熱方式を採用してよい。保熱装置 1 8 は、装置内の温度均一性の観点から電気ヒーターによるヒーター本体および炉壁からの輻射加熱方式を採用することが好ましいが、特に限定されない。定常状態では、炉温が目標焼戻し温度とほぼ同程度となるように制御を行ってよい。冷却装置 1 9 は、冷却効率の観点からミスト冷却方式とし、冷却と同時に表面に付着した水分を除去するためにガスジェット装置も設置することが好ましいが、目標冷却速度に調整できれば特に限定されない。

【0024】

(8) 温度測定装置 2 0

上述の各帯のうち、少なくとも均熱帯 8 と焼戻し帯 1 6 には、鋼板の表面温度を測定する温度測定装置（温度計）2 0 が設置されている。これらの温度測定装置 2 0 によって、熱処理中の鋼板 S の温度履歴を知ることが可能になる。均熱帯 8 のように設備長が長い設備に設ける場合は、途中の温度履歴を確認するために帯内にも温度計を設置してもよい。上記温度計の各帯内における設置位置は、具体的には、例えば、均熱帯 8 においては、均熱帯入口（＝加熱帯出口）、均熱帯途中、均熱帯出口が挙げられる。また、上記温度計の

各帯内における設置位置は、焼戻し帯 16 においては、焼戻し帯入口、焼戻し帯中間、焼戻し帯出口が挙げられる。

温度測定装置 20 による温度測定の方式は特に限定されないが、鋼板が発する赤外線を感じて温度を測定する放射温度計とすることが好ましい。放射温度計は、周囲の炉体が発する赤外線の反射光の影響を受けるため、放射温度計に備えられる測定部から検出部までの間に覆いを設けてもよい。また、放射温度計は、鋼板表面の放射率の影響も受けるため、温度測定方法としては、炉内搬送ロールと鋼板 S の間のくさび状の空間を利用した多重反射式の測定方法を採用してもよい。

【0025】

(9) 変態率測定装置 21

均熱帯 8 出側から焼戻し帯 16 出側までにおいて、鋼板 S のオーステナイト分率を測定する変態率測定装置 21 が 1 箇所以上備え付けられていることが好ましい。

これは、測定したオーステナイト分率に基づいて、鋼板 S の機械特性値（例えば、伸び値、穴広げ率）を予測することによって、焼戻し帯 16 での鋼板加熱温度のみから鋼板 S の伸び値や穴広げ率等の機械特性値を予測するよりも、鋼板 S の機械特性値の予測精度が向上するためである。この変態率測定装置 21 によって、目標焼鈍温度到達後の鋼板の α 相および γ 相の分率（変態率）の情報を取得できる。

この変態率測定装置 21 は、測定したオーステナイト分率に基づき、連続焼鈍設備 5 の操業条件を調整する目的で設けられ、所望の機械特性を安定して得ることを可能とする。

変態率の測定方式は特に限定されないが、変態率測定装置 21 は、磁気検出器、すなわち鋼板 S（鋼帯）の磁気変態率を測定する装置としてよく、磁場を発生する駆動コイルと、鋼板 S を通過した磁場を測定する検出コイルとから構成される磁気変態率測定装置として、オーステナイト分率を測定することができる。

他の手法としては、例えば、X 線回折法を応用した方式を採用してもよい。この X 線回折法を応用した方式では、 γ 相と α 相は結晶構造の差異により、鋼板に X 線を照射すると各々固有の角度で回折ピークを生じるため、この回折ピーク強度によりオーステナイト分率を定量化することができる。

【0026】

（機械特性値（伸び値、穴広げ率））

本発明の鋼板 S の機械特性値として、伸び値は、例えば、JIS Z 2241（2011）の試験方法に基づいて決定する。

伸び値を測定するためのサンプルは、本発明における焼戻し帯冷却装置 19 による処理後、且つコイラー巻取り直前にシャーカットされた鋼板から採取することが好ましい。また、1 コイルにつき、サンプルは操業中コイルの先端および尾端から採取される。

