

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4846680号
(P4846680)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 1 B 38/02 (2006.01) B 2 1 B 37/00 1 1 6 M
B 2 1 B 37/00 (2006.01) B 2 1 B 37/00 B B M

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-232651 (P2007-232651)
 (22) 出願日 平成19年9月7日(2007.9.7)
 (65) 公開番号 特開2009-61484 (P2009-61484A)
 (43) 公開日 平成21年3月26日(2009.3.26)
 審査請求日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(73) 特許権者 000006655
 新日本製鐵株式会社
 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 國分 孝悦
 (72) 発明者 倉浪 清仁
 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
 審査官 國方 康伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サーマルクラウン予測方法及びサーマルクラウン予測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被圧延材を圧延するためのロールのサーマルクラウンを予測するサーマルクラウン予測方法であって、

前記被圧延材の圧延開始時に、当該被圧延材の圧延終了後のサーマルクラウンを、所定又は任意の時間毎に計算する計算ステップと、

前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されたか否かを判定する判定ステップと、

前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されていない場合には、前記計算ステップにより計算されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出する導出ステップと、を有することを特徴とするサーマルクラウン予測方法。

【請求項2】

前記導出ステップは、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得された場合には、当該圧延実績を用いて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出することを特徴とする請求項1に記載のサーマルクラウン予測方法。

【請求項3】

前記被圧延材の圧延が終了してから、当該被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延が

10

20

開始されるまでの時間を計算する第2の計算ステップを有し、

前記導出ステップは、前記第2の計算ステップにより計算された時間に対応するサーマルクラウンを、前記計算ステップにより計算されたサーマルクラウンに基づいて導出することを特徴とする請求項1又は2に記載のサーマルクラウン予測方法。

【請求項4】

前記導出ステップにより導出されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材を圧延するための圧延機を制御する制御ステップを有することを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載のサーマルクラウン予測方法。

【請求項5】

被圧延材を圧延するためのロールのサーマルクラウンを予測するサーマルクラウン予測装置であって、

前記被圧延材の圧延開始時に、当該被圧延材の圧延終了後のサーマルクラウンを、所定又は任意の時間毎に計算する計算手段と、

前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されたか否かを判定する判定手段と、

前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されていない場合には、前記計算手段により計算されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出する導出手段と、を有することを特徴とするサーマルクラウン予測装置

。

【請求項6】

前記導出手段は、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得された場合には、当該圧延実績を用いて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出することを特徴とする請求項5に記載のサーマルクラウン予測装置。

【請求項7】

前記被圧延材の圧延が終了してから、当該被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延が開始されるまでの時間を計算する第2の計算手段を有し、

前記導出手段は、前記第2の計算手段により計算された時間に対応するサーマルクラウンを、前記計算手段により計算されたサーマルクラウンに基づいて導出することを特徴とする請求項5又は6に記載のサーマルクラウン予測装置。

【請求項8】

前記導出手段により導出されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材を圧延するための圧延機を制御する制御手段を有することを特徴とする請求項5～7の何れか1項に記載のサーマルクラウン予測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サーマルクラウン予測方法及びサーマルクラウン予測装置に関し、特に、熱間圧延を行うためのロールのサーマルクラウンを予測するために用いて好適なものである

。

【背景技術】

【0002】

従来から、熱間圧延を行うに際し、圧延を行うためのワークロールのサーマルクラウンを予測することが行われている。サーマルクラウンとは、被圧延材を圧延するワークロールの熱膨張に起因する物理量である。このサーマルクラウンを正確に予測し、予測した結果を熱間圧延の制御に反映させることができれば、圧延機に対して適切な設定を行うことができ、熱間圧延を高精度に行うことができる。

【0003】

サーマルクラウンを予測する技術として、ロールバイトの入側と出側でのワークロール

10

20

30

40

50

の半径方向における熱移動の変化量から、ワークロールと被圧延材との接触部の熱伝達係数を算出する技術があった（特許文献1を参照）。

また、ワークロールが被圧延材と接触する部分の周方向の長さである接触弧長と、ワークロールの周速とにより、熱間圧延におけるワークロールのサーマルクラウンを予測するに際し、被圧延材を圧延する際の圧延荷重もその予測に反映させる技術もあった（特許文献2を参照）。

【0004】

【特許文献1】特開2006-346682号公報

【特許文献2】特開2005-262312号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、熱間圧延では、被圧延材を断続的に圧延する、所謂バッチ圧延が行われている。そして、燃料原単位を改善するために（熱間圧延の高効率化を図るために）、先行する被圧延材の圧延終了タイミングと、次の被圧延材の圧延開始タイミングとの間隔（アイドルタイム）を短くすることが求められている。

【0006】

しかしながら、前述した従来の技術では、圧延終了時のサーマルクラウンの実績値から、アイドルタイム中のサーマルクラウン（すなわち、次の被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウン）を別途計算する必要があった。したがって、アイドルタイムが短くなると、アイドルタイム中のサーマルクラウンを計算する時間をとることができない場合があった。よって、このような場合には、次の被圧延材を圧延しているときのサーマルクラウンの予測に誤差が生じ、その誤差により板クラウン、板形状、更には通板が悪化してしまう虞があった。

【0007】

例えば、ワークロールのサーマルクラウンが予測値に比べて大きい場合、被圧延材はその板幅中央部が予測よりも大目に薄く伸ばされ、板長手方向に長くなる。よって、板厚が薄くなると共に板の形状が中伸び形状となり、その程度によっては薄くなった部分が開口したり、板幅方向に進展したり、板破断したりしてしまう。

