

(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2007-237285

(P2007-237285A)

(43) 公開日 平成19年9月20日(2007.9.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 1 B 37/76 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 1 3 2 A	4 E O 2 4
B 2 1 B 37/00 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 B B M	
B 2 1 B 45/02 (2006.01)	B 2 1 B 45/02 3 2 O T	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2006-66879 (P2006-66879)
 (22) 出願日 平成18年3月13日 (2006.3.13)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (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
 Fターム(参考) 4E024 BB07 BB08 FF01 GG03

(54) 【発明の名称】 巻取温度制御装置および制御方法

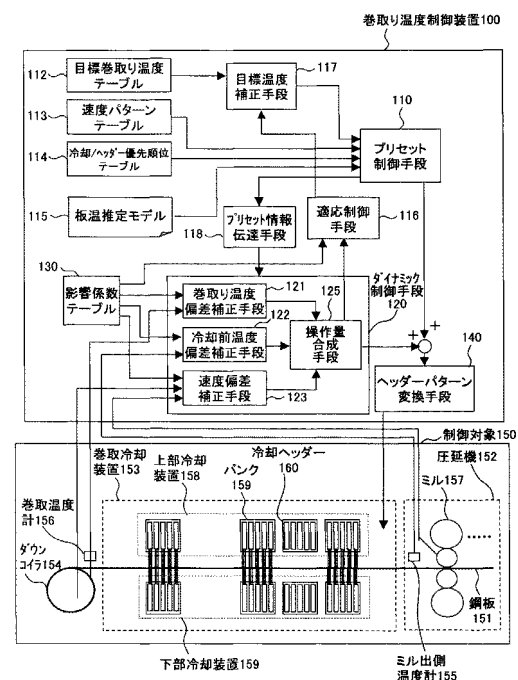
(57) 【要約】

【課題】 制御環境が変化しても、簡易な計算で高精度な冷却制御を実現する。

【解決手段】 直近、冷却された鋼板の施されたダイナミック制御の操作量に着目した演算で、次回鋼板の巻取り温度目標値を鋼板先端部と定常部に着目して補正する適応制御手段を備えた。プリセット制御手段は、補正された目標巻取り温度にしたがってプリセット計算して制御コードを算出し、ヘッダーパターン変換手段で、この制御コードをヘッダーパターンに変換してプリセット指令とする。

【選択図】 図1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱間圧延機で圧延されてダウンコイラで巻取られる鋼板を、前記熱間圧延機の出側に備えられた複数のヘッダーで冷却する巻取り温度制御装置において、

目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算するプリセット制御手段と、

前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算するダイナミック制御手段と、

前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力するヘッダーパターン変換手段と、

前記コード補正情報に応じて温度補正情報を演算する適応制御手段と、

前記温度補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板における、前記目標巻取温度を補正する目標温度補正手段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】

請求項 1 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、該鋼板の巻取り温度を推定するための板温推定モデルを有し、前記制御コードは、前記板温推定モデルを用いて巻取り温度を推定し、推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するように演算され、さらに、前記制御コードは、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該優先順位テーブルの

【請求項 3】

熱間圧延機で圧延されてダウンコイラで巻取られる鋼板を、前記熱間圧延機の出側に備えられた複数のヘッダーで冷却する巻取り温度制御装置において、

目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算するプリセット制御手段と、

前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算するダイナミック制御手段と、

前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力するヘッダーパターン変換手段と、

前記コード補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板に用いられる、コード補正情報を演算する適応制御手段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 4】

請求項 3 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、該鋼板の巻取り温度を推定するための板温推定モデルを有し、前記制御コードは、前記板温推定モデルを用いて巻取り温度を推定し、推定結果を用いて目標巻取り温度を実現するように演算され、さらに、前記制御コードは、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該優先順位テーブルの

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 において、前記制御コードはすべてのヘッダーが開した状態を最大値、すべてのヘッダーが閉した状態を最小値とし、制御コードの増加に伴い、前記巻取り温度の推定値が単調に減少するように対応づけられていることを特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 において、前記制御コードはすべてのヘッダーが開した状態を最小値、すべてのヘッダーが閉した状態を最大値とし、制御コードの増加に伴い、前記巻取り温度の推定値が単調に増加するように対応づけられていることを特徴とする巻取り温度制御装置。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

請求項 1, 2, 5 乃至 6 において、前記ダイナミック制御手段は、目標巻取り温度と冷却制御中に鋼板から検出した巻取り温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する巻取り温度偏差補正手段と、

プリセット制御時に想定した鋼板の冷却前温度と冷却制御中に鋼板から検出した冷却前温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する冷却前温度偏差補正手段と、

プリセット制御時に想定した鋼板速度と冷却制御中の鋼板速度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する速度偏差補正手段を備え、

前記適応制御手段は、該巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、該冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、該冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量とを用いた演算から、次回以降のいずれかの冷却する鋼板の目標温度に対する補正温度を算出すること
を特徴とする巻取り温度制御装置。 10

【請求項 8】

請求項 1, 2, 5 乃至 7 において、前記適応制御手段は、前記鋼板先端部の目標温度に対する補正温度を算出する先端適応制御手段と、前記鋼板中央部の目標温度に対する補正温度を算出する定常適応制御手段と、先端適応制御手段と定常適応制御手段の出力から目標温度に対する鋼板長手方向全域の補正温度を最終的に決定する補正温度合成手段を備えたこと 20

を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 9】

請求項 1, 2, 5 乃至 8 において、前記先端適応制御手段は、前記鋼板を冷却し始めてから最初に巻取り温度偏差補正手段が起動されるタイミングで、前記巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量とを取り込み、鋼板先端部の目標温度に対する補正温度を算出し、

前記定常適応制御手段は、前記鋼板の中央部を冷却中の、前記巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量とを取り込み、鋼板中央部の目標温度に対する補正温度を算出すること 30
を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 10】

請求項 3 乃至 6 記載において、前記ダイナミック制御手段は、目標巻取り温度と冷却制御中に鋼板から検出した巻取り温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する巻取り温度偏差補正手段と、

プリセット制御時に想定した鋼板の冷却前温度と冷却制御中に鋼板から検出した冷却前温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する冷却前温度偏差補正手段と、

プリセット制御時に想定した鋼板速度と冷却制御中の鋼板速度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する速度偏差補正手段を備え、 40

前記適応制御手段は、該巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、該冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、該冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量とを用いた演算から、次回冷却する鋼板の制御コードに対する修正量を算出すること

を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 11】

請求項 3 乃至 6, 10 において、前記適応制御手段は、前記鋼板先端部の制御コードに対する修正量を算出する先端適応制御手段と、前記鋼板中央部の制御コードに対する修正量を算出する定常適応制御手段と、先端適応制御手段と定常適応制御手段の出力から鋼板 50

長手方向全域の制御コードに対する修正量を最終的に決定する巻取り温度補正量合成手段を備えたこと

を特徴とするの巻取り温度制御装置。

【請求項 1 2】

請求項 3 乃至 6, 10, 11 において、前記先端適応制御手段は、前記鋼板を冷却し始めてから最初に巻取り温度偏差補正手段が起動されるタイミングで、前記巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの変更量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの変更量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの変更量とを取り込み、鋼板先端部の制御コードに対する修正量を算出し、

前記定常適応制御手段は、前記鋼板の中央部を冷却中の、前記巻取り温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量と、前記冷却前温度偏差補正手段が算出した制御コードの補正量とを取り込み、鋼板中央部の制御コードに対する修正量を算出すること

を特徴とする巻取り温度制御装置。

【請求項 1 3】

目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算し、

前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算し、

前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力し、

前記コード補正情報に応じて温度補正情報を演算し、

前記温度補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板における、前記目標巻取温度を補正する、

巻取り温度制御方法。

【請求項 1 4】

目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算し、

前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算し、

前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力し、

前記コード補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板に用いられる、コード補正情報を演算する

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関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、熱間圧延機で圧延されてた鋼板を、ダウンコイラで巻取られる前に、熱間圧延機の出側に備えられた複数のヘッダーで冷却するように構成される。