本発明の鋼板 S の機械特性値として、穴広げ率は、例えば、JIS Z 2256（2010）の試験方法に基づいて決定する。

穴広げ率を測定するためのサンプルは、コイラー巻取り直前にシャーカットされた鋼板から採取することが好ましい。また、1 コイルにつき、サンプルは操業中コイルの先端および尾端から採取される。

【0027】

<制御方法>

図 2 は、本発明における鋼板製造設備の制御方法を説明するためのフロー図である。

管理装置 30 が有する機械特性予測部 31、熱処理条件演算部 32、熱処理条件制御部 33 の構成とこれらが行う処理について、図 2 のフローチャートを参照しながら説明する。

【0028】

(1) 機械特性予測部 31、機械特性予測ステップ

鋼板製造設備 1 において、新規鋼板 S を製造し（ステップ S1）、鋼板 S（コイル）のつなぎ目部分において、すなわち、先行材と後行材との接続位置で、製造条件の変更が必要となるコイルであるか否かを判定する（ステップ S2）。製造条件の変更が必要ない場

10

20

30

40

50

合、製造条件は変更せずに、鋼板製造設備 1 は、鋼板 S の製造を続ける。このステップ S 2 における判定は、鋼板製造設備 1 の管理装置 3 0 内の制御部（図示せず）が行ってもよいし、鋼板製造設備 1 が有するその他の制御部（図示せず）が行ってもよい。

例えば、先行材と後行材とで、板厚、鋼成分組成、目標機械特性が異なる場合、管理装置 3 0 は製造条件の変更を必要と判定する。

製造条件の変更が必要である場合は、機械特性予測ステップ S 3 において、機械特性予測部 3 1 が、焼戻し帯（再加熱帯）1 6 での作業条件（鋼板加熱温度）に基づいて、鋼板 S（後行材）の機械特性値を予測する。機械特性値としては、伸び値と穴広げ率とが挙げられる。

機械特性予測部 3 1 に入力する作業条件としては、その他に、均熱帯 8 より下流側の設備での作業条件が挙げられ、この作業条件において後行材が焼戻し帯（再加熱帯）1 6 までの工程を完了した際の機械特性を予測する。このとき、変態率測定装置 2 1 で測定したオーステナイト分率結果をさらに作業条件に加え、このオーステナイト分率と作業条件とに基づいて、機械特性値の予測を実施することで、機械特性値の予測精度が向上する。温度測定だけでは組織を間接的に予測するということになるため、さらに直接オーステナイト分率を測定することで、熱処理工程を経た後の機械特性の予測精度が向上する。

機械特性予測部 3 1 が行う機械特性の予測方法としては、伸び値、穴広げ率に関しては、例えば、熱処理の実験の結果を元に回帰分析を行って算出した実験式や、作業条件と材質測定結果を基にしたデータサイエンスによる方式によって構築された伸び値予測データベース等を用いる方法が考えられるが、特に限定されない。

本発明では新規品種への予測精度を向上させるという観点から、各鋼板の熱処理の実験結果を基にした回帰分析の方法を用いることができる。この手順としては実機を模擬した熱処理をオフラインや実験にて行い、その際に、伸び値であれば、J I S Z 2 2 4 1（2 0 1 1）の試験方法の結果に基づいて回帰分析を行い、穴広げ率であれば、J I S Z 2 2 5 6（2 0 1 0）の試験方法の結果に基づいて回帰分析を行って、伸び値、穴広げ率を予測する。

機械特性予測部 3 1 は、上記の伸び値予測データベースを有する記憶部 3 4 にデータを記録したり、該データに基づいて鋼板 S の伸び値等を予測したりすることができる。

【0 0 2 9】

（2）熱処理条件演算部 3 2、熱処理条件演算ステップ

熱処理条件演算ステップ S 4 では、機械特性予測ステップ S 3 において機械特性予測部 3 1 が予測した鋼板 S（後行材）の機械特性値を、目標機械特性値に補正し、補正された機械特性値に基づいて連続焼鈍設備 5 での熱処理条件を演算する。