逆に、ワークロールのサーマルクラウンが予測値に比べて小さい場合、被圧延材はその板幅端部が予測よりも大目に薄く伸ばされる。よって、板形状が耳波形状となり、その程度によっては後工程において通板速度が減速したり、不良部を除去する工程が必要になったりする等の影響を来す。

【0008】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、アイドルタイムが短い場合であっても、サーマルクラウンを出来るだけ正確に予測することができるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のサーマルクラウン予測方法は、被圧延材を圧延するためのロールのサーマルクラウンを予測するサーマルクラウン予測方法であって、前記被圧延材の圧延開始時に、当該被圧延材の圧延終了後のサーマルクラウンを、所定又は任意の時間毎に計算する計算ステップと、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されたか否かを判定する判定ステップと、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されていない場合には、前記計算ステップにより計算されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出する導出ステップと、を有することを特徴とする。

【0010】

本発明のサーマルクラウン予測装置は、被圧延材を圧延するためのロールのサーマルク

10

20

30

40

50

ラウンを予測するサーマルクラウン予測装置であって、前記被圧延材の圧延開始時に、当該被圧延材の圧延終了後のサーマルクラウンを、所定又は任意の時間毎に計算する計算手段と、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されたか否かを判定する判定手段と、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材に対する圧延機の設定を行う時刻に、前記被圧延材の圧延実績が取得されていない場合には、前記計算手段により計算されたサーマルクラウンに基づいて、前記被圧延材の次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出する導出手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、被圧延材の圧延開始時に、当該被圧延材の圧延終了後のサーマルクラウンを、所定又は任意の時間毎に計算しておき、当該被圧延材と、次に圧延される被圧延材とのアイドルタイムが短い場合には、計算しておいたサーマルクラウンに基づいて、当該次に圧延される被圧延材の圧延開始時におけるサーマルクラウンを導出するようにした。したがって、アイドルタイムが短い場合であっても、サーマルクラウンを従来よりも正確に予測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態を説明する。

図1は、熱間圧延設備の概略構成の一例を示した図である。

図1において、熱間圧延設備1は、加熱炉2と、粗圧延機3と、仕上げ圧延機4と、ランアウトテーブル5と、ストリップシャー6と、コイル巻き取り装置7と、HMD(Hot Metal Detector)8と、圧延制御装置9とを有している。

【0013】

加熱炉2は、図示していない圧延鋼板製造ラインから搬送されたスラブ10を所定の温度に加熱するためのものである。

粗圧延機3は、加熱炉2により加熱され、熱間圧延ラインに供給されたスラブ10を粗圧延し、被圧延材であるシートバー11を形成するためのものである。尚、粗圧延機3には、シートバー11の表面に高圧水を吹きつけて、その表面に形成されているスケールを除去するデスクーリング装置が設けられている。

HMD8は、仕上げ圧延機4に搬送されるシートバー11を検知するためのものである。

【0014】

仕上げ圧延機4は、例えば7台の圧延スタンドF1～F7によりシートバー11を連続的に仕上げ圧延し、ストリップ12を形成するためのものである。

尚、圧延スタンドF1、F2は、シートバー11を仕上げ圧延するためのワークロールWR1～WR4と、上記ワークロールWR1～WR4を支持するバックアップロールBR1～BR4とを有する4段圧延機である。

【0015】

また、圧延スタンドF3～F7は、ワークロールWR5～WR14と、バックアップロールBR5～BR14と、上記ワークロールWR5～WR14とバックアップロールBR5～BR14との間に配設される中間ロールIMR1～IMR10とを有する6段圧延機である。

また、仕上げ圧延機4のワークロールWR1～WR14に近接する位置には、ワークロールWR1～WR14を冷却する冷却スプレーが設けられている。

【0016】

ランアウトテーブル5は、仕上げ圧延機4により仕上げ圧延されたストリップ12を冷却するためのものである。

コイル巻き取り装置7は、一般にコイラーと称されるものであり、ランアウトテーブル5により冷却されたストリップ12を巻き取るためのものである。尚、本実施形態では、

10

20

30

40

50

2台のコイル巻き取り装置7a、7bによってストリップ12を交互に巻き取るようにしている。

ストリップシャー6は、コイル巻き取り装置7に所定の長さのストリップ12が巻き取られたときに、ストリップ12を切断するためのものである。

【0017】

圧延制御装置9は、ワークロールWR1~WR14のサーマルクラウンを制御するためのものである。前述したように、サーマルクラウンとは、被圧延材を圧延するワークロールの熱膨張に起因する物理量である。具体的に説明すると、サーマルクラウンは、被圧延材であるシートバー11が接触することにより生じるワークロールWR1~WR14の熱膨張量や、その熱膨張量のワークロールWR1~WR14の軸方向における分布に関する物理量である。

10

以上が熱間圧延設備1の概略構成であるが、図1に示した熱間圧延設備1は、ワークロールのサーマルクラウンを制御するための設備の一例を示したものに過ぎない。したがって、熱間圧延設備1は、図1に示したものに限定されない。尚、本実施形態では、被圧延材であるシートバー11が接触することにより生じるワークロールWR1~WR14の熱膨張量を、サーマルクラウン(サーマルクラウン量)として予測する場合を例に挙げて説明する。

【0018】

図2は、サーマルクラウン予測装置の一例である圧延制御装置の機能的な構成の一例を示すブロック図である。図2に示すような圧延制御装置9は、CPU、ROM、RAM、HDD、及びインターフェース等を備えるコンピュータを用いることにより実現することができる。また、図3は、圧延制御装置によりサーマルクラウン量が制御されるワークロールの断面図を示した図である。ワークロールWR1~WR14は、図3に示すように、芯材31と外層材32とを有している。

