

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4966826号
(P4966826)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月6日(2012.4.6)

(51) Int.Cl. F I
B 2 1 B 37/76 (2006.01) B 2 1 B 37/00 1 3 2 A
B 2 1 B 37/00 (2006.01) B 2 1 B 37/00 B B M

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-292125 (P2007-292125)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成19年11月9日 (2007.11.9)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2009-113111 (P2009-113111A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成21年5月28日 (2009.5.28)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成22年4月16日 (2010.4.16)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	鹿山 昌宏
			茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所 情報制御システム事業部内
		(72) 発明者	栗林 健
			茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所 情報制御システム事業部内
		審査官	瀧澤 佳世
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 巻取温度制御装置および制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱間圧延機で圧延された鋼板を、該熱間圧延機の出側に備えられた冷却装置で冷却し、ダウンコイラで巻取られる前の鋼板の温度を所定の目標温度に制御する巻取り温度制御装置において、

冷却装置に備えられた多数の冷却ヘッダーの開放順序の優先関係を格納している冷却ヘッダー優先順位テーブルと、

前記熱間圧延機で圧延された鋼板に対し、前記冷却ヘッダーの開閉情報から鋼板の各部位が水冷か空冷かを判定し、判定結果を用いた鋼板の各部位に対応した抜熱の振舞いと熱移動の振舞いから鋼板の各部位の温度を推定し、鋼板速度を用いて微小時刻後の鋼板位置を求め、これらの演算を鋼板が巻取り温度計位置に至るまで繰り返す差分演算により、鋼板の巻取り温度を推定する板温推定モデルと、

冷却ヘッダーの開閉の組み合わせであるヘッダーパターンを前記優先順位テーブルの情報を用いて生成した制御コードと対応づけた上で、鋼板の速度に関する情報を前記板温推定モデルに与え、前記板温推定モデルの差分演算により巻取り温度を推定せしめ、前記板温推定モデルの推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するための制御コードを算出して出力する制御コード算出手段と、

鋼板長手方向の冷却ヘッダーの間隔と鋼板の速度に関する情報とから、前記巻取り温度を推定する差分演算の時間刻みを決定する時間刻み決定手段と、

前記制御コードをヘッダーパターンに変換して冷却装置に出力するヘッダーパターン変

換手段とを含んで構成されること，を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 2】

前記時間刻み決定手段は，鋼板長手方向の冷却ヘッダーの間隔と鋼板の最高速度の比に定数を乗じた値にしたがって，前記巻取り温度を推定する差分演算の刻みを決定することを特徴とする請求項 1 記載の巻取り温度制御装置。

【請求項 3】

前記時間刻み決定手段は，毎回の巻取り温度を推定する演算のタイミングで鋼板速度を取り込み，鋼板長手方向の冷却ヘッダーの間隔と取り込んだ鋼板速度の比に定数を乗じた値にしたがって，前記差分時間の刻みを演算タイミング毎に決定し，変更することを特徴とする請求項 1 記載の巻取り温度制御装置。

10

【請求項 4】

前記冷却ヘッダーの間隔が一様でないときには，冷却ヘッダーの間隔の最小値を用いて前記巻取り温度を推定する差分演算の刻みを決定することを特徴とする請求項 2 記載の巻取り温度制御装置。

【請求項 5】

熱間圧延機で圧延された鋼板を，該熱間圧延機の出側に備えられた冷却装置で冷却し，ダウンコイラで巻取られる前の鋼板の温度を所定の目標温度に制御する巻取り温度制御装置において，

冷却装置に備えられた多数の冷却ヘッダーの開放順序の優先関係を格納している冷却ヘッダー優先順位テーブルと，

20

前記熱間圧延機で圧延された鋼板に対し、鋼板を長手方向のセクションに分割し前記冷却ヘッダーの開閉情報から鋼板の各部位が水冷か空冷かを判定し、判定結果を用いた鋼板の各部位に対応した抜熱の振舞いと熱移動の振舞いから鋼板の各部位の温度を推定し、鋼板速度を用いて微小時刻後の鋼板位置を求め、鋼板の巻取り温度を推定する板温推定モデルと，

冷却ヘッダーの開閉の組み合わせであるヘッダーパターンを前記優先順位テーブルの情報を用いて生成した制御コードと対応づけた上で，鋼板の速度に関する情報を前記板温推定モデルに与え、前記板温推定モデルにより巻取り温度を推定せしめ、前記板温推定モデルの推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するための制御コードをセクションに対応づけて算出して出力する制御コード算出手段と，

30

鋼板の速度に関する情報から，制御コード算出手段が計算対象とするセクションを決定する計算セクション決定手段と，

制御コード算出手段により制御コードが計算されたセクションの値を内挿して，制御コードが決定されていないセクションの制御コードを計算する制御コード内挿手段と，

計算された制御コードをヘッダーパターンに変換して冷却装置に出力するヘッダーパターン変換手段とを含んで構成されること，を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 6】

前記制御コード算出手段は，前記計算セクション決定手段から計算対象とするセクションを取り込み，このセクションに関してのみ前記板温推定モデルを用いて巻取り温度を推定した後，推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するための制御コードを算出して出力すること，を特徴とする請求項 5 記載の巻取り温度制御装置。

40

【請求項 7】

ユーザインターフェース手段を備え，前記巻取り温度制御装置は，前記鋼板長手方向のセクションに対応づけて算出した制御コード，巻取り温度を推定する差分演算の時間刻み，各セクションの制御コードが前記制御コード算出手段により計算されたか前記内挿手段により計算されたかを特定する情報を前記ユーザインターフェース手段に出力し，前記ユーザインターフェース手段はこれらの情報を取り込み，画面に表示するとともに，ユーザが入力した再計算信号を前記巻取り温度制御装置に出力し，この信号に従って前記巻取り温度制御装置は制御コードの再計算を行うこと，を特徴とする請求項 1 記載の巻取り温度制御装置。

50

【請求項 8】

前記ヘッダーパターン変換手段は、各ヘッダー直下にある鋼板のセクションを認識した上で、セクションに対応づけられた制御コードを抽出し、これをヘッダーパターンに変換して冷却装置に出力することを特徴とする請求項 1 記載の巻取り温度制御装置。

【請求項 9】

熱間圧延機で圧延された鋼板を、該熱間圧延機の出側に備えられた冷却装置で冷却し、ダウンコイラで鋼板が巻取られる前の鋼板の温度を所定の目標温度に制御する巻取り温度制御方法において、

前記冷却装置に備えられた冷却ヘッダーの開放順序に優先順位を付与し、

冷却ヘッダー開閉の組み合わせであるヘッダーパターンと対応する制御コードを、前記優先順位を用いて生成し、

鋼板長手方向の冷却ヘッダーの間隔と鋼板の速度に関する情報とから、巻取り温度推定演算の差分演算の刻みを決定し、

前記熱間圧延機で圧延された鋼板に対し、前記制御コードから鋼板の各部位が水冷か空冷かを判定し、判定結果を用いた鋼板の各部位に対応した抜熱の振舞いと熱移動の振舞いから鋼板の各部位の温度を推定し、鋼板速度を用いて微小時刻後の鋼板位置を求め、これらの演算を鋼板が巻取り温度計位置に至るまで繰り返す差分演算を行う板温推定モデルを用いて前記鋼板の巻取り温度を推定し、

この推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するための制御コードを決定して出力し、

この制御コードをヘッダーパターンに変換して冷却装置に出力すること、を特徴とする巻取り温度制御方法。

【請求項 10】

熱間圧延機で圧延された鋼板を、該熱間圧延機の出側に備えられた冷却装置で冷却し、ダウンコイラで鋼板が巻取られる前の鋼板の温度を所定の目標温度に制御する巻取り温度制御方法において、