ここでいう補正とは、熱処理条件を演算するための機械特性値を、予測された機械特性値から予め設定された目標機械特性値に変更することを指す。

このとき、熱処理条件演算部 3 2 は、均熱帯 8 での鋼板加熱条件の変更のみで目標機械特性値に補正可能と判断した場合（ステップ S 5）、均熱帯 8 での鋼板加熱温度の条件を演算し、決定する（ステップ S 6 a）。

一方、均熱帯 8 での鋼板加熱温度の変更のみでは、目標機械特性値に補正することはできないと判断した場合（ステップ S 5）、熱処理条件演算装置 3 2 は、均熱帯 8 の加熱温度の他に、さらに冷却帯 1 0 での鋼板冷却条件を演算する（ステップ S 6 b）。

熱処理条件（均熱帯 8 での鋼板加熱温度、冷却帯 1 0 での鋼板冷却条件）の決定方法としては、例えば、実験の結果を元に回帰分析を行って算出した実験式や、作業条件と材質測定結果を基にしたデータサイエンスによる方式によって構築された熱処理条件データベースを用いる方法が考えられるが特に限定されない。本発明では、新規品種への予測精度の観点から、各鋼板の熱処理の実験結果を基にした回帰分析の方法を用いることができる。この手順としては実機を模擬した熱処理をオフラインや実験にて行い、その結果に基づいて回帰分析を行って伸び値、穴広げ率等を予測することができる。

冷却帯 1 0 の鋼板冷却条件としては、特に限定されないが、例えば、冷却帯 1 0 での冷却停止温度、冷却速度が挙げられる。これらの冷却停止温度や冷却速度は、冷却帯 1 0 内

に設置された温度計にて測定することにより得ることができる。

熱処理条件演算部 3 2 は、上記の熱処理条件データベースを有する記憶部 3 4 にデータを記録したり、該データに基づいて鋼板 S の熱処理条件の演算および決定を行ったりすることができる。

【0030】

(3) 熱処理条件制御部 3 3、熱処理条件制御ステップ

熱処理条件制御ステップ S 7 では、熱処理条件制御部 3 3 が、熱処理条件演算部 3 2 で決定した熱処理条件に基づいて、均熱帯 8 での鋼板加熱温度、あるいはさらに冷却帯 1 0 での鋼板冷却条件を制御する。

上記熱処理条件に基づいて、均熱帯 9 での鋼板加熱温度のみならず、さらに冷却帯 1 0 での鋼板冷却条件を制御することで、鋼板 S (後行帯) の機械特性 (伸び値、穴広げ率) はより精度よく制御することができる。

【0031】

(4) 定常状態への移行

管理装置 3 0 は、焼戻し帯 (再加熱帯) 1 6 で測定された鋼板加熱温度に基づいて決定した熱処理条件が、後行材の目標熱処理条件を満たしているか否かを判定する (ステップ S 8)。後行材の目標熱処理条件を満たしていると判定した場合、管理装置 3 0 は、前述した機械特性予測ステップ S 3、熱処理条件演算ステップ S 4、熱処理条件制御ステップ S 7 での制御を停止し、後行材について、上記の目標熱処理条件以外の熱処理条件 (定常熱処理条件) の調整 (定常状態への移行) を行う。ここでいう、定常状態は、目標熱処理条件を含め、熱処理条件が所望の条件に到達している状態のことを指す。これにより、本発明における鋼板製造設備の制御の処理は終了する。一方、後行材の目標熱処理条件を満たしていないと判定した場合、再度機械特性予測が行われる (ステップ S 3)。

【0032】

図 2 を参照しながら説明した制御を行うことで、例えば、制御遅れが生じ、後行材の目標となる焼戻し条件に対して、焼戻し帯 1 6 での操業条件が異なり、所望の機械特性値が得られなくなることが懸念される場合でも、鋼板加熱温度の情報を機械特性予測部 3 1 に入力し、目標機械特性値に補正するために必要な連続焼鈍設備 5 での熱処理条件を熱処理条件演算部 3 2 で演算し、熱処理条件制御部 3 3 により均熱帯 8 および／または冷却帯 1 0 の熱処理条件を制御することで焼戻し帯 1 6 での制御遅れを打ち消すことができる。このようにして、得られる鋼板について、機械特性の所望の機械特性からの変動を小さくすることができ、従来の鋼板製造設備と比べ、目標の機械特性を長手方向にわたって安定的に得ることが可能になる。