20

【0019】

図2において、圧延状態判定部21は、仕上げ圧延機4の状態や、仕上げ圧延機4における仕上げ圧延の状態を、仕上げ圧延機4から送信される情報に基づいて判定する。例えば、圧延状態判定部21は、圧延が開始されたか否か(シートバー11の先端がワークロールWRに噛み込まれたか否か)を判定する。また、圧延状態判定部21は、圧延が終了したか否か(シートバー11の尾端がワークロールから抜けたか否か)を判定する。この他、圧延状態判定部21は、圧延スタンドF1~F7において、ロールの組み換えがあったか否か(操業を中止するか否か)を判定する。また、圧延状態判定部21は、ワークロールWRの摩耗状態等も判定する。

30

【0020】

次材検知部22は、HMD8から送信される信号に基づいて、シートバー11がHMD8で検知されたか否かを判定する。

サーマルクラウン量計算部23は、圧延状態判定部21における判定結果と、次材検知部22における判定結果とに基づいて、ワークロールWR1~WR14におけるサーマルクラウン量を計算(予測)する。本実施形態では、サーマルクラウン量計算部23は、以下の(1)式を用いて、サーマルクラウン量uを計算する。

40

$$u = [(m_1 - \theta_0) \alpha_1 r_1^2 + (m_2 - \theta_0) \alpha_2 (R - r_1^2)] / R \dots (1)$$

ここで、 m_1 、 m_2 は、夫々芯材31、外層材32の平均温度である。 θ_0 は、ワークロールWR1~WR14の初期温度である。 α_1 、 α_2 は、夫々芯材31、外層材32の熱膨張率である。 r_1 は、芯材31の半径である。Rは、ワークロールWR1~WR14の半径である。

【0021】

ワークロールWR1~WR14を構成する芯材31と外層材32とは、熱伝導率、比熱、密度、及び線膨張係数等の物性値が異なるため、ワークロールWR1~WR14の半径方向における温度勾配が、芯材31と外層材32とで不連続になる。そこで、本実施形態では、この不連続を表現するために、芯材31の半径方向の温度分布を4次式以上の多

50

項式で表現すると共に、外層材 3 2 の半径方向の温度分布を 2 0 次式以上の多項式で表現した、ワークロール WR 1 ~ WR 1 4 の半径方向における温度分布 を算出する。この温度分布 は、以下の (2) 式及び (3) 式のように表される。

$$= \theta_1(r_c) \quad (0 < r_c < r_1) \quad \dots (2)$$

$$= \theta_2(r_c) \quad (r_1 < r_c < R) \quad \dots (3)$$

(1) 式における芯材 3 1、外層材 3 2 の平均温度 θ_{m1} 、 θ_{m2} は、以下の (2) 式及び (3) 式で得られた温度分布 $\theta_1(r_c)$ 、 $\theta_2(r_c)$ を用いて、以下の (4) 式及び (5) 式により求めることができる。

【 0 0 2 2 】

【 数 1 】

$$\theta_{m1} = (2/R^2) \int_0^{r_1} \theta_1(r_c) r_c dr_c \quad \dots (4)$$

$$\theta_{m2} = \{2/(R^2 - r_1^2)\} \int_{r_1}^R \theta_2(r_c) r_c dr_c \quad \dots (5)$$

【 0 0 2 3 】

図 4 は、サーマルクラウン量と時間との関係の一例を示す図である。図 4 では、時刻 t_1 で先行するシートバー 1 1 の圧延が開始され、時刻 t_2 で先行するシートバー 1 1 の圧延が終了し、時刻 t_3 で次のシートバー 1 1 の圧延が開始するものとする。

サーマルクラウン量計算部 2 3 は、シートバー 1 1 の圧延が開始されると、そのシートバー 1 1 の圧延が終了するタイミング (時刻 t_2) でのサーマルクラウン量 u_1 を、(1) 式等を用いて算出する。更に、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、シートバー 1 1 の圧延が終了するタイミング (時刻 t_2) から次のシートバー 1 1 の圧延が開始するタイミング (時刻 t_3) までの期間 (アイドルタイム) におけるサーマルクラウン量 u_2 を (1) 式等を用いて、所定又は任意の時間毎に複数算出する。本実施形態では、15 [s e c] 毎にアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u_2 を算出するようにしている。このとき、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、例えば、シートバー 1 1 の圧延開始時の物性値を使用して、サーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を算出することができる。

【 0 0 2 4 】

そして、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、圧延が終了するタイミング (時刻 t_2) からの時間と、その時間におけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 とを対応付けて、サーマルクラウン量記憶部 2 4 に記憶させる。サーマルクラウン量記憶部 2 4 は、圧延が終了するタイミング (時刻 t_2) からの時間と、その時間におけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 との関係、テーブルを用いて管理している。

【 0 0 2 5 】

図 5 は、先行するシートバーと、次のシートバーとの位置関係の一例を示した図である。図 5 (a) は、次のシートバー 1 1 が H M D 8 で検知され、次のシートバー 1 1 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 1 1 の圧延が終了し、その先行するシートバー 1 1 の圧延実績が取得されている状態を示している。一方、図 5 (b) は、次のシートバー 1 1 が H M D 8 で検知され、次のシートバー 1 1 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 1 1 の圧延が未だ終了せず、その先行するシートバー 1 1 の圧延実績が取得されていない状態を示している。