【0003】

この巻取温度制御を行うものとしては、例えば、特開平 8-66713 号公報に示されるように、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と圧延材の情報に基づいて圧延材の巻取り温度を予測し、この結果を基に冷却パターンを設定するものが知られている。また、例えば、特開平 7-32024 号公報に示されるように、圧延材を長手方向に分割し、これ毎に制御実績に基づく学習係数を設定可能とし、学習結果を反映して圧延材の温度降下量を算出し、温度降下量が目標温度になるように冷却制御を行うものが知

10

20

30

40

50

られている。

【0004】

【特許文献1】特開平8-66713号公報

【特許文献2】特開平7-32024号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特開平8-66713号公報に示される技術では、圧延材の温度の予測結果が適切でないと、制御の精度が著しく悪化する問題点があった。また、特開平7-32024号公報に示される技術では、学習係数を圧延材長手方向に分割した多数のセクションについてそれぞれ付与するため、実績データが含む外乱や不確かさの影響で、圧延部位や制御状況、温度域に応じたつじつま合せの係数が付与される恐れがあった。 10

【0006】

本発明の目的は、圧延材の温度予測モデルが実際の冷却現象を模擬する度合いが低下しても、制御精度の低下を最小化することが可能となる巻取温度制御装置および制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的を達成するために、本発明では、目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算し、前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算し、前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力し、前記コード補正情報に応じて温度補正情報を演算し、前記温度補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板における、前記目標巻取温度を補正するように構成した。 20

【0008】

或いは、目標巻取温度と鋼板速度に関する情報とから、前記冷却ヘッダーの開閉情報をコードで示す制御コードを演算し、前記鋼板の状態である観測結果に応じて、前記制御コードを補正するコード補正情報を演算し、前記コード補正情報で補正された制御コードをヘッダーパターンに変換してヘッダー制御装置に出力し、前記コード補正情報に応じて、前記ダウンコイラで巻き取られる次回以降のいずれかの鋼板に用いられる、コード補正情報を演算するように構成した。 30

【0009】

好ましくは、圧延材の温度予測に使用する温度予測モデルが、実際の冷却現象を精度良く模擬が可能となる。また、外乱の影響の最小化や学習に使用する実績データの確からしさを確保するための、学習データの採取方法や採取タイミングが可能となる。また、圧延材長手方向の適応の単位を、鋼板の先端部と定常部の2箇所とすることで、適応制御の演算を簡単化するとともに、適応結果の確からしさを向上させることにある。さらに適応制御を実績データでなく操作量に着目して実施することで、実績データの不確かさの影響を除去した制御が可能となる。 40

【発明の効果】

【0010】

本発明によると、熱間圧延における巻取り冷却工程において、制御環境の変化等で板温推定モデルが実際の鋼板の冷却現象を十分模擬できない場合でも、簡単な適応計算により、鋼板の長手方向全域で温度を高精度に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

まず、本発明を実施を容易に理解するために、概念的に図面に付された符号を用いて説明する。すなわち、目標巻取温度と鋼板の速度パターンと冷却装置の優先順位を入力情報とし、板温推定モデルを用いて所望の巻取温度を実現する冷却装置の指令値に対応し 50

た制御コードを算出するプリセット制御手段（１１０）と、冷却制御中にプリセット制御手段が出力した制御コードの補正量を算出するダイナミック制御手段（１２０）を備え、さらにダイナミック制御手段（１２０）が計算した操作量を用いた演算で目標巻取り温度の補正量を算出する適応制御手段（１１６）を備えた。ダイナミック制御手段（１２０）には、目標巻取り温度と冷却制御中に鋼板から検出した巻取り温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を制御コードの補正量として算出する巻取り温度偏差補正手段（１１０４）と、プリセット制御時に想定した鋼板の冷却前温度と冷却制御中に鋼板から検出した冷却前温度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する冷却前温度偏差補正手段（１１０５）と、プリセット制御時に想定した鋼板速度と冷却制御中の鋼板速度の偏差を補償するためのヘッダーの開閉を前記制御コードの補正量として算出する速度偏差補正手段（１１０６）を備え、適応制御手段（１１６）は、鋼板の先端部と定常部に着目して、巻取り温度偏差補正手段（１１０４）、冷却前温度偏差補正手段（１１０５）、速度偏差補正手段（１１０６）のそれぞれの出力を用いた演算で、目標巻取り温度の先端部補正温度と定常部補正温度を算出する。さらに目標巻取り温度と補正温度から、プリセット制御手段（１１０）が実際に計算に用いる目標巻取り温度を算出する目標温度補正手段（１１７）を備えた。そして鋼板長手方向の各部位毎に、プリセット制御手段（１１０）の出力した制御コードを、ダイナミック制御手段（１２０）の出力した制御コードで補正して最終的な制御コードを算出し、この制御コードを冷却装置の出力パターンに変換するヘッダーパターン変換手段（１４０）とを含んで構成される巻取り温度制御装置（１００）を提供する。

10

20

【００１２】

すなわち、熱間圧延後の、鋼板の巻取り制御において、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、平坦に近い鋼板形状を得ることができる。

【実施例１】

【００１３】

図１に本発明の実施例を示す。制御装置１００（あるいは巻取り温度制御装置１００とも称す。）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ラインであり、圧延機１５２のミル１５７で圧延された９００℃～１０００℃の温度の鋼板１５１を巻取冷却装置１５３で冷却し、ダウンコイラ１５４で巻取る。巻取冷却装置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されたバンク１５９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。ミル出側温度計１５５は、圧延機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。以下、本実施例では冷却前の温度として、ミル出側温度を使用する。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。本実施例で目標温度は、コイル長手方向の各部位に応じて異なった値を設定する場合を例に説明するが、部位にかかわらず一定でも良い。

30

40

【００１４】

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算出するプリセット制御手段１１０、鋼板１５１が巻取冷却装置１５３で冷却されているときに、冷却制御中にミル出側温度計１５５、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、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１４０を備えている。さらにプリセット制御手段１１０で使用した定数のうち、必要なものをダイナミック制御手段１２０に出力するプリセット情報伝達

50

手段 118 から構成される。プリセット情報伝達手段 118 は、少なくとも鋼板の目標巻取り温度、鋼板の速度スケジュール、ミル出側板温を、ダイナミック制御手段 120 に出力する。

【0015】

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。プリセット制御手段 110 は、目標巻取り温度テーブル 112、速度パターンテーブル 113、冷却ヘッダー優先順位テーブル 114 から情報を取り込み、板温推定モデル 115 を用いた演算によりヘッダーパターンを算出する。また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のに必要なヘッダーの開閉数を算出する、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のに必要なヘッダーの開閉数を算出する、冷却前温度偏差補正手段 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のに必要なヘッダーの開閉数を算出する、速度偏差補正手段 123 を備えている。さらにこれらの計算に用いる、影響係数テーブル 130 と、巻取り温度偏差補正手段 121、冷却前温度偏差補正手段 122、速度偏差補正手段 123 の計算結果を鋼板長手方向の各部位に着目して合成し、ダイナミック制御手段 120 の出力を算出する、操作量合成手段 125 を備えている。

【0016】

図 2 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ており、さらに鋼板長手方向に異なった目標温度が付与された例を示している。すなわち鋼板の先端部と後端部は、長手方向の 5 m 毎に異なる目標温度が、また定常温度となる鋼板中央部では先端部と異なる目標温度が設定されている。この結果、鋼板先端をダウンコイラ 154 への巻き付き性に配慮して少し高温に制御する等の、目標温度の微調整が可能となる。プリセット制御装置 110（あるいは先端プリセット制御手段 110 とも称す。）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パターンを抽出する。