【実施例】

【0033】

上述した本発明の実施形態に係る鋼板製造設備を用いて、薄鋼板 (コイル、鋼帯) を製造した。製品の機械特性のばらつきと歩留まりを調べるために強度レベルが 7 8 0 M P a 級、9 8 0 M P a 級、1 1 8 0 M P a 級である 3 種類の製品を続けて製造した。各強度別に 5 本ずつ続けて通板し、3 種類計 1 5 本を 1 セットとして 1 0 セット分、合計 1 5 0 本を各例で製造した。板厚は 1. 0 ~ 2. 0 m m の範囲で、セット内ではほぼ一定の板厚となるように製造順を決定し、徐々に板厚が変化するセットを繋げて製造した。また、同一セット内に含まれる同一強度の製品は、連続鑄造機において全て異なるロットで鑄造されたスラブを素材として製造した。より具体的には、製造管理範囲内ではあるが各スラブの化学成分はばらついており変態挙動も均一にはなっていない。

【0034】

各々のスラブは常法で熱間圧延、酸洗、必要に応じ焼鈍、冷間圧延を施した後、従来の焼鈍設備または本発明の焼鈍設備を用いて熱処理し、その後冷却、めっき等の後処理を実施した。最終製品のコイル先端から 1 0 m 位置で採取されたサンプルの測定結果を代表値として同一強度の製品同士の特性ばらつきを調べた。また、異なる強度の製品同士の接続位置では、接続位置から前後 1 0 0 m の範囲で 1 0 m おきに分析用のサンプルを採取し、

機械特性が出荷基準を満たさない領域を調べ、元のコイル長に対する出荷可能な長さの割合を接続部の歩留まりとして算出した。接続部の歩留まりは90%以上を合格とした。

なお、引張り試験片はJIS 5号とし、引張り試験はJIS Z 2241 (2011)に従って行った。780MPa、980MPa、1180MPa級の各強度において、必要な強度範囲はそれぞれ780MPa以上、980MPa以上、1180MPa以上、延性は17%以上、15%以上、12%以上である。

また、穴広げ試験は、JIS Z 2256 (2010)に従って行った。必要な穴広げ率は、780MPa級、980MPa級、1180MPa級の各強度において、65%以上、50%以上、40%以上である。

【0035】

焼鈍炉の操業条件は、鋼板温度が各製品の規定範囲に収まるように制御した。ライン速度は60～120m/minの範囲で製造し、板厚による鋼板温度の変化を制御した。加熱帯（直火加熱）出口の鋼板温度は600～700℃の範囲に収め、焼鈍温度は750～870℃の範囲とした。均熱帯の炉温は出口の鋼板温度が目標値となるよう制御した。その後、冷却や溶融亜鉛めっき、合金化処理等を経て最終製品から材料試験片を複数採取し機械特性のばらつきを調査した。