冷却装置に備えられた冷却ヘッダーの開放順序に優先順位を付与し、

冷却ヘッダー開閉の組み合わせであるヘッダーパターンと対応する制御コードを、該優先順位を用いて生成し、

前記鋼板を長手方向のセクションに分割し、鋼板の速度に関する情報から、制御コードの計算対象とするセクションを決定し、

前記熱間圧延機で圧延された鋼板に対し、決定されたセクションについて、前記制御コードから鋼板の各部位が水冷か空冷かを判定し、判定結果を用いた鋼板の各部位に対応した抜熱の振舞いと熱移動の振舞いから鋼板の各部位の温度を推定し、鋼板速度を用いて微小時刻後の鋼板位置を求め、鋼板の巻取り温度を推定する板温推定モデルを用いて該鋼板の巻取り温度を推定し、

この推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するための制御コードを決定し、

制御コードが計算されたセクションの値を内挿して、制御コードが決定されていないセクションの制御コードを決定し、

各ヘッダー直下にある鋼板のセクションを認識し、該セクションと対応した制御コードをヘッダーパターンに変換して冷却装置に出力すること、を特徴とする巻取り温度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱間圧延ラインの巻取温度装置およびその制御方法に係り、簡易な計算で巻取温度を目標温度に一致させるのに好適な巻取温度制御方式に関する。

【背景技術】

【0002】

巻取温度制御を行う従来方法として、例えば、特許文献 1 には、冷却開始前にあらかじめ得られた圧延材の速度パターンに対応して、圧延材の情報に基づいて冷却パターンを設

10

20

30

40

50

定し、圧延中の圧延材の速度にしたがって冷却パターンに応じた制御を行う方法が開示されている。

【0003】

また特許文献2には、圧延材冷却装置に対応して鋼板を長手方向に分割し、これを材料冷却単位としてこの単位毎に温度を予測し、その予測温度を目標温度に一致させる巻取温度制御方法が記載されている。また圧延材の温度変化や搬送テーブルの入側温度変化を取込んでリアルタイムで冷却水量を決め、これに応じてバルブの操作をすることにより、外乱の影響を低減することのできる巻取温度制御方法および装置が示されている。

【0004】

さらに特許文献3では鋼板を長手方向に区分するとともに、ヘッダーの開閉パターンと対応した制御コードを導入し、各区分の制御コードを簡易な線形演算で求解する方法が示されている。

10

【0005】

【特許文献1】特開平8-66713号公報

【特許文献2】特開2000-167615号公報

【特許文献3】特開2007-118027号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、これらの手法では、膨大な組み合わせとなる冷却パターン（冷却ヘッダーの組み合わせ）の中から適切なパターンを効率的に選択することや、選択のために必要な演算の削減に対して十分に配慮されていない。このため、巻取り温度の制御精度が低下したり、冷却パターンの決定に多大な計算時間を必要とする問題点があった。

20

【0007】

特許文献1では、速度一定の定常部では良い制御が行えるが、一般に圧延材の通板速度は、ミル払い出し時は低速であるが、その後徐々に加速し、ダウンコイラ巻取開始以後、加速レートを高め一定速度に到達した後、コイルがミルを抜ける直前に再度低速になる。このように速度が変化する過渡状態部では、速度と巻取温度パターンは直接対応しないので、速度を検出して冷却パターンを変更する特許文献1の手法では巻取温度制御の精度が低下する問題点があった。また速度パターンから巻取り温度パターンを決定する具体的な手法については開示されておらず、そのための演算量削減に対する考慮もなされていなかった。

30

【0008】

また特許文献2に記載された制御方法では、圧延材の温度予測をする分割単位が冷却装置の大きさに依存するため、精度上必要とする値に比べ、分割が粗くなる問題があった。

【0009】

さらに特許文献3に記載された手法では、制御コードの導入により冷却パターンを簡単な演算で決定する手法が記載されているが、差分計算の時間刻みを適切な値に決定する手法は開示されていない。また鋼板長手方向に区分したセクションすべてについて、巻取り温度を算出した上でヘッダーパターンを求めているため、依然として演算量が多大になる問題があった。

40

【0010】

本発明の目的は、上記従来技術の問題点に鑑み、膨大な組み合わせとなる冷却パターンの中から巻取温度を精度良く制御するのに適切な冷却パターンを効率的に選択し、冷却パターンを算出するための計算時間を低減できる巻取り温度制御装置及び方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記した課題を解決するために本発明では、巻取り温度制御のプリセット演算において、鋼板速度パターンを取り込んで、計算精度上必要となる冷却モデル演算の時間刻みを算

50

出する時間刻み決定手段と、同様に鋼板速度パターンから上記セクションのうち、巻取り温度を推定し、制御コードを計算する対象セクションを決定する計算セクション決定手段を備えた。また制御コードを直接計算されない他のセクションの制御コードを、対象セクションの制御コードから決定する制御コード内挿手段を備えた。

【発明の効果】

【0012】

時間刻み決定手段は鋼板速度に対応して、冷却モデル計算の時間刻みを精度上必要な範囲で最大な値に設定する。このため計算刻みが過剰に細かくなり計算時間が大きな値になったり、計算刻みが粗くなり巻取り温度の予測精度を低下させることはない。また計算セクション決定手段は巻取り温度を計算するセクションの数を、鋼板速度の変化を指標に必要最小限に設定するため、巻取り温度の計算回数も低減できる。この結果、鋼板の長手方向での巻取り温度精度を低下させることなく、少ない演算量で巻取り温度をプリセット制御することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明の実施形態によれば、熱間圧延後の鋼板の巻取り温度制御において、簡易な演算で鋼板長手方向のどの部位においても、高精度な巻取り温度が得られる。この結果、鋼板の組成品質を向上させることができ、同時に、平坦に近い巻取り鋼板形状を得ることができる。以下、複数の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

20

【0014】

図1は本発明による巻取り温度制御システムの実施例を示す。巻取り温度制御装置100は制御対象150から種々の信号を受信し、制御信号を制御対象150に出力する。まず制御対象150の構成を説明する。本実施例で制御対象150は熱間圧延の巻取り温度制御設備であり、圧延部152のミル157で圧延された900程度の鋼板151を巻取り冷却装置153で冷却し、ダウンコイラ154で巻取る。タンデム圧延では7つ程度のミルで連続圧延されるため、図のミル157は最終スタンドに対応する。またステッセルミルのように1スタンド往復圧延の場合もあるが、本発明はいずれにも適用できる。

【0015】

巻取り冷却装置153には、鋼板151の上側から水冷する上部冷却装置158と鋼板151の下側から水冷する下部冷却装置159が備えられており、各冷却装置は、水を放出する冷却ヘッダー160が一定本数組み合わせられたバンク161を複数個、それぞれ備えている。本実施例では、各冷却ヘッダー160の操作指令が開と閉の場合を例に説明する。

30

【0016】

ミル出側温度計155は、圧延部152で圧延された直後の鋼板の温度を計測し、巻取り温度計156はダウンコイラ154で巻取る直前の温度を計測する。巻取り温度制御の目的は、巻取り温度計156で計測された温度を目標温度に一致させることである。目標温度は、コイル長手方向の各部位で一定でも良いし、先行端を各部位に応じて異なった値に設定することもできる。

【0017】

40

次に、巻取り温度制御装置100の構成を示す。巻取り温度制御装置100は、鋼板151が巻取り冷却装置153で冷却されるのに先立って各冷却ヘッダー160の開閉パターンに対応した制御コードを、鋼板長手方向を適当な長さで区分したセクション毎に算出するプリセット制御手段110を有する。また鋼板151が巻取り冷却装置153で冷却されているときに、巻取り温度計156の測定温度等の実績をリアルタイムに取り込んで、制御コードを変更するダイナミック制御手段120を有する。さらに制御コードを各冷却ヘッダー160の開閉パターンに変換するヘッダーパターン変換手段130を備えている。各冷却ヘッダー160の開閉パターンの集合を、以下、ヘッダーパターンと称する。

【0018】

プリセット制御手段110は、速度パターンテーブル111、目標巻取り温度テーブル112、

50

冷却ヘッダー優先順位テーブル113から情報を取り込み、板温推定モデル114を用いた演算によりヘッダーパターンを算出する制御コード算出手段117を備えている。さらに速度パターンテーブル111から鋼板151の速度パターンを取り込み、制御コード算出手段117の巻取り温度推定演算の時間刻みを決定する時間刻み決定手段115、巻取り温度を推定し、この結果にしたがって制御コードを計算するの対象セクションを決定する計算セクション決定手段116を有する。さらに制御コード算出手段117の出力を元に、計算されなかったセクションの制御コードを決定する制御コード内挿手段、最終的に得られた各セクションの制御コードの計算結果に対して、ヘッダーパターンの時間的な出力を滑らかにするように制御コードを微修正する制御コードスムージング手段112を備えている。