【0017】

図 3 に速度パターンテーブル 113 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、鋼板 151 の後端がミル 157 から払いだ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。プリセット制御手段 110 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 113 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 3.0～4.0 mm、板幅が 1200 mm のときには、初期速度 150 mpm、定常速度 150 mpm、終期速度 150 mpm が設定されることを示している。

【0018】

図 4 に冷却ヘッダー優先順位テーブル 114 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。図 4 は 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。優先順位は、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。水冷と空冷を混在させることで、冷却効率を多少犠牲にして鋼板 151 の表面と内部の温度差を抑制する。冷却ヘッダーは目標巻取り温度が実現できる本数だけ、開放するように制御される。バルク、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、第 1 バルクの第 1 冷却ヘッダーを表している。図で、鋼種が SUS304、板厚が 2.0～3.0 mm、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。すなわち薄板のため冷却効率に配慮してミル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5.0～6.0 mm、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。

【0019】

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にプリセット制御手段110が出力する制御コードと、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。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1、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2のように制御コード化している。プリセット制御手段110は、このような冷却ヘッダー開閉パターンに対応した制御コードを、ヘッダーパターン変換手段140に出力する。すなわち、すべての冷却ヘッダーが開いた状態の制御コードを0、すべての冷却ヘッダーが閉じ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。そしてたとえば、鋼種がSUS304、板厚が2.0～3.0 mm、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。

【0020】

図6にプリセット制御手段110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113から取り込んだ値をもとに、初期速度から定常速度に移行するための加速開始位置、定常速度から終期速度に移行するための減速開始位置を算出し、鋼板151のミル157での払い出し開始からダウンコイラ154での巻取り完了までの速度パターンを計算する。加速開始位置Saccp、加速完了位置Saccq、は、減速開始位置Sdccp、減速完了位置Sdccqは、以下に示す〔数1〕～〔数4〕でそれぞれ算出できる。

【0021】

〔数1〕

$$S_{accp} = L_{md}$$

ただし L_{md} : ミル157からダウンコイラ154までの距離

【0022】

〔数2〕

$$S_{accq} = S_{accp} + (S_{mid} - S_{start}) * (S_{mid} + S_{start}) / (S_{accrate} * 2)$$

ただし S_{start} : 鋼板151の初期速度

S_{mid} : 鋼板151の定常速度

$S_{accrate}$: 鋼板151の初期速度から定常速度までの加速レート

【0023】

〔数3〕

$$S_{dccp} = L_{strip} - (S_{mid} - S_{end}) * (S_{mid} + S_{end}) / (S_{dccrate} * 2) - L_{margin}$$

ただし L_{strip} : 鋼板151の長さ

S_{end} : 鋼板151の終期速度

$S_{dccrate}$: 鋼板151の定常速度から終期速度までの減速レート

L_{margin} : 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

【0024】

10

20

30

40

50

〔数 4〕

$$S_{dccq} = L_{strip} - L_{margin}$$

算出した速度パターンにしたがって、S 6-2以降で、目標巻取り温度を実現するヘッダーパターンの時間変化を板温推定モデル 1 1 5を用いた演算で算出する。本実施例では線形逆補間法にしたがって、ヘッダーパターンを算出する例を示す。

【0 0 2 5】

S 6-2では鋼板 1 5 1の各部位について、解の制御コードを挟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、単純に開いている冷却ヘッダーが減少するので、 $n_1 < n_2$ 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。次に S 6-3で、 n_L と n_H の平均を n_0 とする。そして S 6-4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。S 6-4は板温推定モデル 1 1 5にしたがった温度推定演算を、制御対象 1 5 0（あるいは鋼板 1 5 0とも称す。）の長手方向の各部位について、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。S 6-5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。S 6-6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 S 6-3～S 6-5の実行を繰り返す。アルゴリズムの終了は、

- ・ S 5-3～S 5-5の一定回数以上の繰り返しを完了
- ・ 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 2 6】

制御コード付与の方法としては、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 2 7】

図 7に S 6-4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 1 5 1を長手方向および厚み方向に分割し、一定刻み Δ 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。S 7-1で計算時刻を更新し、さらに図 6の S 6-1で生成した速度パターンから、該当時刻の板速 V_t を計算する。S 7-2で、算出した板速を用いて、ミル払い出し長さを計算する。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、下式で計算できる。ただし L_{n-1} は、前時刻の払い出し長さである。

【0 0 2 8】

〔数 5〕

$$L_n = L_{n-1} + \Delta \cdot V_t$$

S 7-3で演算の完了を判定する。ミル払い出し長さ L_n が、鋼板 1 5 1の全長とミル 1 5 7～ダウンコイラ 1 5 4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。演算が完了していない場合には、S 7-4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、 Δ 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。S 7-5で Δ の間にミルから排出された鋼板 1 5 1に冷却前の鋼板温度の推定値を設定する。S 7-6で鋼板 1 5 1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 S 7-7で、例えば数〔数 6〕にしたがって熱伝達係数を計算する。

【0 0 2 9】

〔数 6〕

10

20

30

40

50

$$h w = 9.72 * 10^5 * \omega^{0.355} * \{(2.5 - 1.15 * \log T w) * D / (p l * p c)\}^{0.646} / (T s u - T w)$$

ただし ω : 水量密度

$T w$: 水温

D : ノズル直径

$p l$: 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

$T s u$: 鋼板 151 の表面温度

〔数 6〕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。 10

【0030】

一方、空冷の場合は、例えば〔数 7〕にしたがって熱伝達係数を計算する。

【0031】

〔数 7〕

$$h r = \sigma \cdot \varepsilon \left[\{(273 + T s u) / 100\}^4 - \{(273 + T a) / 100\}^4 \right] / (T s u - T a)$$

ただし σ : ステファンボルツマン定数 (= 4.88)

ε : 放射率

$T a$: 空気温度 (°C)

$T s u$: 鋼板 151 の表面温度 20

〔数 6〕と〔数 7〕は、鋼板 151 の表と裏について、それぞれ計算する。そして S 7-9 で鋼板 151 の各部位の温度を、 Δ 経過する前の温度をもとに、 Δ 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〔数 8〕のように計算できる。

【0032】

〔数 8〕

$$T n = T n - 1 - (h t + h b) * \Delta / (\rho * C * B)$$

ただし $T n$: 現在の板温

$T n - 1$: Δ 前の板温

$h t$: 鋼板表面の熱伝達係数 30

$h b$: 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

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〔数 9〕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。

【0033】

〔数 9〕

$$\partial T / \partial t = \{ \lambda / (\rho * C) \} * (\partial^2 T / \partial x^2)$$

ただし λ : 熱伝導率 40

T : 材料温度

そして S 7-10 でミル 157 からダウンコイラ 154 までの、ライン内の鋼板 151 の全領域で計算が完了するまで、S 6-6 ~ S 7-9 を繰り返す。また S 7-1 ~ S 7-9 を、S 7-3 で演算の終了を判定されるまで、繰り返す。

【0034】

図 8 に S 6-3 で鋼板 151 の各部位に付与されている制御コードの、図 6 の最適化処理による変化の一例を示す。処理 1 回目では、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 8 の処理 1 回目に示すように、鋼板 151 の全域で 50 が付与される。処理 2 回目では制御コード 50 に対して鋼板 151 の各部位の巻取り温度 50

T_c の予測結果が、 T_{target} より大きい小さいかで、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 の先端、後端に近い部分は、ヘッダーを閉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。具体的には図 8 の処理 2 回目に示すように、先端部、後端部は、1 回目の処理の $S6-5$ で $n_L = 50$ 、 $n_H = 100$ に更新された結果、制御コードはその平均である 75 に更新されている。一方、中央部は 1 回目の処理の $S6-5$ で $n_L = 0$ 、 $n_H = 50$ に更新された結果、制御コードは 25 に更新されている。このようにして、図 6 の $S6-3 \sim 6-6$ を繰り返すことで、制御コードが順次更新される。