【0036】

表1に各製造条件による製造結果を示す。

【0037】

【表 1】

	焼戻し帯	焼戻し帯と 焼鈍設備の 運動制御	焼戻し帯と 冷却帯の 運動制御	変態率 測定装置	ライン速度 [mpm]	加熱帯出口 鋼板温度[°C]	焼鈍温度 [°C]	焼戻し 温度[°C]	グレード	TS実績 [MPa]	延性実績 [%]	穴広げ率 実績 [%]	接続部 歩留まり[%]
比較例1	無し	未実施	未実施	無し	60～120	600～700	750～830	-	780MPa 980MPa 1180MPa	760～830 970～1060 1160～1260	15～19 11～15 5～10	64～68 48～53 38～43	- - -
比較例2	有り	未実施	未実施	無し	60～120	600～700	750～830	300～400	780MPa 980MPa 1180MPa	760～830 970～1060 1160～1260	19～22 15～18 10～12	65～68 48～52 38～42	80 70 60
比較例3	有り	未実施	未実施	有り	60～120	600～700	740～850	300～400	780MPa 980MPa 1180MPa	780～795 985～1000 1185～1195	18～22 15～19 11～14	63～67 48～53 39～43	80 70 60
実施例1	有り	実施	未実施	無し	60～120	600～700	730～860	300～400	780MPa 980MPa 1180MPa	780～800 985～1005 1185～1200	19～22 16～19 12～15	65～68 50～53 40～43	99 99 99
実施例2	有り	実施	実施	無し	60～120	600～700	730～870	300～400	780MPa 980MPa 1180MPa	780～795 985～1000 1185～1195	20～22 17～19 13～15	66～68 51～53 41～43	99 99 99
実施例3	有り	実施	実施	有り	60～120	600～700	730～870	300～400	780MPa 980MPa 1180MPa	780～793 985～998 1185～1193	21～22 18～19 14～15	67～68 52～53 42～43	99 99 99

比較例 1 は、引用文献 1 に記載の予熱帯、加熱帯、均熱帯、冷却帯、めっき帯、めっき合金化帯、最終冷却帯から構成される従来の C G L を用いて、上記の素材から製品を製造した例である。

比較例 2 は、比較例 1 に対してめっき合金化帯の後に焼戻し帯を設けた例である。

比較例 3 は、比較例 2 の焼鈍炉出側（冷却帯の後）に、誘導加熱装置を設けた例である。

これらの比較例では、焼戻し帯（再加熱帯）を用いた場合でも、焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づく連続焼鈍設備の制御は「未実施」とした。

【0039】

表 1 に示すように、比較例 1 では、同一強度の製品内での T S は大きくばらつき、グレード毎の下限値を下回るものも存在した。また、焼戻し帯における焼戻しを実施していないため、延性の合格基準を満たすものを製造することができず、接続部での歩留まりを算出できなかった。表 1 では、「－」と示す。

【0040】

比較例 2 では、焼戻し帯における焼戻しを行うことで、比較例 1 より延性が向上し、合格基準内の製品を製造することが可能になったが、焼鈍炉での加熱温度や焼戻し帯の制御遅れが生じることで、鋼板温度の制御が目標から外れる部分が多く、さらにコイル内でも機械特性のばらつきは大きく、また、接続部では材試基準を見たさない領域が広く発生しており、接続部での歩留まりは低位となっていた。

【0041】

比較例 3 では、誘導加熱装置によって焼鈍温度の制御範囲が広がり、T S 外れは発生しなかった。しかしながら、焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づく連続焼鈍設備の制御を行わなかったため、延性のばらつきは大きく、合格基準を満たさないものが発生した。また、接続部での歩留まりも十分に改善しなかった。

【0042】

これらの比較例に対し、実施例 1 は、本発明における鋼板製造設備の制御方法を用いて、上記の素材から製品を製造した結果である。

実施例 3 は、実施例 1 の誘導加熱装置下流に変態率測定装置を設置した例である。

実施例 1、2、3 では、焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づく連続焼鈍設備の制御を「実施」した。

その結果、コイルの接続部において、焼戻し帯での鋼板加熱温度に基づいて、連続焼鈍設備を制御することで、接続部の製品であっても溶接部近傍を除いてほぼすべてが出荷可能と判定された。さらに、変態率測定装置で測定したオーステナイト分率に基づいて焼鈍温度を制御することで T S のばらつきがさらに改善した。