【 0 0 2 6 】

図 5 (a) に示すように、次のシートバー 1 1 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 1 1 の圧延実績が取得されている場合、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、先行するシートバー 1 1 の圧延が終了した時点での圧延実績を基に、そのシートバー 1 1 の圧延が終了するタイミング (時刻 t_2) でのサーマルクラウン量 u_1 を (1) 式等を用いて算出する。更に、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、先行するシ

10

20

30

40

50

トバー 11 の圧延が終了した時点での圧延実績を基に、その先行するシートバー 11 の圧延が終了するタイミング（時刻 t_2 ）から次のシートバー 11 の圧延が開始するタイミング（時刻 t_3 ）までの期間（アイドルタイム）におけるサーマルクラウン量 u_2 を（1）式等を用いて算出する。前述したように本実施形態では、15 [sec] 毎にアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u_2 を算出するようにしている。

尚、圧延実績とは、例えば、圧延時間、ロールの周速（回転速度）、板温度、ワークロールの冷却状態等の実績データをいう。

【0027】

そして、サーマルクラウン量計算部 23 は、圧延が終了するタイミング（時刻 t_2 ）からの時間と、その時間におけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 とを対応付けて、サーマルクラウン量記憶部 24 に記憶させる。このようにしてサーマルクラウン量記憶部 24 に記憶させたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて、次のシートバー 11 に対する圧延設定（仕上げ圧延機 4 の設定）が行われる。

10

【0028】

一方、図 5（b）に示すように、次のシートバー 11 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 11 の圧延実績が取得されていない場合には、先行するシートバー 11 の圧延開始時に算出して記憶しておいたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて、次のシートバー 11 に対する圧延設定が行われる。

【0029】

図 2 の説明に戻り、圧延設定計算部 25 は、次のシートバー 11 に対する圧延動作の設定を計算して、圧延設定記憶部 26 に記憶する。

20

前述したように、次のシートバー 11 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 11 の圧延実績が取得されている場合には、先行するシートバー 11 の圧延が終了した時点での圧延実績を基に算出されたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて、次のシートバー 11 に対する圧延設定を行い（図 5（a）を参照）、次のシートバー 11 に対する圧延設定を行うタイミングになったときに、先行するシートバー 11 の圧延実績が取得されていない場合には、先行するシートバー 11 の圧延開始時に算出されたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて、次のシートバー 11 に対する圧延設定を行う（図 5（b）を参照）。

【0030】

30

以下に、次のシートバー 11 に対する圧延設定の方法の一例を説明する。

まず、圧延設定計算部 25 は、先行するシートバー 11 が仕上げ圧延機 4 から抜けた時刻と、次のシートバー 11 が HMD 8 を通過した時刻と、HMD 8 から仕上げ圧延機 4 までのシートバー 11 の搬送時間とに基づいて、先行するシートバー 11 の圧延終了タイミングと、次のシートバー 11 の圧延開始タイミングとの間隔（アイドルタイム）を算出する。そして、算出したアイドルタイムに対応付けられて、サーマルクラウン量記憶部 24 に記憶されているサーマルクラウン量 u を読み出す。尚、算出したアイドルタイムに対応付けられたサーマルクラウン量 u が、サーマルクラウン量記憶部 24 に記憶されていない場合、圧延設定計算部 25 は、サーマルクラウン量記憶部 24 に記憶されている複数のサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて補間処理を行うことにより、アイドルタイムに対応するサーマルクラウン量 u を算出する。

40

【0031】

圧延設定計算部 25 は、以上のようにして得られたサーマルクラウン量 u を、次のシートバー 11 の圧延開始時におけるサーマルクラウン量として採用すると共に、サーマルクラウン量記憶部 24 に記憶されている可変データ（サーマルクラウン量 u_1 、 u_2 及び時間）を消去する。

【0032】

そして、圧延設定計算部 25 は、圧延状態判定部 21 により判定された圧延状態に基づいて、ワークロール WR の摩耗値を算出し、算出したワークロール WR の摩耗値と、採用したサーマルクラウン量 u とを用いて、次のシートバー 11 の圧延開始時におけるワーク

50

ロールWRの表面の状態を表すロールプロフィールを算出する。そして、圧延設定計算部25は、仕上げ圧延機4の圧下量の設定と、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量の設定とを行うための計算を行う際に、以上のようにして算出したロールプロフィールを反映させる。そして、圧延設定計算部25は、仕上げ圧延機4の圧下量と、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量との算出結果を、次のシートバー11に対応する圧延設定として圧延設定記憶部26に記憶する。

【0033】

尚、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量としては、例えば、ベンダー量、ワークロールWRのシフト量、及び中間ロールIMRのシフト量が上げられる。尚、ベアクロスミルを圧延スタンドFとして用いた場合には、中間ロールIMRのシフト量の代わりに、ベアクロス角度が、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量として設定される。

10

【0034】

圧延制御指示部27は、以上のようにして圧延設定計算部25で計算され、圧延設定記憶部26に記憶された結果に基づいて、次のシートバー11の圧延制御に関わる制御信号を仕上げ圧延機4に送信する。具体的に圧延制御指示部27は、例えば、仕上げ圧延機4の圧下量と、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量とを含む制御信号を、次のシートバー11の圧延設定に関わる制御信号として仕上げ圧延機4に送信する。仕上げ圧延機4は、この制御信号に従って、次のシートバー11を圧延する。尚、圧延制御指示部27は、次のシートバー11の圧延設定に関わる制御信号を仕上げ圧延機4に送信すると、圧延設定記憶部26に記憶されている可変データ(圧延設定計算部25で計算された圧延設定)の内容を消去する。