【0035】

10

図 9 にプリセット制御手段 110 が最終的に出力する、制御コードの例を示す。図の例では、鋼板 151 は先端からの距離に対応して 1 m 単位でメッシュに分けられており、メッシュに対応して、制御コードが割り振られる。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、先端から 1 m 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、500 m から 501 m の間では、上ヘッダーの制御コードは 14、下ヘッダーの制御コードも 14であることを示している。図 8 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設定することも可能である。

【0036】

20

図 10 にダイナミック制御手段 120 の構成を示す。プリセット制御手段 110 が出力した制御コードは、鋼板 151 を冷却制御中に、ダイナミック制御手段 120 により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、これと目標巻取り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冷却前温度との偏差を補正する、冷却前温度偏差補正手段 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。さらに補正量の計算時に使用する影響係数テーブル 130 を備えている。補正量の総和は、操作量合成手段 125 で鋼板 151 の長手方向の各部位毎に制御コードの変化量に換算され、ダイナミック制御手段 120 から出力される。

30

【0037】

次に、各部位の動作を詳細に説明する。影響係数テーブル 130 は、制御コードの変化に対する巻取り温度の変化を格納した第 1 の影響係数テーブル 1001、鋼板速度の変化に対する巻取り温度の変化を格納した第 2 の影響係数テーブル 1002、冷却前温度の変化に対する巻取り温度の変化を格納した第 3 の影響係数テーブル 1003 を備えている。

【0038】

図 11 に第 1 の影響係数テーブル 1001 の構成を示す。第 1 の影響係数テーブル 1001 には、冷却ヘッダー 160 を一つ開、または閉したときの巻取り温度 T_c の変化量に対応した数値である $\partial T_c / \Delta n$ ($^{\circ}\text{C}$) が、板厚、板速、制御コードで層別されて格納されている。図の例では、板厚が 3 mm 以下、鋼板 151 の速度が 150 mpm 以下、制御コード n が 9 以下の場合には、 $(\partial T_c / \Delta n) = 3.0^{\circ}\text{C}$ であり、冷却ヘッダー 160 を一つ開または閉すると、巻取り温度計 156 で計測される巻取り温度 T_c が 3°C 、低下または上昇することを示している。層別項目は減らすこともできるし、冷却前温度等をさらに追加して増やすことも考えられる。

40

【0039】

図 12 に第 2 の影響係数テーブル 1002 の構成を示す。第 2 の影響係数テーブル 1002 には、鋼板 151 の速度を 1 mpm 増加、または減少させたときの巻取り温度 T_c の変化量に対応した数値である $\partial T_c / \partial V$ ($^{\circ}\text{C}/\text{mpm}$) が、板厚、板速、制御コードで層別されて格納されている。図の例では、板厚が 3 mm 以下、鋼板 151 の速度が 150 mpm 以下、

50

制御コード n が 9 以下の場合には、 $(\partial T_c / \partial V) = 2.2^\circ\text{C}$ であり、鋼板 151 の速度を 1 mpm 増加、または減少させると、巻取り温度計 156 で計測される巻取り温度 T_c が 2.2°C 、低下または上昇することを示している。層別項目は同様に、減らすこともできるし、冷却前温度等をさらに追加して増やすことも考えられる。

【0040】

図 13 に第 3 の影響係数テーブル 1003 の構成を示す。第 3 の影響係数テーブル 1003 には、ミル出側温度計 155 で計測した鋼板 151 の冷却前温度が 1°C 増加、または減少したときの巻取り温度 T_c の変化量に対応した数値である、 $\partial T_c / \partial T_f$ が、板厚、板速、制御コードで層別されて格納されている。図の例では、板厚が 3 mm 以下、鋼板 151 の速度が 150 mpm 以下、制御コード n が 9 以下の場合には、 $(\partial T_c / \partial T_f) = 0.9$ 10
 $^\circ\text{C}$ であり、冷却前温度の計測値が 1°C 高い。または低い場合には、巻取り温度計 156 で計測される巻取り温度 T_c が 0.9°C 、増加または減少することを示している。層別項目は同様に、減らすこともできるし、冷却前温度等をさらに追加することも考えられる。

【0041】

次に巻取り温度偏差補正手段 121 の処理を説明する。巻取り温度偏差補正手段 121 は、一定周期で起動され、巻取り温度 $F B$ 制御を行う。すなわち巻取り温度偏差補正手段 121 は、巻取り温度の目標温度に対する偏差の大きさに対して適切な制御コードの変更量を計算する、巻取り温度偏差補正量算出手段 1004 を備えている。巻取り温度偏差補正量算出手段 1004 は、セットアップで想定した T_c と巻取り温度計 156 で計測した T_c の差分を取り込み、さらに第 1 の影響係数テーブル 1001 から、現在の状態に該当 20
 した層別の影響係数 $(\partial T_c / \Delta n)$ を取り込み、下記の演算により、制御コードの変更量を計算する。

【0042】

〔数 10〕

$$\Delta n_1 = G_1 \cdot \{1 / (\partial T_c / \Delta n)\} \cdot \Delta T_c$$

ただし Δn_1 : 巻取り温度 $F B$ 制御による制御コード変更量

G_1 : 定数 (巻取り温度 $F B$ 制御ゲイン)

$(\partial T_c / \Delta n)$: 第 1 の影響係数テーブル 1001 から抽出した該当層別の影響係数

ΔT_c : 巻取り温度偏差 30

一方、冷却前温度偏差補正手段 122 も同様に一定周期で起動され、冷却前温度偏差フィードフォワード制御を行う。すなわち冷却前温度偏差補正手段 122 は、プリセット計算時に想定した冷却前温度と、ミル出側温度計 155 で検出されたミル出側実績温度の偏差の大きさに対して適切な制御コードの変更量を計算する冷却前温度偏差補正量算出手段 1005 と、計算結果を鋼板 151 の長手方向のどの部位に適用するかを決定する適用部位特定手段 1008 を備えている。冷却前温度偏差補正量算出手段 1005 は、セットアップで想定した T_f とミル出側温度計 155 で計測した T_f の差分 ΔT_f を取り込み、さらに第 1 の影響係数テーブル 1001 と第 3 の影響係数テーブル 1003 から、現在の状態に該当した層別の影響係数 $(\partial T_c / \Delta n)$ 、 $(\partial T_c / \partial T_f)$ を取り込み、下記の演算により、制御コードの変更量を計算する。 40

【0043】

〔数 11〕

$$\Delta n_2 = G_2 \cdot (\Delta n / \partial T_f) \cdot \Delta T_f$$

$$= G_2 \cdot \{1 / (\partial T_c / \Delta n)\} \cdot (\partial T_c / \partial T_f) \cdot \Delta T_f$$

ただし Δn_2 : 冷却前温度偏差 $F F$ 制御による制御コード変更量

G_2 : 定数 (冷却前温度 $F F$ 制御ゲイン)

$(\partial T_c / \partial T_f)$: 第 3 の影響係数テーブル 1103 から抽出した該当層別の影響係数

ΔT_f : ミル出側温度偏差

計算された Δn_2 は、適用部位特定手段 1008 に出力される。 50

【0044】

図14に、適用部位特定手段1008の処理を示す。ここで鋼板151には、図15に示すように、長手方向にセクション1501が定義されている。図の例では、鋼板先端から鋼板後端に渡り、n個のセクションが定義されており、それぞれにセクション番号が付与されている。すなわち鋼板先端のセクションに1、以下、鋼板後端のセクションにnが付与されている。S14-1で、ミル出側温度計155設置位置のセクション番号を取り込む。ここでは取り込んだセクション番号をiとする。鉄鋼システムの制御装置は、通常、鋼板151のトラッキング情報を計算し、種々の用途に使用する。すなわち、鋼板151の先頭位置（ミル157からの払い出し長さ）、尾端位置等を周期的に計算しているので、この情報とミル出側温度計155の取り付け位置との関係から、ミル出側温度計155設置位置のセクション番号が特定できる。次にS14-2で、冷却前温度偏差補正量算出手段1005の出力 $\Delta n2$ を取り込む。そしてS14-3で、S14-1で取り込んだミル出側温度計145設置位置のセクション番号iに、 $\Delta n2$ を登録する。以下、この値を $(\Delta n2)_i$ とする。