【 0 0 1 9 】

10

ダイナミック制御手段120は、巻取り温度計156からの検出温度を用いて、これと目標温度との偏差を補正する巻取り温度偏差補正手段121、ミル出側温度計155からの検出温度を用いて、これとプリセット制御演算時に想定したミル出側温度との偏差を補正するミル出側温度偏差補正手段122、ミル157やダウンコイラ154の回転速度から鋼板151の速度を算出し、算出結果とプリセット制御演算時に想定した鋼板速度との偏差を補正する速度偏差補正手段123を備えている。

【 0 0 2 0 】

図2に速度パターンテーブル111の構成を示す。図2は圧延機152がタンデムミルの場合の速度パターンを例に示す。図では鋼種、板厚、板幅に対して、ミル157から鋼板151の先端が払い出されるとき速度（初期速度）、その後、鋼板151の先端がダウンコイラ154に巻取りられるまでの加速度（第1加速度）、その後、最大速度に達するまでの加速度（第2加速度）、最大速度、最大速度から終期速度まで減速するときの減速度、および終期速度が層別毎に蓄積されている。速度の単位はm / 分（m p m）である。

20

【 0 0 2 1 】

時間刻み決定手段115、計算セクション決定手段116、および制御コード算出手段117は、該当コイルの鋼種、板厚、板幅を判定して、速度パターンテーブル111から対応する速度パターンを抽出する。たとえば鋼種がSUS304、板厚3.0～4.0mm、板幅が1200mmのときには、初期速度670mpm、第1加速度2mpm / s、第2加速度12mpm / s、最大速度1000mpm、減速度6mpm、終期速度900mpmが抽出されることを示している。

【 0 0 2 2 】

30

図3に目標巻取り温度テーブル112の構成を示す。鋼板の種類（鋼種）に対応して目標温度が層別された例を示している。制御コード算出手段117は該当コイルの鋼種を判定して、目標巻取り温度テーブル112から対応する目標温度を抽出する。

【 0 0 2 3 】

図4に冷却ヘッダー優先順位テーブル113の構成を示す。以下では、ヘッダーの総数が100の場合を例に説明する。100個のヘッダーの開放順位に、1～100の優先順位を付与したもので、鋼種、板厚、ヘッダー区分（上ヘッダーまたは下ヘッダー）に対して、優先的に開放する冷却ヘッダーの順序が格納されている。

【 0 0 2 4 】

優先順位は、鋼板151の温度降下パターン、冷却効率、表面と内部の許容温度差等に配慮して決定する。たとえば鋼板151が薄い場合は、表面と内部に温度差が生じにくいいため、冷却効率に配慮して鋼板151の温度が高いミル157の出側に近いヘッダーを優先的に開し、鋼板151が厚い場合には、空冷による復熱を利用して表面と内部の温度差を許容値の範囲内に抑える目的で、可能な限り開ヘッダーが連続しないように優先順位を付与する等が、鋼種や板厚により層別されて決定される。また鋼種によっては一定時間の中間温度保持を要求されるものもあり、その場合は前半冷却、中間温度保持、後半冷却を実現するようにヘッダー優先順位が付与される。

40

【 0 0 2 5 】

冷却ヘッダーは目標巻取り温度が得られる本数が開放するように制御される。バンク、冷却ヘッダーには、ミル157に近い順に番号がつけられており、たとえば（1，1）は、

50

第1バンクの第1冷却ヘッダーを表している。図で、鋼種がSUS304、板厚が2.0~3.0mm、冷却ヘッダー区分が上ヘッダーの場合には、(1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), ……、(20, 4), (20, 5)の順で、優先的に開放することを示している。すなわちミル157出側のヘッダーから順に優先的に開することを示している。また鋼種がSUS304、板厚が5.0~6.0mm、冷却ヘッダー区分が上ヘッダーの場合には、(1, 1), (1, 4), (2, 1), (2, 4), (3, 1), (3, 4), ……、(20, 3), (20, 5)の順で、優先的に開放することを示している。すなわち鋼板151がやや厚いため、開ヘッダーが連続しないように優先順位を付与していることを示している。本実施例では、上ヘッダーと下ヘッダーの優先順位を同一としたが、異なる優先順位を付与することもできる。

10

【0026】

本発明でヘッダーパターンは対応する制御コードで表現する。図5に制御コードと冷却ヘッダー開閉パターンの対応を示す。制御コード0が全開、100が全閉である。以下、優先順位1の冷却ヘッダーのみが開しているヘッダー開閉パターンを99、優先順位1と2の二つの冷却ヘッダーが開しているヘッダー開閉パターンを98のように制御コード化している。すなわち、すべての冷却ヘッダーが開した状態の制御コードを0、すべての冷却ヘッダーが閉した状態の制御コードを100(100は上または下の冷却ヘッダーの総数)とする。たとえば、鋼種がSUS304、板厚が2.0~3.0mm、冷却ヘッダー区分が上ヘッダーの場合であれば、ヘッダーの優先順位にしたがって、(1, 1)のみ開の状態を制御コード99、(1, 1)(1, 2)が開の状態を制御コード98、(1, 1)(1, 2), (1, 3)が開の状態を制御コード97とし、この要領で以下、全ヘッダーが開している状態の制御コードである0まで、ヘッダーの開放パターンに制御コードを付与する。

20

【0027】

図6に時間刻み決定手段115が実行するアルゴリズムを示す。S6-1で速度パターンテーブル111から最大速度を取り込む。S6-2では最大速度と鋼板長手方向のヘッダーピッチから、(1)式にしたがって標準時間刻み T_s を算出する。

$$T_s = L_h / (V_{max} \times 1000 / 60) \quad \dots (1)$$

ただし L_h :ヘッダーピッチ、 V_{max} :鋼板最大速度である。

【0028】

S6-3で、標準時間刻み T_s から(2)式にしたがって差分計算の時間刻み T_c を算出する。

30

$$T_c = 1 \times T_s \quad \dots (2)$$

1は定数で、巻取り温度計算の精度確保のためには1または1以下に設定する。また少々の精度低下を許容して計算時間を短縮したい場合には、1以上に設定することも考えられる。

【0029】

鋼板最大速度は、一般に鋼板の板厚、板幅、鋼種により決まる。図2の例では、SUS304、板厚2.0~3.0mm、板幅900mmの最大速度は1100mpm(以下、ケース1)、SUS304、板厚12.0~mm、板幅1200mmの最大速度は400mpm(以下、ケース2)である。(1)、(2)式で、 $1 = 1$ 、 $L_h = 300\text{mm}$ としたとき、ケース1では $T_c = 0.0164\text{ s}$ 、ケース2では $T_c = 0.045\text{ s}$ となる。したがって $T_c = 0.0164$ で固定とした場合との比較で、ケース2の場合、計算精度を低下させることなく鋼板温度予測のための計算量を約1/3に低減できる。逆に、 $T_c = 0.045$ で固定とした場合との比較で、ケース2の場合の計算精度低下を防止できる。このように鋼板速度にしたがって計算精度確保のために必要な計算刻みが異なることによって、本発明によれば、鋼板速度を反映して最適化でき、温度計算の精度を低下させることなく、計算量を最小化できる。

40

【0030】

巻取り冷却装置の構成によっては、テーブルローラーとの干渉等の理由でヘッダーピッチが一樣でない場合もある。この場合には、計算精度を決定する L_h として、最小のヘッダーピッチを使用すればよい。あるいはヘッダーピッチの平均値等のヘッダーピッチを代表

50

する値を使用することも考えられる。

【 0 0 3 1 】

図 7 に計算セクション決定手段116が実行するアルゴリズムを示す。計算セクション決定手段116では、鋼板先行端の一定数のセクションに加え、鋼板の速度パターン変更点に対応するタイミングでミル157直下にあるセクションを計算対象に設定する。