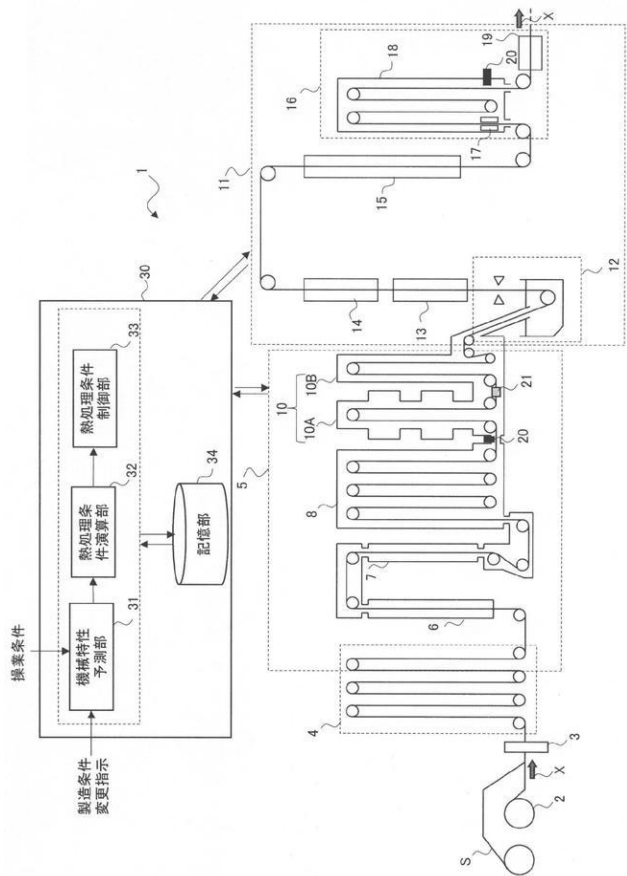
【符号の説明】

【0043】

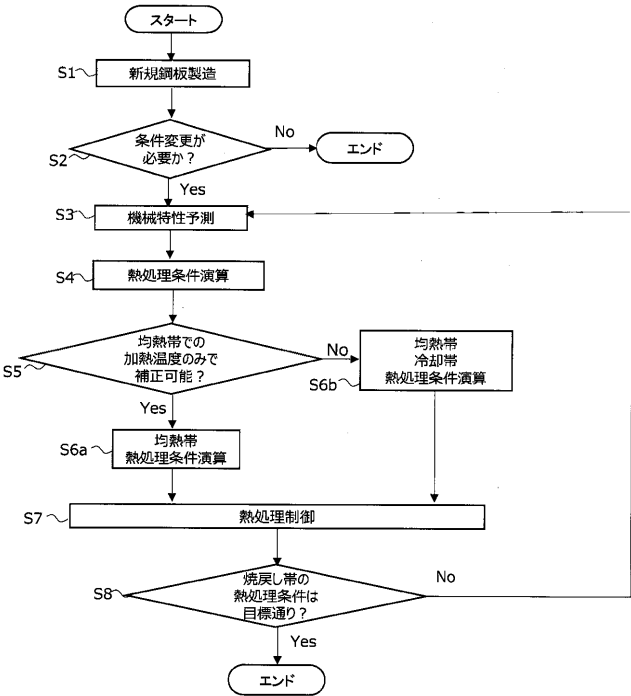
- S 鋼板
- X 鋼板搬送方向
- 1 鋼板製造設備
- 2 ペイオフリール
- 3 ウエルダー
- 4 ルーパー
- 5 連続焼鈍設備
- 6 予熱帯
- 7 加熱帯
- 8 均熱帯
- 10 冷却帯
- 10A 第 1 冷却帯
- 10B 第 2 冷却帯
- 11 焼鈍後熱処理設備（鋼板めっき設備）

- 1 2 めっき浸漬帯
- 1 3 めっき合金化帯
- 1 4 保熱帯
- 1 5 急速冷却帯
- 1 6 焼戻し帯
- 1 7 焼戻し帯加熱装置
- 1 8 焼戻し帯保熱装置
- 1 9 焼戻し帯冷却装置
- 2 0 温度測定装置
- 2 1 変態率測定装置
- 3 0 管理装置
- 3 1 機械特性予測部
- 3 2 熱処理条件演算部
- 3 3 熱処理条件制御部
- 3 4 記憶部

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 武田 玄太郎

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 川崎 由康

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

Fターム(参考) 4K038 AA01 BA01 CA01 CA02 CA03 DA01 EA01 FA02

4K043 AA01 BB03 BB04 BB06 BB08 CA01 CA02 CA04 CA05 CB03 CB04 CB06 DA04 DA05

EA06 FA03 FA12 FA13 GA10 HA04