【0045】

速度偏差補正量算出手段1006も同様に一定周期で起動され、速度偏差フィードバック制御を行う。すなわち速度偏差補正量算出手段1006は、プリセット計算時に想定した鋼板速度と、実際の鋼板速度の偏差の大きさに対して適切な制御コードの変更量を計算する速度偏差補正量算出手段1006と、計算結果を鋼板151の長手方向のどの部位に適用するかを決定する適用部位特定手段1009を備えている。速度偏差補正量算出手段1006は、セットアップで想定した鋼板速度と実績速度の偏差 ΔV を取り込み、さらに第1の影響係数テーブル1001と第2の影響係数テーブル1002から、現在の状態に該当した層別の影響係数 $(\partial Tc / \Delta n)$ 、 $(\partial Tc / \partial V)$ を取り込み、下記の演算により、制御コードの変更量を計算する。

【0046】

〔数12〕

$$\begin{aligned}\Delta n3 &= G3 \cdot (\Delta n / \partial V) \cdot \Delta V \\ &= G3 \cdot \{1 / (\partial Tc / \Delta n)\} \cdot (\partial Tc / \partial V) \cdot \Delta V\end{aligned}$$

ただし $\Delta n3$ ：板速偏差FF制御による制御コード変更量

$G3$ ：定数（板速偏差FF制御ゲイン）

$(\partial Tc / \partial V)$ ：第2の影響係数テーブル1002から抽出した該当層別の影響係数

ΔV ：板速偏差

計算された $\Delta n3$ は、適用部位特定手段1109に出力される。

【0047】

図16に、適用部位特定手段1009の処理を示す。S16-1で、鋼板151のトラッキング情報から、巻取り冷却部153の侵入位置と排出位置にある鋼板の、鋼板セクション番号を取り込む。次にS16-2で、取り込んだセクション番号から、制御コードの補正が必要なセクションを決定し、各セクションの補正比を算出する。鋼板セクション番号iの補正比 R_i は、下式で計算できる。

【0048】

〔数13〕

$$R_i = (i - I1) / (I2 - I1)$$

ただし $I1$ ：冷却装置排出位置の鋼板セクション番号

$I2$ ：冷却装置進入位置の鋼板セクション番号

そしてS17-3で、速度偏差補正量算出手段1006の出力 $\Delta n3$ を取り込む。S16-4で、 $\Delta n3$ とS16-2で算出した補正比とから、各セクションの制御コード補正量を計算し、該当セクション番号に登録する。鋼板セクション番号iの補正量 $(\Delta n3)_i$ は下式で算出できる。

【0049】

10

20

30

40

50

〔数 1 4〕

$$\Delta n r i = \Delta n 3 \times R i$$

次に、操作量合成手段 1 2 5 の処理を説明する。操作量合成手段 1 2 5 は巻取り温度偏差補正手段 1 2 1 で計算した $\Delta n 1$ 、 $(\Delta n 2) i$ 、 $(\Delta n 3) i$ を加算して、各鋼板セクションの操作量を算出する。具体的には、鋼板セクション i に関するダイナミック制御手段 1 2 0 の出力 $N d i$ を、

【0 0 5 0】

〔数 1 5〕

$$N d i = \{ \Delta n 1 + (\Delta n 2) i + (\Delta n 3) i \}$$

で計算する。ダイナミック制御手段 1 2 0 は計算した補正量を出し、この値にしたがって、プリセット制御手段 1 1 0 が出力した制御コードが修正される。 10

【0 0 5 1】

以上のダイナミック制御手段 1 2 0 による補正量算出演算は、すべての鋼板セクションについて行うのではなく、巻取冷却装置 1 5 3 が冷却対象としている鋼板セクションに限定して、上記処理を行うことで、演算を簡略化しても良い。

【0 0 5 2】

図 1 7 にプリセット制御手段 1 1 0 が出力した制御コードを、ダイナミック制御手段 1 2 0 が補正したときの、補正結果の例を示す。図では鋼板部位 5 m ～ 6 m の制御コードが、1 2 から 1 0 に補正されている。本実施例では、各補正量算出手段 1 0 0 4 ～ 1 0 0 6 は一定周期で起動されたが、起動方法としては鋼板 1 5 1 がミル 1 5 7 から一定長払い出されたタイミング毎に起動する等、種々、考えられる。 20

【0 0 5 3】

図 1 8 にヘッダーパターン変換手段 1 4 0 が実行するアルゴリズムを示す。S 1 8 - 1 で、冷却ヘッダー直下を通過している鋼板 1 5 1 の先端からの距離 $L h$ を算出する。通常、制御装置 1 0 0 は、このような距離情報を有しており、種々の目的で使用する。S 1 8 - 2 で $L h$ が 0 より小さいかどうか判定し、小さい場合には鋼板 1 5 1 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 S 1 8 - 6 に進む。大きい場合には、鋼板 1 5 1 が該当冷却ヘッダーまで到達しているので、S 1 8 - 3 で距離 $L h$ に対応した制御コードを抽出する。すなわち $L h$ と図 8 の鋼板部位を照合し、 $L h$ に対応する部位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。S 1 8 - 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 7 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。S 1 8 - 5 では、冷却ヘッダー優先順位テーブル 1 1 4 に格納されている情報を用いて、具体的に開放する冷却ヘッダーを特定し、最終的に該当冷却ヘッダーの開閉を決定する。S 1 8 - 6 で、すべての冷却ヘッダー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、S 1 8 - 1 ～ S 1 8 - 5 の処理を繰り返す。 30

【0 0 5 4】

本実施例では冷却ヘッダー数が上下とも 1 0 0 の場合を例に説明したが、ヘッダー数としては設備に応じて、種々の数が可能である。

【0 0 5 5】

図 1 9 に適応制御手段 1 1 6 の構成を示す。適応制御手段 1 1 6 は、鋼板 1 5 1 の先端部の目標温度に対して適応処理を行う先端適応制御手段 1 9 0 1、定常部の目標温度に対して適応処理を行う定常適応制御手段 2 0 0 2、さらに先端適応制御手段 1 9 0 1 と定常適応制御手段 1 9 0 2 の出力を合成して、鋼板長手方向の目標温度パターンに対する最終的な補正量を算出して出力する補正温度合成手段 1 9 0 3 から構成される。 40

【0 0 5 6】

図 2 0 に先端適応制御手段 1 9 0 1 の処理内容を示す。S 2 0 - 1 で鋼板 1 5 1 に対する冷却制御開始後、最初の巻取り F B 制御タイミングであることを判定する。最初の巻取り F B 制御タイミングのとき、S 2 0 - 2 で操作量合成手段 1 2 5 から、巻取り温度偏差補正手段 1 0 0 4、冷却前温度偏差補正手段 1 0 0 5、速度偏差補正手段 1 0 0 6 の出力 50

、 Δn_1 、 Δn_2 、 Δn_3 、をそれぞれ取り込む。さらに S 2 0 - 3 で、適応制御量 $\Delta nadap_1$ を算出する。

【0057】

〔数16〕

$$\Delta nadap_1 = (G_3 - 1) \cdot \Delta n_3 + (G_2 - 1) \cdot \Delta n_2 + \Delta n_1 / G_1$$