【 0 0 3 2 】

鋼板先後端では、鋼板151のダウンコイラ154への巻き付き性や巻取り性を良くする目的で、目標巻取り温度を部位に対応して高く設定する場合がある。このためまずS7 - 1で、鋼板先頭から一定数のセクションを、計算対象に設定する。一定数は、目標温度が鋼板定常部と異なっている範囲を基に決めれば良く、通常、先端数十メートルの範囲に設定する。

10

【 0 0 3 3 】

次にS7 - 2で第1加速終了セクション番号を算出し、計算対象に設定する。第1加速終了セクション番号S L 1aは(3)式により算出する。

$$S L 1a = Lmd / Seclen \quad \dots (3)$$

ただし、Lmd：ミル157からダウンコイラ154までの距離、Seclen：セクション長。

【 0 0 3 4 】

S7 - 3では第1加速終了セクション番号を算出し、計算対象に設定する。第2加速終了セクション番号S L 2aは(4)、(5)式により算出する。

$$(V 1a)^2 = Lmd \times 2 \times Acc1 + Vmax \times Vmax \quad \dots (4)$$

20

$$S L 2a = \{ Lmd + (Vmax - V 1a) / Acc2 \times (Vmax + V 1a) / 2 \} / Seclen \quad \dots (5)$$

ただし、V 1a：第1加速終了速度、Acc1：第1加速度、Acc2：第2加速度、Vmax：最大速度である。

【 0 0 3 5 】

S7 - 4では減速開始セクション番号を算出し、計算対象に設定する。減速開始セクション番号S L dsは(6)式により算出する。

$$S L ds = \{ Striplen - (Vmax - Vf) / Dcc \times (Vmax + Vf) / 2 - dccmargin \} / Seclen \quad \dots (6)$$

ただし、Striplen：鋼板長さ、Vf：終期速度、Dcc：減速度、dccmargin：鋼板151の尻抜けのどれくらい前で減速を完了するかのマージン。

30

【 0 0 3 6 】

S7 - 5で減速終了セクション番号を算出し、計算対象に設定する。減速終了セクション番号S L deは(7)式により算出する。

$$S L de = \{ Striplen - dccmargin \} / Seclen \quad \dots (7)$$

S7 - 6では、鋼板尾端から一定数のセクションを計算対象に設定する。一定数はS7 - 1の鋼板先端部の場合と同様、目標温度が鋼板定常部と異なっている範囲を基に決めれば良く、通常、先端数十メートルの範囲に設定する。

【 0 0 3 7 】

以上の計算で、鋼板151の全長で定義した各セクションに対して、制御コードの計算対象となるセクションが抽出されたことになる。図7のアルゴリズムを実行した結果、隣接した計算対象のセクション番号が大きく隔たっていた場合には、精度向上のため、それらの中間付近のセクションを計算対象セクションに含めても良い。

40

【 0 0 3 8 】

図8に制御コード算出手段117が実行するアルゴリズムを示す。制御コード算出手段117は計算セクション決定手段116により計算対象として決められたセクションについて、目標巻取り温度を実現するヘッダーパターンを板温推定モデル114を用いた演算により、制御コードの形式で算出する。本実施例では線形逆補間法により制御コードを算出する例を示す。

【 0 0 3 9 】

まずS8 - 1で鋼板151の計算対象として定義されたセクションで、解の制御コードを挟

50

むような二つの制御コード n_L , n_H を定義する。ここでは冷却ヘッダーの全開と全閉の間に解が存在することから、一律に $n_L = 0$, $n_H = 100$ とする。ここで制御コードの増加に伴って、開している冷却ヘッダーは単純に減少するので、 $n_1 < n_2$ のとき、これらのヘッダーパターンに対応した巻取り温度 T_{c1} , T_{c2} について、 $T_{c1} < T_{c2}$ が成立する。

【 0 0 4 0 】

次に S8 - 2 で、 n_L と n_H の平均を n_0 とする。そして S8 - 3 で、制御コード n_0 に対応した巻取り温度 T_{c0} を算出する。S8 - 3 は板温推定モデル 114 を用いた鋼板 151 の温度推定演算を、計算セクション決定手段 116 により計算対象として定義されたセクションについて、ミル払い出しからダウンコイラ巻取りまで連続計算し、巻取り温度を推定する。

【 0 0 4 1 】

S8 - 4 で目標巻取り温度 T_{target} に対する推定巻取り温度 T_{c0} の符号を判定し、 $T_{c0} > T_{target}$ の場合は、 n_0 と n_L の間に解があるので、 n_0 を新たに n_H とおく。逆に $T_{c0} < T_{target}$ の場合は、 n_0 と n_H の間に解があるので、 n_0 を新たに n_L とおく。S8 - 5 でアルゴリズムの終了条件を判定し、満足していない時は S8 - 2 ~ S8 - 4 の実行を繰り返す。

【 0 0 4 2 】

アルゴリズムの終了は、S8 - 2 ~ S8 - 4 の一定回数以上の繰り返しで完了するか、計算対象のすべてのセクションで、巻取り温度推定値 T_c と目標巻取り温度 T_{target} の偏差が一定値以下 (n_0 が n_H , n_L のいずれかと一致) 等を条件に、判定すれば良い。

【 0 0 4 3 】

制御コード付与は、すべての冷却ヘッダーが閉じた状態の制御コードを 0、すべての冷却ヘッダーが開いた状態の制御コードを 100 とし、これに対応して付与しても同じである。

【 0 0 4 4 】

図 9 に、S8 - 3 に対応した温度推定演算の詳細を示す。温度推定演算としては、鋼板 151 を長手方向および厚み方向に分割し、決まった単位で時間を進めて計算する、いわゆる前進差分法の例を示す。時間刻みの値は、時間刻み決定手段 115 の出力 T_c にしたがって決定する。

【 0 0 4 5 】

まず S9 - 1 で計算時刻を更新し、速度パターンテーブル 111 から取り込んだ値を基に、該当時刻の板速 V_t を計算する。 V_t は速度変化の切替点となる鋼板部位を算出した (3) 式 ~ (7) 式の演算にしたがって簡単に求められる。S9 - 2 で、算出した板速を用いて、ミル払い出し長さ L_n を計算する。払い出し長さ L_n とは、圧延を終えてミルから払い出された鋼板の長さで、(8) 式で計算できる。ただし L_{n-1} は、前時刻の払い出し長さである。

$$L_n = L_{n-1} + T_c \cdot V_t \quad \dots (8)$$

S9 - 3 で演算の完了を判定する。ミル払い出し長さ L_n が、鋼板 151 の全長とミル 157 ~ ダウンコイラ 154 距離の和より大きくなった時、コイル 1 本に対応した巻取り温度予測計算がすべて終了しているので、演算完了となる。

【 0 0 4 6 】

演算が完了していない場合には、S9 - 4 で鋼板の温度トラッキングを行う。すなわち、前時刻の鋼板の位置に対して、 T_c だけ時間が経過した後に鋼板がどれだけ進むかが L_n と L_{n-1} の関係から分かるので、鋼板の温度分布を対応した距離だけ移動する処理を行う。S9 - 5 で T_c の間にミルから排出された鋼板 151 にミル出側の鋼板温度の推定値を設定する。

【 0 0 4 7 】

S9 - 6 で冷却エリア (巻取り冷却装置 153 内) に、計算セクション決定手段 116 が算出した計算対象のセクションがあるかどうかを判定する。ある場合は S9 - 7 に処理を進め、ない場合には S9 - 1 に処理を戻す。S9 - 7 で鋼板 151 の各部位に対応したヘッダーの開閉の情報から、各部位が水冷か空冷かを判定する。水冷の場合は S9 - 8 で、例えば (9) 式にしたがって熱伝達係数を計算する。

$$hw = 9.72 \cdot 10^5 \cdot 0.355 \cdot \{(2.5 - 1.15 \cdot \log Tw) \cdot D / (pl \cdot pc)\}^{0.646} / (T_{su} - Tw) \quad \dots (9)$$

10

20

30

40

50

9)