20

【0035】

次に、図6のフローチャートを参照しながら、圧延制御装置における動作の一例を説明する。

まず、ステップS1において、圧延状態判定部21は、仕上げ圧延機4からの信号に基づいて、シートバー11の圧延が開始されたか否か(シートバー11の先端がワークロールWRに噛み込まれたか否か)を判定する。この判定の結果、シートバー11の圧延が開示されていない場合には、後述するステップS6に進む。

【0036】

一方、シートバー11の圧延が開始された場合には、ステップS2に進む。ステップS2に進むと、サーマルクラウン量計算部23は、そのシートバー11の圧延が終了するタイミング(時刻 t_2)でのサーマルクラウン量 u_1 を(1)式等を用いて算出する。更に、サーマルクラウン量計算部23は、シートバー11の圧延が終了するタイミング(時刻 t_2)から次のシートバー11の圧延が開始するタイミング(時刻 t_3)までの期間(アイドルタイム)におけるサーマルクラウン量 u_2 を(1)式等を用いて、例えば15[sec]毎に算出する。このように本実施形態では、シートバー11の圧延開始時に、そのシートバー11の圧延終了後のアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u_2 を計算するようにしている。以上のように本実施形態では、ステップS2の処理を行うことによって、計算手段(ステップ)が実現される。

30

【0037】

次に、ステップS3において、サーマルクラウン量計算部23は、圧延が終了するタイミング(時刻 t_2)からの時間と、その時間におけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 とを対応付けて、サーマルクラウン量記憶部24に記憶させる。

40

次に、ステップS4において、圧延制御指示部27は、圧延設定記憶部26に記憶されている圧延設定(例えば、仕上げ圧延機4の圧下量と、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量)とを読み出す。尚、最初のシートバー11については、先行するシートバー11がないので、圧延設定が圧延設定記憶部26に記憶されていない。この場合、圧延制御指示部27は、例えば、予め定められた圧延設定の初期値を圧延設定記憶部26から読み出す。また、最初のシートバー11以降のシートバー11についての圧延設定は、後述するステップS13で得られるものである。

50

次に、ステップS5において、圧延制御指示部27は、ステップS4で読み出した圧延設定に関わる制御信号を仕上げ圧延機4に送信する。仕上げ圧延機4は、この制御信号に従って、次のシートバー11を圧延する。このように本実施形態では、ステップS4、S5の処理を行うことにより、制御手段(ステップ)が実現される。

【0038】

ステップS1において、シートバー11の圧延が開始されていないと判定された場合には、ステップS6に進む。ステップS6に進むと、圧延状態判定部21は、仕上げ圧延機4からの信号に基づいて、ロールの組み換えがあったか否かを判定する。この判定の結果、ロールの組み換えがあった場合には、ステップS1に戻る。一方、ロールの組み換えがない場合には、ステップS7に進む。

10

【0039】

ステップS7に進むと、圧延状態判定部21は、次材検知部22によりシートバー11がHMD8で検知されたか否か、すなわち、次のシートバー11に対する圧延設定を開始するタイミングか否かを判定する。この判定の結果、次のシートバー11に対する圧延設定を開始するタイミングでない場合には、ステップS1に戻る。

一方、次のシートバー11に対する圧延設定を開始するタイミングである場合には、ステップS8に進む。ステップS8に進むと、圧延状態判定部21は、シートバー11の圧延が終了し、そのシートバー11の圧延実績が取得されたか否かを判定する。

以上のように本実施形態では、ステップS7、S8の処理を行うことによって、判定手段(ステップ)が実現される。

20

【0040】

この判定の結果、シートバー11の圧延が終了しておらず、そのシートバー11の圧延実績が取得されていない場合には、ステップS9に進む。ステップS9に進むと、圧延設定計算部25は、先行するシートバー11の圧延終了タイミングと、次のシートバー11の圧延開始タイミングとの間隔(アイドルタイム)を算出する。そして、算出したアイドルタイムに対応付けられて、サーマルクラウン量記憶部24に記憶されているサーマルクラウン量 u (すなわち、次のシートバー11の圧延開始タイミングにおけるサーマルクラウン量 u)を読み出す。このときに読み出すサーマルクラウン量 u は、ステップS3で記憶されたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 である。尚、前述したように、算出したアイドルタイムに対応付けられたサーマルクラウン量 u が、サーマルクラウン量記憶部24に記憶されていない場合、圧延設定計算部25は、補間処理を行うことにより、アイドルタイムに対応するサーマルクラウン量 u を算出する。そして、圧延設定計算部25は、サーマルクラウン量記憶部24に記憶されている可変データ(サーマルクラウン量 u_1 、 u_2 及び時間)を消去し、後述するステップS13に進む。以上のように本実施形態では、ステップS9の処理を行うことによって、導出手段(ステップ)と第2の計算手段(ステップ)とが実現される。

30

【0041】

一方、シートバー11の圧延が終了しており、そのシートバー11の圧延実績が取得されている場合には、ステップS10に進む。ステップS10に進むと、サーマルクラウン量計算部23は、先行するシートバー11の圧延が終了した時点での圧延実績を基に、そのシートバー11の圧延が終了するタイミング(時刻 t_2)でのサーマルクラウン量 u_1 を(1)式等を用いて算出する。更に、サーマルクラウン量計算部23は、先行するシートバー11の圧延が終了した時点での圧延実績を基に、その先行するシートバー11の圧延が終了するタイミング(時刻 t_2)から次のシートバー11の圧延が開始するタイミング(時刻 t_3)までの期間(アイドルタイム)におけるサーマルクラウン量 u_2 を(1)式等を用いて、例えば15[sec]毎に算出する。このように本実施形態では、次のシートバー11に対する圧延設定を開始するタイミングにおいて、先行するシートバー11の圧延が終了している場合には、圧延終了時にも、そのシートバー11の圧延終了後のアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u_2 を計算するようにしている。