ただし G_3 : 速度 F F ゲイン

G_2 : ミル出側温度 F F ゲイン

G_1 : 巻取り温度 F B ゲイン

適応制御量 $\Delta nadap_1$ は、鋼板先端部の巻取り制御誤差を、ヘッダー数に換算した値である。ここで、右辺 3 項は巻取り温度誤差を解消するための操作ヘッダー数を巻取り温度 F B ゲインで除した値、これに対して第 1 項は、速度変化の影響のうち速度 F F 制御で補償しなかった割合に相当し、この結果、巻取り温度 F B 制御で補償することになったヘッダー数相当の適応操作量である。また第 2 項は、ミル出側温度の影響のうちミル出側温度 F F 制御で補償しなかった割合に相当し、この結果、巻取り温度 F B 制御で補償することになったヘッダー数相当の適応操作量である。〔数 1 6〕より $\Delta nadap_1$ は、巻取り温度の偏差のうち、鋼板の速度変化とミル出側板温変動の影響を除外した値に相当するヘッダー数である。したがって鋼板先端部において、板温推定モデルが実際の冷却現象を模擬していない度合いにしたがって生じるプリセット制御誤差に相当するヘッダー数であり、次のプリセット制御でこの値を補償すれば、プリセット制御精度を向上できる。S 2 0 - 4 では、 $\Delta nadap_2$ と影響係数テーブルに蓄えられている ($\partial T_c / \partial n$) を用いて、巻 10 20

【0058】

〔数17〕

$$\Delta T_{c1} = (\partial T_c / \partial n) \cdot \Delta nadap_1 + \Delta 1$$

ただし $\Delta 1$: 直近の鋼板に施されている先端部適応量

(ΔT_{c1} の前回の計算値)

ΔT_{c1} が、先端部の目標温度に加減算される先端目標温度補正量である。

【0059】

図 2 1 に定常適応制御手段 1 9 0 2 の処理内容を示す。S 2 1 - 1 で鋼板 1 5 1 に対する冷却制御の完了を、ダウンコイラ 1 5 4 への巻取りが完了したことで判定する。鋼板 1 5 1 の巻取り完了後、S 2 1 - 2 で操作量合成手段 1 2 5 から、鋼板の定常部において施した巻取り温度偏差補正手段 1 0 0 4、冷却前温度偏差補正手段 1 0 0 5、速度偏差補正手段 1 0 0 6 の操作量、 Δn_1 、 Δn_2 、 Δn_3 、の制御系列を取り込む。さらに S 2 1 - 3 で、適応制御量 $\Delta nadap_2$ を算出する。 30

【0060】

〔数18〕

$$\Delta nadap_2 = (1 / N) \sum \{ (G_3 - 1) \cdot \Delta n_3 + (G_2 - 1) \cdot \Delta n_2 + \Delta n_1 \}$$

ただし G_3 : 速度 F F ゲイン

G_2 : ミル出側温度 F F ゲイン

N : 取り込んだ制御系列のサンプル数 40

適応制御量 $\Delta nadap_2$ は、鋼板の定常部の巻取り制御誤差を、ヘッダー数に換算した値である。ここで、右辺 3 項は巻取り温度誤差を解消するために操作したヘッダー数、これに対して第 1 項は、速度変化の影響のうち速度 F F 制御で補償しなかった割合に相当し、この結果、巻取り温度 F B 制御で補償することになったヘッダー数相当の適応操作量である。また第 2 項は、ミル出側温度の影響のうちミル出側温度 F F 制御で補償しなかった割合に相当し、この結果、巻取り温度 F B 制御で補償することになったヘッダー数相当の適応操作量である。定常部は鋼板長手方向の広域に及ぶため、適当なサンプリングで Δn_1 、 Δn_2 、 Δn_3 を複数採取し、平均することで、適応制御の尤度を高める。〔数 1 8〕では採取した数を N とした。またサンプリング処理として、一定時間間隔でデータを取り込んでも良いし、鋼板長手方向の一定長毎にデータを取り込んでも良い。また鋼板 1 5 1 50

長手方向の定常部としては、図 2 の目標温度パターンで、鋼板中央と対応付けられている範囲で定義すればよい。〔数 18〕より $\Delta \text{nadap}2$ は、巻取り温度の偏差のうち、鋼板の速度変化とミル出側板温変動の影響を除外した値に相当するヘッダー数である。したがって鋼板定常部において、板温推定モデルが実際の冷却現象を模擬していない度合いにしたがって生じるプリセット制御誤差に相当するヘッダー数であり、次のプリセット制御でこの値を補償すれば、プリセット制御精度を向上できる。S 21-4では、 $\Delta \text{nadap}2$ と影響係数テーブルに蓄えられている $(\partial T_c / \partial n)$ を用いて、巻取り温度に換算した適応制御量 ΔT_{c2} を算出する。

【0061】

〔数 19〕

$$\Delta T_{c2} = (\partial T_c / \partial n) \cdot \Delta \text{nadap}2 + \Delta 2$$

ただし $\Delta 2$: 直近の鋼板に施されている先端部適応量
(ΔT_{c2} の前回の計算値)

ΔT_{c2} が、定常部の目標温度に加減算される先端目標温度補正量である。

【0062】

目標温度補正手段 117 は ΔT_{c1} と ΔT_{c2} から図 2 の目標温度を補正する。すなわち鋼板先端部に対応した目標温度は ΔT_{c1} を加減算することで補正し、鋼板中央部に対応した目標温度は ΔT_{c2} を加減算することで補正する。必要に応じて、鋼板先端部と中央部の境界付近について、 ΔT_{c1} と ΔT_{c2} を按分して補正量を決定してもよい。すなわち補正量 ΔT_{c*} を〔数 20〕で算出しても良い。

【0063】

〔数 20〕

$$\Delta T_{c*} = \alpha \cdot \Delta T_{c1} + (1 - \alpha) \cdot \Delta T_{c2}$$

ただし α : 按分比 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

次の鋼板に対してプリセット制御手段 110 が行うプリセット計算には、目標温度補正手段 117 で合成された目標温度パターンが使用される。

【実施例 2】

【0064】

図 22 に、適応制御手段 116 が $\Delta \text{nadap}1$, $\Delta \text{nadap}2$ を用いて直接制御コードを補正する例を示す。この場合、適応制御手段 116 は制御コード修正手段 2201 に〔数 16〕, 〔数 18〕で算出した $\Delta \text{nadap}1$ と $\Delta \text{nadap}2$ を出力する。制御コード修正手段 2201 は、プリセット制御手段 110 が出力した制御コード列を取り込み、鋼板先端部に対応した制御コードは $\Delta \text{nadap}1$ を加減算することで補正し、鋼板中央部に対応した制御コードは $\Delta \text{nadap}2$ を加減算することで補正して、ヘッダーパターン変換手段 140 に出力する。プリセット制御手段 110 が出力した制御コード列の例は、図 9 と同様である。

【産業上の利用可能性】

【0065】

熱間圧延ラインの冷却制御に、広く適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】本発明の巻取り温度制御装置の構成を示した説明図である。

【図 2】目標巻取り温度テーブルの構成を示した説明図である。

【図 3】速度パターンテーブルの構成を示した説明図である。

【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である。

【図 5】ヘッダー開閉パターンと制御コードの対応例の説明図である。

【図 6】プリセット制御手段の処理である。

【図 7】巻取り温度予測計算の詳細処理である。

【図 8】冷却ヘッダー開閉パターンと制御コードの対応テーブルの構成図である。

【図 9】鋼板部位と制御コードの対応テーブルの構成図である。

【図 10】ダイナミック制御手段による制御コード補正処理の説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】 第 1 の影響係数テーブルの構成図である。