ただし、 ρ : 水量密度、 T_w : 水温、 D : ノズル直径、 pl : ライン方向のノズルピッチ、 p_c : ラインと直行方向のノズルピッチ、 T_{su} : 鋼板151の表面温度である。

【0048】

(9)式は、いわゆるラミナー冷却の場合の熱伝達係数である。水冷方法としてはこの他にスプレー冷却等、種々あり、いくつかの熱伝達係数の計算式が知られている。

【0049】

一方、空冷の場合はS9-9で、例えば(10)式にしたがって熱伝達係数を計算する。

$$hr = \frac{0.023 \cdot \left[\frac{(273 + T_{su})}{100} \right]^4 - \left[\frac{(273 + T_a)}{100} \right]^4}{(T_{su} - T_a)} \dots (10)$$

ただし、 hr : ステファンボルツマン定数 (= 4.88)、 ϵ : 放射率、 T_a : 空気温度、 T_{su} : 鋼板151の表面温度である。

10

【0050】

鋼板151の表面については(9)式で、裏面については(10)式で、それぞれ熱の移動量を計算する。そしてS9-10で鋼板151の各部位の温度を、 T_c 経過する前の温度をもとに、 T_c 間の熱量の移動を加減算することで計算する。鋼板151の厚み方向の熱移動を無視する場合であれば、鋼板151の長手方向の各部位について(11)式の差分式で計算できる。

$$T_n = T_{n-1} - (h_t + h_b) \cdot \frac{B}{\rho \cdot C} \dots (11)$$

ただし、 T_n : 現在の板温、 T_{n-1} : 前の板温、 h_t : 鋼板表面の熱伝達係数、 h_b : 鋼板裏面の熱伝達係数、 ρ : 鋼板の密度、 C : 鋼板の比熱、 B : 鋼板の厚みである。

20

また鋼板151の厚み方向の熱伝導を考慮する必要がある場合には、良く知られる熱方程式を解くことで計算できる。熱方程式は(12)式で表され、これを計算機で差分計算する方法は、種々の文献で公開されている。

$$T / \Delta t = \left\{ \frac{k}{\rho \cdot C} \right\} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \dots (12)$$

ただし、 k : 熱伝導率、 T : 材料温度である。

【0051】

そしてS9-11で、ミル157からダウンコイラ154までのライン内の鋼板151の計算対象セクションすべてで計算を行ったかどうかを判定する。計算が完了するまでS9-7~S9-10を繰り返す。またS9-1~S9-11を、S9-3で演算の終了を判定されるまで繰り返す。

【0052】

30

図10に各計算セクションに付与されている制御コードの、制御コード算出手段117における最適化処理による変化の一例を示す。処理1回目では、計算対象の各部位で同一の初期値($n_L = 0$, $n_H = 100$)に対する処理なので、図10の処理1回目に示すように、各セクションで50が付与される。処理2回目では制御コード50に対して各セクションの巻取り温度 T_{c0} の予測結果が、 T_{target} より大きいか小さいかで、付与される制御コードが異なる。本実施例では、鋼板速度が低速である鋼板151の先後端に近い部分は、ヘッダーを開する方向の制御コードに更新され、鋼板速度が高速である鋼板151の中央部は、ヘッダーを開する方向の制御コードに更新される例を示している。

【0053】

具体的には、図10の処理2回目に示すように、先端部と後端部は、S8-4の処理で $n_L = 0$, $n_H = 50$ に更新された結果、制御コードはその平均である25に更新されている。一方、鋼板中央部に近い第1加速終了セクション1001と減速開始セクション1002は、S8-4の処理で $n_L = 50$, $n_H = 100$ に更新された結果、制御コードは75に更新されている。このようにして、図8のS8-2~8-5を繰り返すことで、制御コードが順次更新される。

40

【0054】

図11に制御コード内挿手段118が実行するアルゴリズムを示す。計算セクション S_a , S_b の制御コードが C_a , C_b の場合、 S_a と S_b の間にあるセクション S_i の制御コード C_i を求めるための内挿演算は、一般に(13)式にしたがって行う。

$$C_i = C_a + (\text{int}) \left\{ (C_b - C_a) \times (S_i - S_a) / (S_b - S_a) + 0.5 \right\} \dots (13)$$

ここで(int)は値を整数化することを示す。個別にはまずS11-1で、鋼板先頭の計算

50

セクションと第1加速終了セクションの制御コードをCa, Cbとし, 鋼板先頭から第1加速終了セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを, (13)式により計算する。

【0055】

同様にS11-2で, 第1加速終了セクションから第2加速終了セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを, S11-3で第2加速終了セクションから減速開始セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを, S11-4で減速開始セクションから減速終了セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを, S11-5で減速終了セクションから鋼板尾端セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを, 制御コードが計算されたセクションの値を用いて, それぞれ(13)式にしたがって計算する。

10

【0056】

図12に、図8のアルゴリズムにしたがって制御コードを計算されたセクションと、内挿処理にしたがって制御コードを計算されたセクションの、鋼板151全体における分布を示す。鋼板の先後端の計算対象セクションを3セクションずつとした場合の例を示している。

【0057】

図12では、鋼板先頭セクション1201, 第1加速終了セクション1202, 減速終了セクション1203, 鋼板尾端セクション1204が、図8のアルゴリズムに従って制御コードを計算されたセクションである。また一例として、算出するセクション1205が図11のS11-1の内挿計算により制御コードが算出されたセクションを示している。またセクション1206が、図11のS11-5の内挿計算により制御コードが算出されたセクションを示している。

20

【0058】

このように、すべてのセクションについて鋼板温度推定計算を行った場合に比べ、限られたセクションのみを計算対象とすることで計算量を大幅に削減できる。また鋼板151の速度の変曲点に着目して温度計算セクションを決定したため、内挿で求めた制御コードによりプリセット制御を行っても、巻取り温度制御の精度をほとんど低下させることなく制御を行うことができる。

【0059】

図13に制御コード内挿手段118が最終的に出力する鋼板長手方向の各セクションにおける制御コードの例を示す。各セクションに対応して制御コードが割り振られている。冷却装置は鋼板の表と裏に対応して上部冷却装置158と下部冷却装置159があるので、制御コードとしては、上ヘッダーと下ヘッダーに対応して、別個に出力する。図では、鋼板151の長手方向について、セクション1の上ヘッダーの制御コードは95, 下ヘッダーの制御コードも95, IからI+1にかけては、上ヘッダー, 下ヘッダー共, 制御コードは14であることを示している。図13では、鋼板151の同一部位に対応した上ヘッダーと下ヘッダーの制御コードを同一としたが、異なった制御コードを付与することも可能である。

30

【0060】

図14に制御コードスムージング手段119の処理結果を示す。制御コードスムージング手段119は決定された制御コードに対して、冷却ヘッダーの開閉を平滑化する処理を行う。図14の例では、セクションIの制御コードが前後の部位に比べて、ともに小さくなっている。この場合、一部の冷却ヘッダー160が鋼板のセクションIの通過に伴って、瞬間的に開閉するような制御指令が出力されることになる。しかし、制御コードスムージング手段119によるスムージング処理の後には、セクションIの制御コード12を14にスムージングする。

40

【0061】

これにより、鋼板セクションに対する制御コードの変化は単調となり、スムージング前の問題は解消されている。短周期で冷却ヘッダーが開閉する指令を生成しても、実際には冷却ヘッダーの応答遅れのために意味をなさない。そこでこのようなスムージング処理を行い、冷却ヘッダーの指令を時間方向に平滑化する。平滑化は、各セクションの制御コー

50

ドを前後の制御コードと比較し、ともに大きいか小さい場合には、前または後ろの制御コードと一致させることで、簡単に実現できる。

【 0 0 6 2 】

プリセット制御手段110が出力した制御コードは、ダイナミック制御手段120により、実際に鋼板151を冷却中にリアルタイムで補正される。ダイナミック制御手段120は、巻取り温度計156からの検出温度を用いて、これと目標温度との偏差を補償する巻取り温度偏差補正手段121、ミル出側温度計155からの検出温度を用いて、これとプリセット制御演算時に想定したミル出側温度との偏差を補償するミル出側温度偏差補正手段122、ミル157やダウンコイラ154の回転速度から鋼板151の速度を算出し、算出結果とプリセット制御演算時に想定した鋼板速度との偏差を補償する速度偏差補正手段123を備えている。これらの補正量の総和を制御コードの変化量に換算し、ダイナミック制御手段120の補正量として出力する。各補償値の計算は、PI制御の適用等で実現できる。出力された補正量にしたがって、プリセット制御手段110が出力した制御コードが修正される。