40

【0042】

50

次に、ステップS 1 1において、サーマルクラウン量計算部 2 3 は、圧延が終了するタイミング（時刻 t_2 ）からの時間と、その時間におけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 とを対応付けて、サーマルクラウン量記憶部 2 4 に記憶させる。

次に、ステップS 1 2において、圧延設定計算部 2 5 は、先行するシートバー 1 1 の圧延終了タイミングと、次のシートバー 1 1 の圧延開始タイミングとの間隔（アイドルタイム）を算出する。そして、算出したアイドルタイムに対応付けられて、サーマルクラウン量記憶部 2 4 に記憶されているサーマルクラウン量 u （すなわち、次のシートバー 1 1 の圧延開始タイミングにおけるサーマルクラウン量 u ）を読み出す。このときに読み出すサーマルクラウン量 u は、ステップS 1 1 で記憶されたサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 である。尚、前述したように、算出したアイドルタイムに対応付けられたサーマルクラウン量 u が、サーマルクラウン量記憶部 2 4 に記憶されていない場合、圧延設定計算部 2 5 は、補間処理を行うことにより、アイドルタイムに対応するサーマルクラウン量 u を算出する。そして、圧延設定計算部 2 5 は、サーマルクラウン量記憶部 2 4 に記憶されている可変データ（サーマルクラウン量 u_1 、 u_2 及び時間）を消去して、ステップS 1 3 に進む。以上のように本実施形態では、ステップS 1 0 ~ 1 2 の処理を行うことによって、導出手段（ステップ）が実現される。また、ステップS 1 2 の処理を行うことによって、第 2 の計算手段（ステップ）が実現される。

【 0 0 4 3 】

そして、ステップS 1 3 に進むと、圧延設定計算部 2 5 は、ステップS 9 又はステップS 1 2 で得られたサーマルクラウン量 u と、ワークロールWR の摩耗値とを用いて、次のシートバー 1 1 に対応する圧延設定を算出し、算出した圧延設定を圧延設定記憶部 2 6 に記憶する。このステップS 1 3 で圧延設定記憶部 2 6 に記憶した圧延設定が、ステップS 4 で読み出される圧延設定である。尚、前述したように、圧延設定としては、例えば、仕上げ圧延機 4 の圧下量の設定と、クラウン・形状制御アクチュエータの制御量の設定とが挙げられる。そして、ステップS 1 に戻る。このように本実施形態では、ステップS 1 3 の処理を行うことによって制御手段（ステップ）が実現される。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、センター位置におけるWR サーマルクラウン量と圧延本数との関係を示す図である。尚、図 7 において、センター位置におけるWR サーマルクラウン量とは、ワークロールWR の軸方向の中央部における、ワークロールWR の半径あたりの熱膨張量をいう。また、サーマル実績とは、ワークロールWR の軸方向の中央部における板厚の予測誤差の実績値から、ワークロールWR の軸方向の中央部における摩耗量を差し引いた値（すなわち、センター位置におけるWR サーマルクラウン量の実測値）である。更に、新サーマル予測とは、図 6 のステップS 2、S 3、S 8、S 9 を行った場合の結果を示し、旧サーマル予測とは、図 6 のステップS 2、S 3、S 8、S 9 を行わなかった場合の結果を示している。

図 7 から明らかなように、本実施形態のように、シートバー 1 1 の圧延開始時に、そのシートバー 1 1 と次のシートバー 1 1 とのアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u を計算し、計算したサーマルクラウン量 u を利用することにより、アイドルタイムにおけるサーマルクラウン量を高精度に予測することができることが分かる。

【 0 0 4 5 】

図 8 は、本実施形態の圧延制御装置によりサーマルクラウン量を予測して圧延制御を行った場合の板厚及び板幅と、圧延本数との関係を示す図である。

図 8 に示すように、本実施形態のようにしてサーマルクラウン量を予測して圧延制御を行うことにより、板厚を高精度に制御できることが分かる。

【 0 0 4 6 】

以上のように本実施形態では、先行するシートバー 1 1 の圧延開始時（時刻 t_1 ）に算出したアイドルタイムにおけるサーマルクラウン量 u_1 、 u_2 を用いて、次のシートバー 1 1 に対する圧延設定を行うようにしたので、次のシートバー 1 1 の圧延開始時（時刻 t_3 ）のサーマルクラウン量 u を、予め用意しておくことができる。これにより、先行するシ

ートバー 1 1 と次のシートバー 1 1 とのアイドルタイムが短い場合であっても、サーマルクラウン量 u を従来よりも高精度に予測することができる。よって、アイドルタイムが短い場合のサーマルクラウンに起因する板厚精度と板クラウン・形状精度とを向上することができる。また、サーマルクラウン量の予測誤差に起因する圧延トラブルを低減することができる。更に、圧延設定を高精度に行えるので、オペレータによる圧延設定の修正作業の負荷を軽減することができる。

【 0 0 4 7 】

尚、本実施形態では、(1) 式を用いてサーマルクラウン量を計算するようにしたが、サーマルクラウン量を計算するためのモデルは、(1) 式のようなものに限定されるものではない。