【図 12】第 2 の影響係数テーブルの構成図である。

【図 13】第 3 の影響係数テーブルの構成図である。

【図 14】 冷却前温度偏差補正手段の処理である。

【図 15】鋼板の長手方向セクション分けの説明図である。

【図 16】速度偏差補正手段 1 2 3 の処理である。

【図 17】 ダイナミック制御手段による制御コード補正処理結果の説明図である。

【図 18】ヘッダーパターン変換手段の処理である。

【図 19】 適応制御手段の構成図である。

【図 20】 先端適応制御手段の処理である。

【図 2 1】定常適応制御手段の処理である。

【図 2 2】 巻取り温度制御装置の構成を示した説明図である。

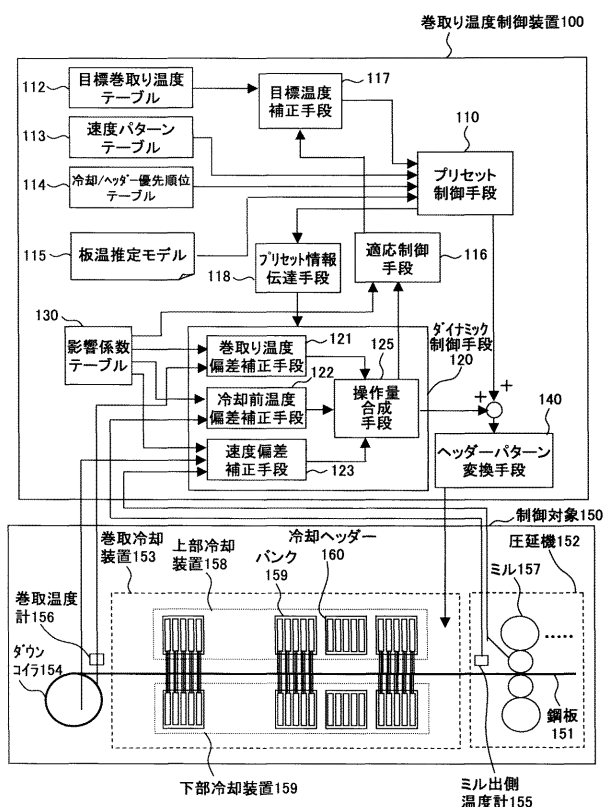
【符号の説明】

【 0 0 6 7 】

1 0 0…制御装置、1 1 0…プリセット制御手段、1 1 2…目標巻取り温度テーブル、1 1 3…速度パターンテーブル、1 1 4…冷却ヘッダー優先順位テーブル、1 1 5…板温推定モデル、1 1 7…目標温度補正手段、1 2 0…ダイナミック制御手段、1 2 1…巻取り温度偏差補正手段、1 2 2…冷却前温度偏差補正手段、1 2 3…速度偏差補正手段、1 3 0…影響係数テーブル、1 4 0…ヘッダーパターン変換手段、1 5 0…制御対象、1 5 3…巻取冷却装置、1 0 0 1…第1の影響係数テーブル、1 0 0 2…第2の影響係数
20
テーブル、1 0 0 3…第3の影響係数テーブル、1 9 0 1…先端適応制御手段、1 9 0 2…定常適応制御手段、1 9 0 3…補正温度合成手段、2 2 0 1…制御コード修正手段。

【图 1】

图 1



【图 2】

图 2

目標温度						
鋼種	鋼板先端			鋼板中央	鋼板後端	
	0~5m	5~10m	.....		.....	N-10~ N-5m
SUS304	700℃	690℃		650℃		690℃
SUS316	730℃	720℃		680℃		720℃
SUS430	680℃	670℃		630℃		670℃
.....						

【图 3】

图 3

速度パターン
テーブル113

鋼 種	板 厚	板 幅	初期速度	定常速度	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
					
.....					

【図 4】

図 4

冷却ヘッダー優先順位
テーブル114

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～	上ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	.....	(20,4)	(20,5)	
	3.0mm	下ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	.....	(20,4)	(20,5)	
	3.0mm～	上ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	.....	(20,4)	(20,5)	
	4.0mm	下ヘッダー	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	.....	(20,4)	(20,5)	
	4.0mm～	上ヘッダー	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	.....	(20,2)	(20,4)	
	5.0mm	下ヘッダー	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	.....	(20,2)	(20,4)	
	5.0mm～	上ヘッダー	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	.....	(20,3)	(20,5)	
	6.0mm	下ヘッダー	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	.....	(20,3)	(20,5)	
.....												
.....												

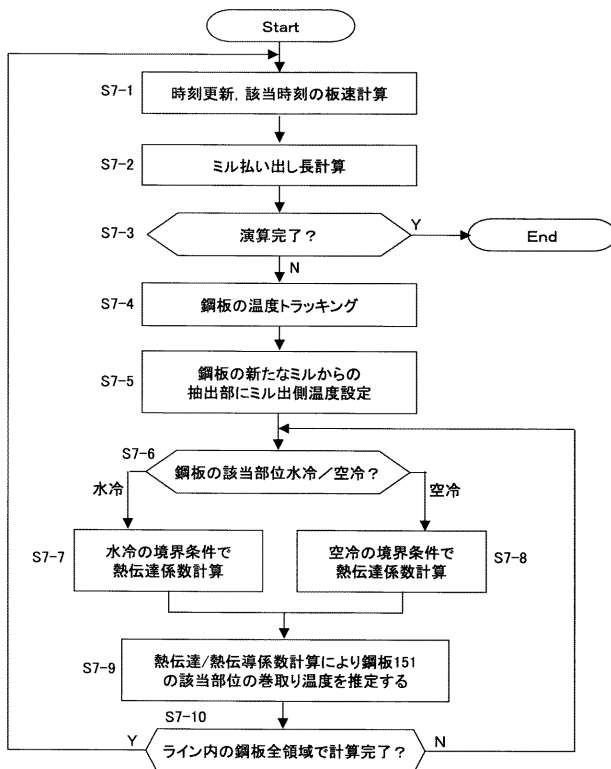
【図 5】

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

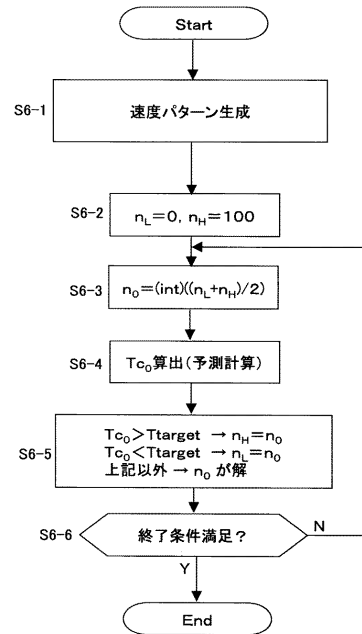
【図 7】

図 7



【図 6】

図 6



【図 8】

図 8

処理1回目

鋼板 部位	先端 ~ 1m	1m ~ 2m	2m ~ 3m	.....	500m ~ 501	501m ~ 502m	.....	後端 -2m ~ 後端 -1m	後端 -1m ~ 後端
上ヘッダー 制御コード	50	50	50	.....	50	50	.....	50	50
下ヘッダー 制御コード	50	50	50	.....	50	50	.....	50	50

処理2回目

鋼板 部位	先端 ~ 1m	1m ~ 2m	2m ~ 3m	.....	500m ~ 501	501m ~ 502m	.....	後端 -2m ~ 後端 -1m	後端 -1m ~ 後端
上ヘッダー 制御コード	75	75	75	.....	25	25	.....	75	75
下ヘッダー 制御コード	75	75	75	.....	25	25	.....	75	75