10

【 0 0 6 3 】

鋼板速度は、ミル157のロールの回転速度とロール径から計算されるロール速度を、先進率と呼ばれる係数で補正することで計算できる。またダウンコイラ154の回転速度と鋼板151を巻いていくことによる巻き太り量を考慮した実質コイラ径から算出することもできる。圧延中はミル157の情報から、鋼板151がミル157を尻抜けしてからは、ダウンコイラ154の情報から、鋼板速度を算出するのが、普通である。

【 0 0 6 4 】

20

図15にヘッダーパターン変換手段130が実行するアルゴリズムを示す。S15 - 1で、冷却ヘッダー160の直下を通過している鋼板部位の、鋼板151の先端からの距離Lhを算出する。通常、制御装置100には、もともとこのような距離情報を算出する手段が備えられている。S15 - 2でLhが0より小さいかどうか判定し、小さい場合には鋼板151が該当冷却ヘッダーまで到達していないので、処理を抜けてS15 - 6に進む。大きい場合には、鋼板151が該当冷却ヘッダーまで到達しているため、S15 - 3で距離Lhに対応した制御コードを抽出する。すなわちLhと図12の鋼板部位を照合し、Lhに対応するセクションの上ヘッダー制御コードと下ヘッダー制御コードを抽出する。

【 0 0 6 5 】

S15 - 4で制御コードから冷却ヘッダー開閉パターンを抽出する。すなわち図13の制御コードと冷却ヘッダー開閉パターンの対応を用いて、優先順位がいくつの冷却ヘッダーまでを開するか決定する。S15 - 5では、冷却ヘッダー優先順位テーブル115に格納されている情報を用い、優先順位の上で該当ヘッダーを開すべきかどうか判定し、最終的な該当冷却ヘッダーの開閉を決定する。S15 - 6で、すべての冷却ヘッダー160についての演算が終了したかどうかを判定し、終了していない場合には、終了するまで、S15 - 1～S15 - 5の処理を繰り返す。

30

【 0 0 6 6 】

本実施例では冷却ヘッダー数が上下とも100の場合を例に説明したが、設備に応じて種々の本数になる。本実施例では制御コードスムージング手段119を備えたが、省略する構成も考えられる。本実施例はプリセット制御を例に説明したが、ダイナミック制御で板温推定計算を行う場合にも、本実施例で示した時間刻み決定手段、計算セクション決定手段、制御コード内挿手段の処理を、同様に適用することが可能である。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 6 7 】

次に差分計算の時間刻みを、現在の鋼板速度に対応してその都度最適化する実施例を示す。図16に、この場合の時間刻み決定手段115の処理を示す。時間刻み決定手段115は、制御コード算出手段117から新しい計算時刻を受け取るたびに起動され、時間刻みを算出して出力する。S16 - 1で制御コード算出手段117から現在の計算時刻を取り込み、該当時刻の板速を計算する。S16 - 2では、板速と鋼板長手方向ノズルピッチから、(2)式にしたがって標準時間刻みを算出する。そして標準時間刻みから、(3)式にしたがって差分

50

計算の時間刻みを算出し，制御コード算出手段117に出力する。

【 0 0 6 8 】

実施例 1 では最大速度に着目して差分計算の時間刻みを算出したため，速度が低い領域では計算刻みが過剰に小さくなり，プリセット計算量を不必要に増やす場合があったが，本実施例ではその時点の速度に着目して差分計算の時間刻みを決めるため，プリセット計算量をさらに必要最小限のものとすることができる。

【実施例 3】

【 0 0 6 9 】

次に圧延機がステッセルの場合の実施例を示す。図17にステッセル圧延に対応した速度パターンテーブル111の構成を示す。鋼種，板厚，板幅に対して，ミル157から鋼板151の先端が払い出されて，ダウンコイラ154に巻き取られるまでの速度（初期速度），その後，急加速された後の定常速度（最高速度），鋼板151の後端がミル157から払い出される直前に急減速され，ダウンコイラ154で巻き取られるまでの速度（終期速度）が層別されている。

【 0 0 7 0 】

時間刻み決定手段115，計算セクション決定手段116，および制御コード算出手段117は，該当コイルの鋼種，板厚，板幅を判定して，速度パターンテーブル115から対応する速度パターンを抽出する。たとえば鋼種がSUS304，板厚3.0～4.0mm，板幅が1200mmのときには，初期速度150mpm，定常速度150mpm，終期速度150mpmが設定されることを示している。

【 0 0 7 1 】

図18に計算セクション決定手段116が実行するアルゴリズムを示す。計算セクション決定手段116の処理は、速度パターンが異なる以外は図 7 と同様である。まずS18 - 1で，鋼板先頭から一定数のセクションを，計算対象に設定する。次にS18 - 2で加速終了セクション番号を算出し，計算対象に設定する。加速終了セクション番号S L aは（ 1 4 ）式により算出する。

$$S L a = L m d / S e c l e n \quad \dots (1 4)$$

ただし、L m d：ミル157からダウンコイラ154までの距離、S e c l e n：セクション長である。

【 0 0 7 2 】

S18 - 3では，最高速度到達セクション番号を算出し，計算対象に設定する。最高速度到達セクション番号S L tは（ 1 5 ）式により算出する。

$$S L t = \{ L m d + (V m a x - V 1) / A c c \times (V m a x + V 1) / 2 \} / S e c l e n \quad \dots (1 5)$$

ただし、V 1：初期速度、A c c：加速度，V m a x：最高速度である。

【 0 0 7 3 】

S18 - 4では，減速開始セクション番号を算出し，計算対象に設定する。減速開始セクション番号S L d sは（ 1 6 ）式により算出する。

$$S L d s = \{ S t r i p l e n - (V m a x - V f) / D c c \times (V m a x + V f) / 2 - d c c m a r g i n \} / S e c l e n \quad \dots (1 6)$$

ただし、S t r i p l e n：鋼板長さ，V f：終期速度，D c c：減速度，d c c m a r g i n：鋼板151の尻抜けのどれくらい前で減速を完了するかのマージンである。

【 0 0 7 4 】

S18 - 5で減速終了セクション番号を算出し，計算対象に設定する。減速終了セクション番号S L d eは（ 1 7 ）式により算出する。

$$S L d e = \{ S t r i p l e n - d c c m a r g i n \} / S e c l e n \quad \dots (1 7)$$

S18 - 6では，鋼板尾端から一定数のセクションを計算対象に設定する。この後，実施例 1 と同様に決定された計算セクションについて，制御コード算出演算を行い，制御コードを決定する。

【 0 0 7 5 】

図19に，制御コード内挿手段118が実行するアルゴリズムを示す。実施例 1 と同様に（ 1 3 ）式にしたがって内挿演算を行う。S19 - 1で，鋼板先頭から加速開始セクションまで

10

20

30

40

50

の制御コード未定セクションの制御コードを計算する。同様にS19-2で加速開始セクションから最高速度到達セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを、S19-3で最高速度到達セクションから減速開始セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを、S19-4で減速開始セクションから減速終了セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを、S19-5で減速終了セクションから鋼板尾端セクションまでの制御コード未定セクションの制御コードを、それぞれ(13)式にしたがって計算する。

【実施例4】

【0076】

図20は本発明の第4の実施例として、巻取り温度制御装置100にユーザインターフェース手段2001を備えた構成を示す。ユーザインターフェース手段2001は巻取り温度制御装置100が出力した情報を取り込み、プリセット制御結果を表示する。さらにプリセット計算で使用した計算刻みを表示する機能と、鋼板長手方向に区分したセクションのうち図8のアルゴリズムで制御コードを計算したセクションと、内挿演算で制御コードを計算したセクションを分離して表示する機能を備えている。