10

また、次のシートバー 1 1 に対する圧延設定を行わなければならない時刻になっても、先行するシートバー 1 1 の圧延実績が取得されない場合に、先行するシートバー 1 1 の圧延開始時に算出した"アイドルタイムにおけるサーマルクラウン量"を用いて、次のシートバー 1 1 の圧延開始時のサーマルクラウン量を予測するようにしていれば、必ずしも前述したようにして動作を行う必要はない。

【 0 0 4 8 】

以上説明した本発明の実施形態は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することができる。また、プログラムをコンピュータに供給するための手段、例えばかかるプログラムを記録した CD - ROM 等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体、又はかかるプログラムを伝送する伝送媒体も本発明の実施の形態として適用することができる。また、上記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体などのプログラムプロダクトも本発明の実施の形態として適用することができる。上記のプログラム、コンピュータ読み取り可能な記録媒体、伝送媒体及びプログラムプロダクトは、本発明の範疇に含まれる。

20

また、前述した実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 9 】

30

【 図 1 】 本発明の実施形態を示し、熱間圧延設備の概略構成の一例を示した図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態を示し、圧延制御装置の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態を示し、圧延制御装置によりサーマルクラウン量が制御されるワークロールの断面図を示した図である。

【 図 4 】 本発明の実施形態を示し、サーマルクラウン量と時間との関係の一例を示す図である。

【 図 5 】 本発明の実施形態を示し、先行するシートバーと、次のシートバーとの位置関係の一例を示した図である。

【 図 6 】 本発明の実施形態を示し、圧延制御装置における動作の一例を説明するフローチャートである。

40

【 図 7 】 本発明の実施形態を示し、センター位置における WR サーマルクラウン量と圧延本数との関係を示す図である。

【 図 8 】 本発明の実施形態を示し、実施形態の圧延制御装置によりサーマルクラウン量を予測して圧延制御を行った場合の板厚及び板幅と、圧延本数との関係を示す図である。