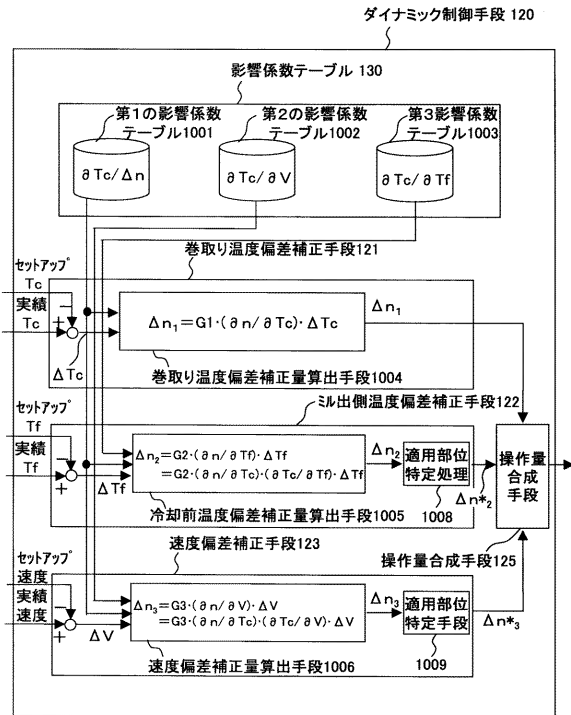
【図 9】

図 9

鋼板 部位	先端 ~ 1m	1m ~ 2m	2m ~ 3m	.....	500m ~ 501	501m ~ 502m	.....	後端 -2m ~ 後端 -1m	後端 -1m ~ 後端
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 1 0 】

图 10



【 図 1 1 】

图 11

第1の影響係数
テーブル1001

板厚	板速	制御コード	$\partial T_c / \Delta n$
～3.0mm	～150mpm	～9	3.0 °C
		10～19	3.2 °C
		20～29	3.5 °C
		30～39	3.9 °C
		40～49	4.3 °C
		50～59	4.8 °C
		60～69	5.3 °C
		70～79	5.8 °C
		80～89	6.4 °C
		90～	7.0 °C
	150～180mpm	～9	3.5 °C
		10～19	3.7 °C
		20～29	4.0 °C
3.0～4.0mm			

【 図 1 2 】

图 12

第2の影響係数
テーブル1002

板厚	板速	制御コード	$\partial T_c / \partial V$
～3.0mm	～150mpm	～9	2.2 °C/mpm
		10～19	2.0 °C/mpm
		20～29	1.8 °C/mpm
		30～39	1.6 °C/mpm
		40～49	1.4 °C/mpm
		50～59	1.2 °C/mpm
		60～69	1.0 °C/mpm
		70～79	0.8 °C/mpm
		80～89	0.6 °C/mpm
		90～	0.4 °C/mpm
	150～180mpm	～9	2.2 °C/mpm
		10～19	2.0 °C/mpm
		20～29	1.8 °C/mpm
3.0～4.0mm			

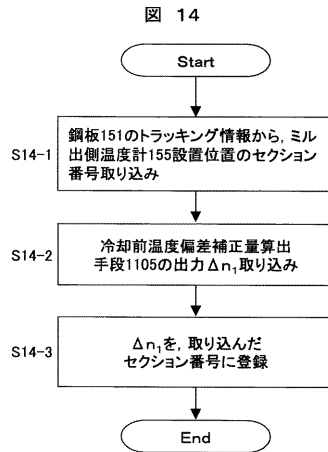
【 図 1 3 】

图 13

第3の影響係数
テーブル1003

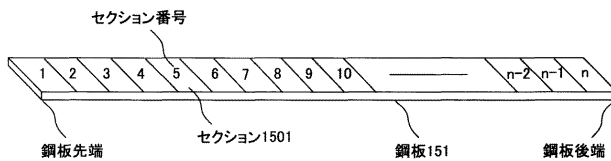
板厚	板速	制御コード*	$\partial T_c / \partial T_f$
～3.0mm	～150mpm	～9	0.9
		10～19	0.9
		20～29	0.9
		30～39	0.95
		40～49	0.95
		50～59	1.0
		60～69	1.0
		70～79	1.0
		80～89	1.0
	90～	1.0	
	150～180mpm	～9	0.9
		10～19	0.9
		20～29	0.95
3.0～4.0mm			

【図 14】

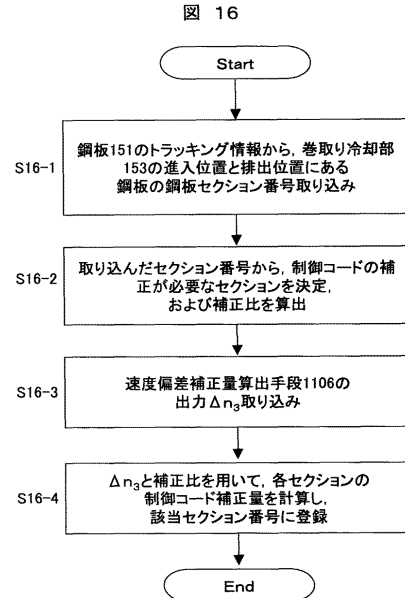


【図 15】

図 15



【図 16】



【図 17】

図 17

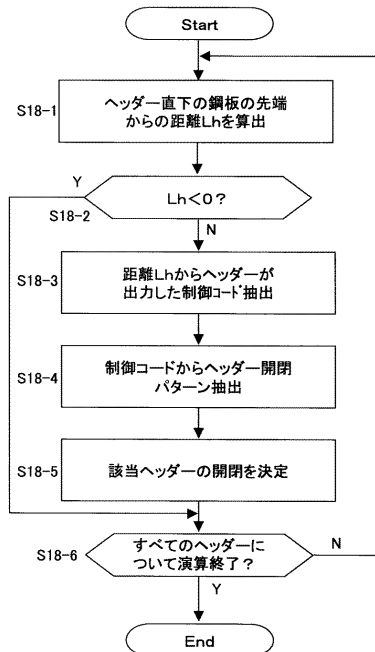
鋼板 部位	-----	500m ～ 501m	501m ～ 502m	502m ～ 503m	503m ～ 504m	504m ～ 505m	-----
上ヘッダー 出力コード		18	14	12	14	12	
下ヘッダー 出力コード		18	14	12	14	12	

ダイナミック演算手段120
の計算結果反映後

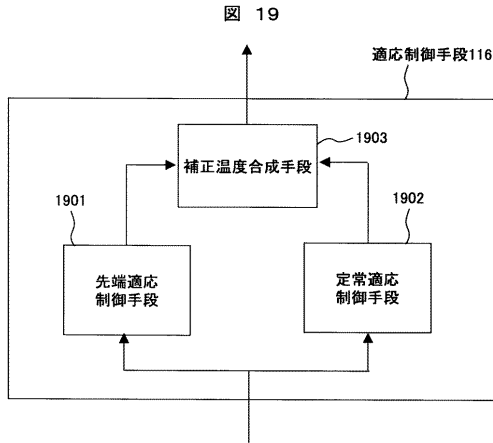
鋼板 部位	-----	500m ～ 501m	501m ～ 502m	502m ～ 503m	503m ～ 504m	504m ～ 505m	-----
上ヘッダー 出力コード		18	14	14	14	14	
下ヘッダー 出力コード		18	14	14	14	14	

【図 18】

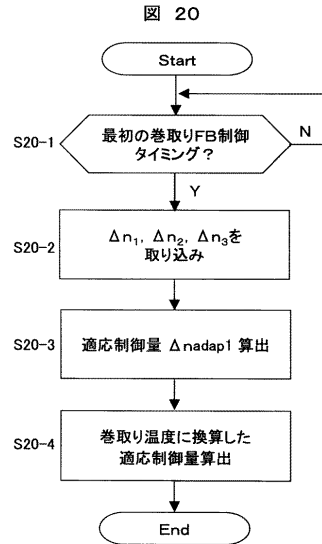
図 18



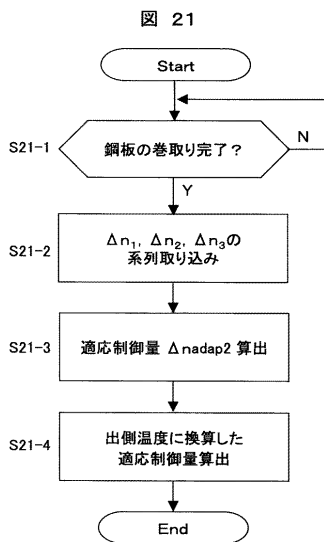
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