【0077】

図20のユーザインターフェース手段2001において、2002はプリセット計算に使用した計算刻みを示している。またプリセット計算結果2004は、鋼板長手方向に100のセクションが定義されている例を示しており、各セクションについてプリセット制御で付与された制御コード2005が示されている。また色のついたセクション(例えば2007)は図8のアルゴリズムで制御コードが計算されたセクションを示しており、色のついてないセクション(例えば2006)は内挿演算で制御コードを計算したセクションを示している。

【0078】

これによれば、計算刻みを表示し、計算された制御コードとの関係を把握し易くすることで、(2)式の1と制御コードの関係が明確化でき、1の調整効率を高めることができる。

【0079】

再プリセットボタン2003をクリックすると、信号が巻取り温度制御装置100に送られ、巻取り温度制御装置100はプリセット計算を再度実行し、結果をユーザインターフェース手段2001に出力する。この機能により、1を変更して再プリセットし、制御コードがほとんど変化しないことをもって、1を大きくする等の作業が効率的に行えるので、1の調整効率を高めることができる。

【0080】

また図8のアルゴリズムで制御コードを計算したセクションと、内挿演算で制御コードを計算したセクションを分離して表示することで、図8のアルゴリズムを適用して制御コードを算出するセクションを増減させる作業を効率化できる。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明の熱間圧延システムにおける巻取り温度制御装置の構成図。

【図2】速度パターンテーブルの構成を示した説明図。

【図3】目標巻取り温度テーブルの構成を示した説明図。

【図4】冷却ヘッダー優先順位テーブルの構成を示した説明図。

【図5】制御コードとヘッダーパターンの割付例を示す説明図。

【図6】時間刻み決定手段の処理を示すフローチャート。

【図7】計算セクション決定手段の処理を示すフローチャート。

【図8】制御コード決定手段の処理を示すフローチャート。

【図9】板温を推定する処理を示すフローチャート。

【図10】制御コードの決定過程を示した説明図。

【図11】制御コード内挿手段の処理を示すフローチャート。

【図12】鋼板全体における制御コード算出方法の分布を示す説明図。

10

20

30

40

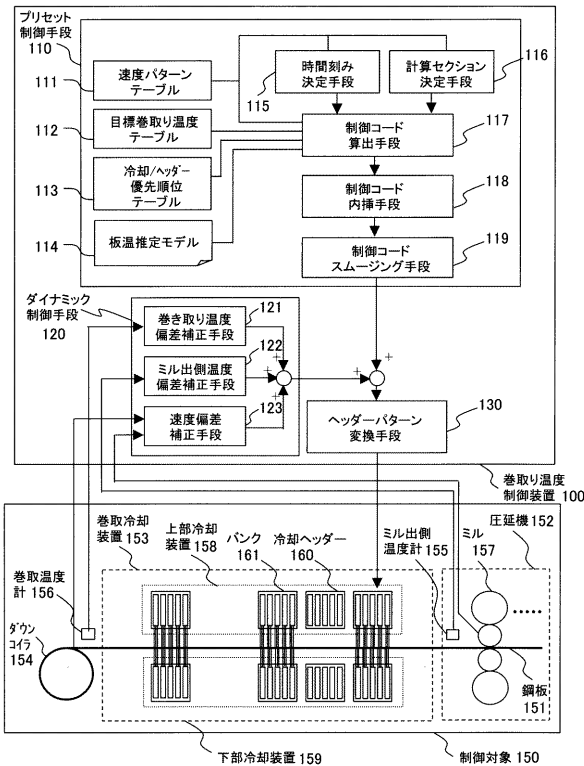
50

- 【図13】制御コード算出結果を示す説明図。
- 【図14】制御コードスムージング手段の処理結果を示す説明図。
- 【図15】ヘッダーパターン変換手段の処理を示すフローチャート。
- 【図16】実施例2の時間刻み決定手段の処理を示すフローチャート。
- 【図17】速度パターンテーブルの構成を示した説明図である。
- 【図18】実施例3の計算セクション決定手段の処理を示すフローチャート。
- 【図19】実施例3の制御コード内挿手段の処理を示すフローチャート。
- 【図20】実施例4のユーザインターフェース手段の説明図。
- 【符号の説明】
- 【0082】

100...制御装置、110...プリセット制御手段、111...速度パターンテーブル、112...目標巻取り温度テーブル、113...冷却ヘッダー優先順位テーブル、114...板温推定モデル、115...時間刻み決定手段、116...計算セクション決定手段、117...制御コード算出手段、118...制御コード内挿手段、119...制御コードスムージング手段、120...ダイナミック制御手段、121...巻き取り温度偏差補正手段、122...ミル出側温度偏差補正手段、123...速度偏差補正手段、130...ヘッダーパターン変換手段、150...制御対象、153...巻取冷却装置、154...ダウコイラ、155...ミル出側温度計、156...巻取温度計、157...ミル、158...上部冷却装置、159...下部冷却装置、160...冷却ヘッダー、161...バンク、166...圧延機

【図1】

図1



【図2】

図2

速度パターン
テーブル 111

鋼種	板厚 (mm)	板幅 (mm)	初期速度 (mpm)	第1加速 (mpm/s)	第2加速 (mpm/s)	最大速度 (mpm)	減速 (mpm/s)	終期速度 (mpm)
SUS 304	2.0~3.0	900	650	2	12	1100	6	900
		1200	650	2	12	1050	6	900
		1500	650	2	12	1000	6	900
12.0~		900	250	2	3	450	6	250
		1200	250	2	3	420	6	250
		1500	250	2	3	400	6	250

【図3】

図3

目標巻取り温度
テーブル 112

鋼種	目標温度
SUS304	750℃
SUS316	760℃
SS400	650℃

【図4】

図4

冷却ヘッダー優先順位
テーブル 113

鋼種	板厚	ヘッダー区分	優先順位									
			1	2	3	4	5	6	-----	99	100	
SUS304	2.0mm~ 3.0mm	上ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	-----	(20,4)	(20,5)	
		下ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	-----	(20,4)	(20,5)	
	3.0mm~ 4.0mm	上ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	-----	(20,4)	(20,5)	
		下ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	-----	(20,4)	(20,5)	
	4.0mm~ 5.0mm	上ヘッダー	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	-----	(20,2)	(20,4)	
		下ヘッダー	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	-----	(20,2)	(20,4)	
	5.0mm~ 6.0mm	上ヘッダー	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	-----	(20,3)	(20,5)	
		下ヘッダー	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	-----	(20,3)	(20,5)	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

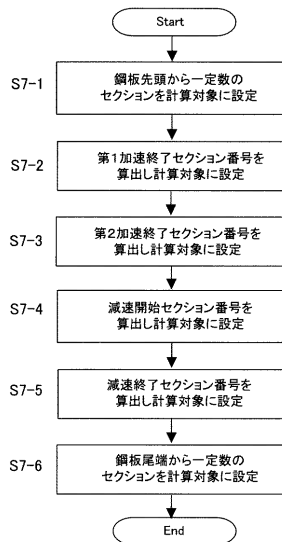
【図5】

図5

ヘッダー開閉 パターン	全閉	優先順位 1のヘッダー のみ開	優先順位 1,2の ヘッダー のみ開	優先順位 1~3の ヘッダー のみ開	優先順位 1~4の ヘッダー のみ開	-----	優先順位 N-1の ヘッダー までを開	全開
制御 コード	100	99	98	97	96	-----	1	0