【 符号の説明 】

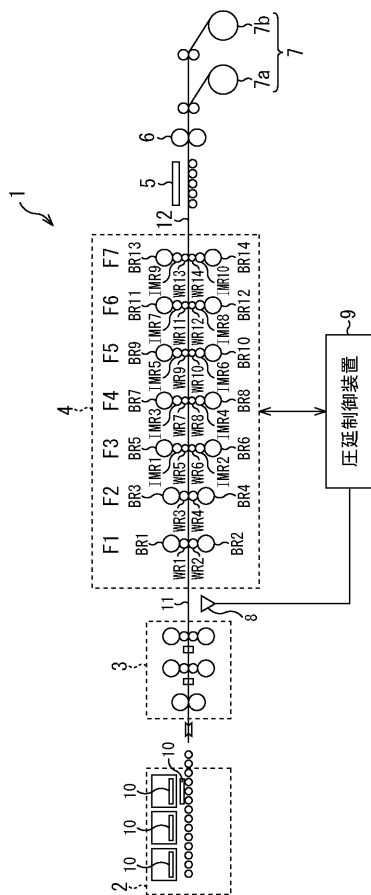
【 0 0 5 0 】

- 1 熱間圧延設備
- 4 仕上げ圧延機
- 8 H M D

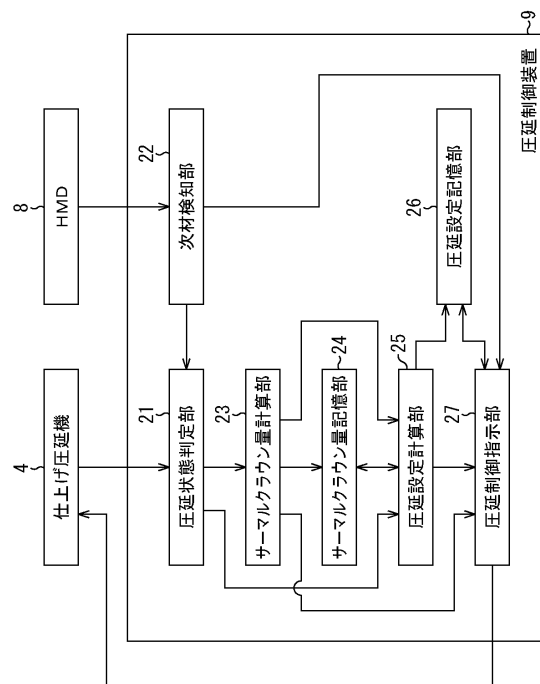
50

- 9 圧延制御装置
- 11 シートバー
- 12 ストリップ
- WR ワークロール

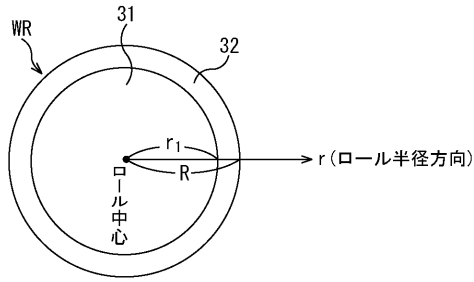
【図1】



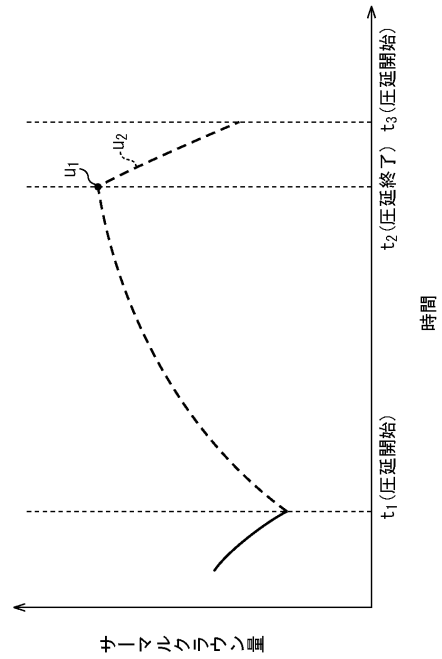
【図2】



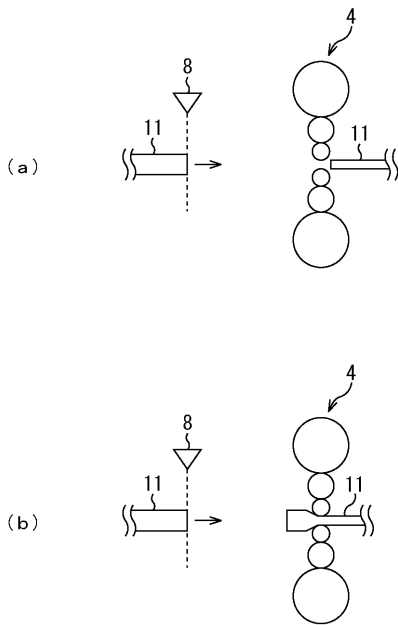
【図3】



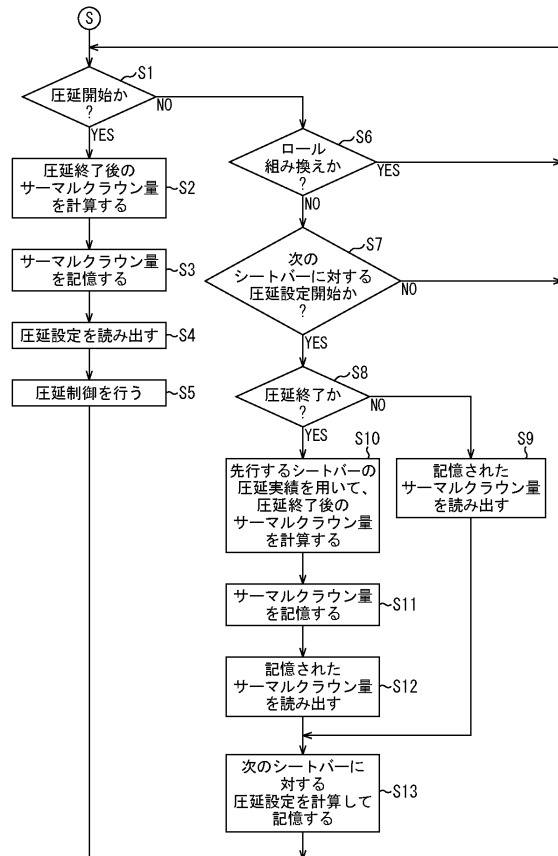
【図4】



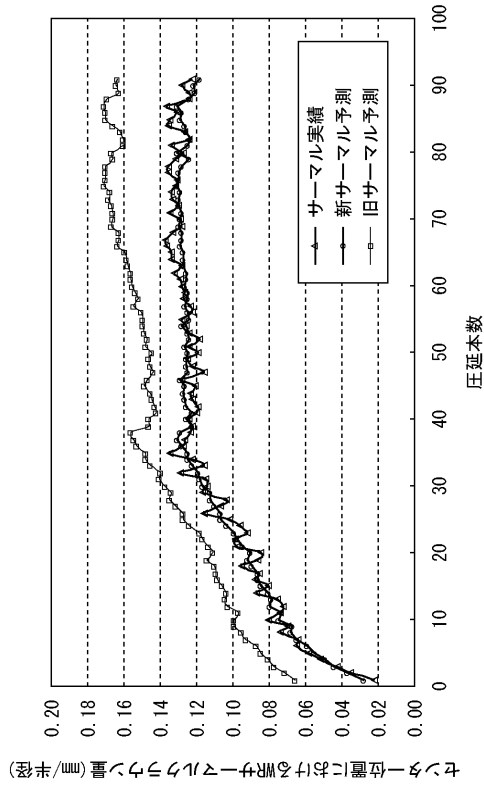
【図5】



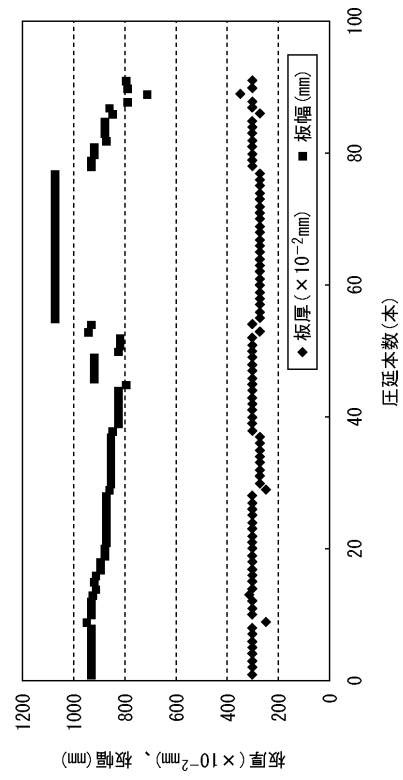
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭61-154708(JP,A)
特開2000-158027(JP,A)
特開2001-239310(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B21B 37/00-37/78