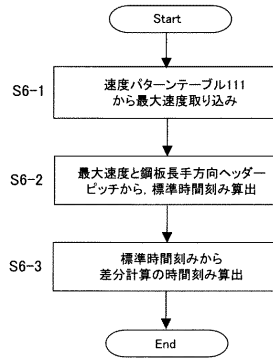
【図7】

図7



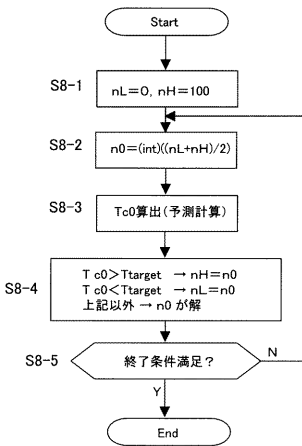
【図6】

図6



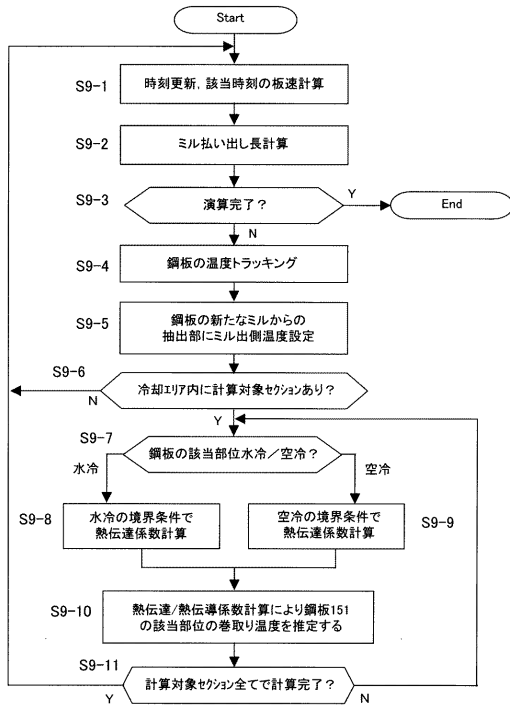
【図8】

図8



【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10

第1加速終了セクション 1001 減速開始セクション 1002 処理1回目

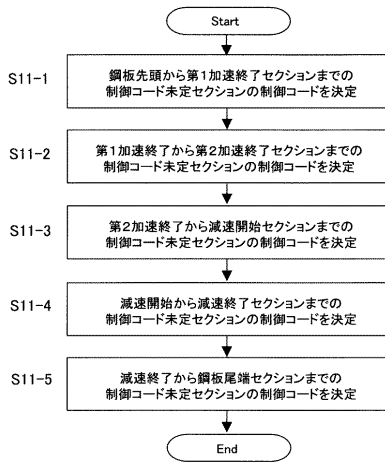
セクション番号	1	2	----	I	----	J	-----	n-1	n
上ヘッダー制御コード	50	50	----	50	----	50	-----	50	50
下ヘッダー制御コード	50	50	----	50	----	50	-----	50	50

処理2回目

セクション番号	1	2	----	I	----	J	-----	n-1	n
上ヘッダー制御コード	25	25	----	75	----	75	-----	25	25
下ヘッダー制御コード	25	25	----	75	----	75	-----	25	25

【 図 11 】

図 11



【 図 13 】

図 13

セクション番号	1	2	3	-----	I	I+1	-----	n-1	n
上ヘッダー制御コード	95	94	94	-----	14	14	-----	92	93
下ヘッダー制御コード	95	94	94	-----	14	14	-----	92	93

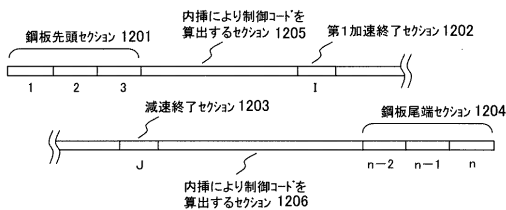
【 図 14 】

図 14

セクション番号	-----	I-2	I-1	I	I+1	I+2	-----
上ヘッダー出力コード		18	14	12	14	12	
下ヘッダー出力コード		18	14	12	14	12	

【 図 12 】

図 12

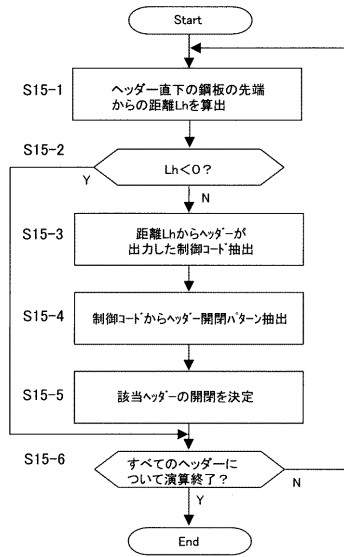


スムージング
処理

セクション番号	-----	I-2	I-1	I	I+1	I+2	-----
上ヘッダー出力コード		18	14	12	14	12	
下ヘッダー出力コード		18	14	12	14	12	

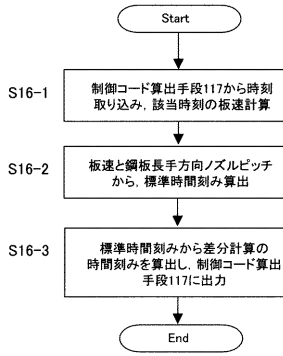
【図 15】

図 15



【図 16】

図 16



【図 17】

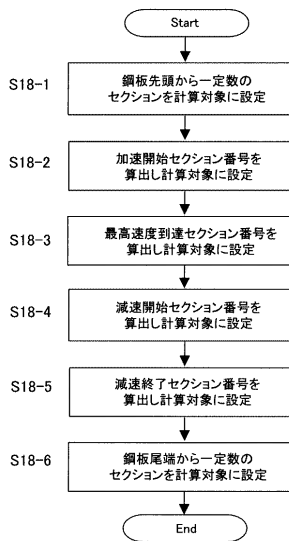
図 17

速度パターン
テーブル 111

鋼種	板厚	板幅	初期速度	最高速度	終期速度
SUS304	2.0~3.0mm	900mm	120mpm	400mpm	150mpm
		1200mm	120mpm	400mpm	150mpm
		1500mm	120mpm	350mpm	120mpm
	3.0~4.0mm	900mm	150mpm	350mpm	150mpm
		1200mm	150mpm	350mpm	150mpm
		1500mm	150mpm	350mpm	150mpm
...	

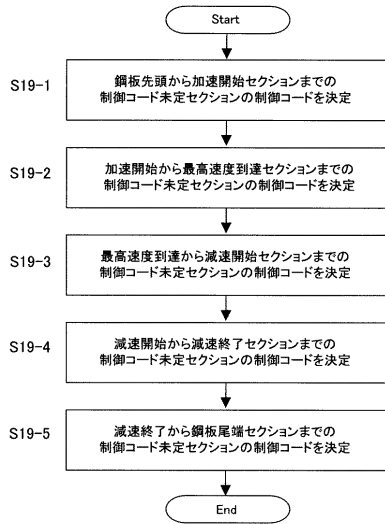
【図 18】

図 18



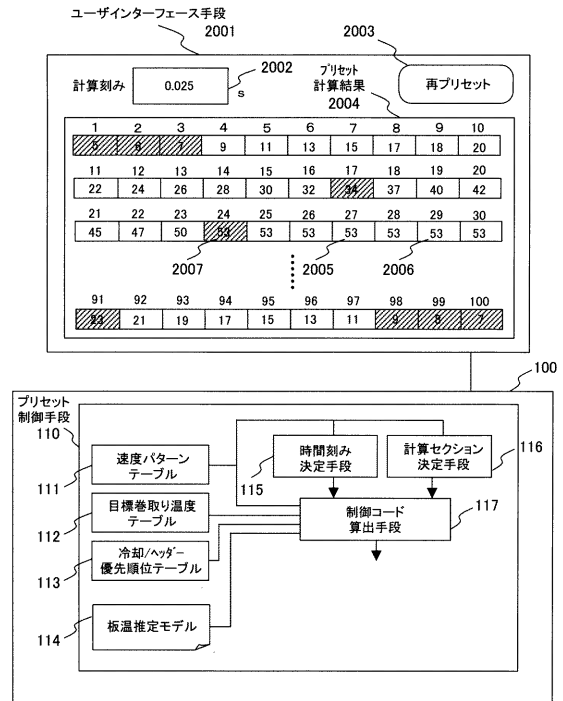
【図 19】

図 19



【図 20】

図 20



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-181870(JP,A)
特開2007-118027(JP,A)
特開2000-167615(JP,A)
特開2001-269702(JP,A)
特開2006-281300(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21B 37/76

B21B 37/00