

(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2013-163189

(P2013-163189A)

(43) 公開日 平成25年8月22日(2013.8.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 1 B 37/46 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 1 3 8	4 E 0 2 4
B 2 1 B 37/26 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 1 1 4	
B 2 1 B 37/00 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 1 3 6 B	
B 2 1 B 37/76 (2006.01)	B 2 1 B 37/00 1 3 2 B	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-26190 (P2012-26190)
 (22) 出願日 平成24年2月9日(2012.2.9)

(71) 出願人 501137636
 東芝三菱電機産業システム株式会社
 東京都港区三田三丁目13番16号
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (72) 発明者 北郷 和寿
 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝
 三菱電機産業システム株式会社内
 Fターム(参考) 4E024 AA01 AA07 BB06 CC03 EE01

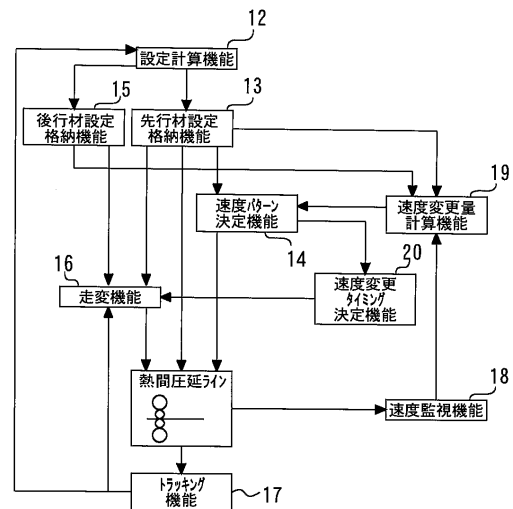
(54) 【発明の名称】 熱間圧延ラインの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 走間板厚変更中の仕上ミルの出側における圧延速度を一定しつつ、仕上ミルの出側において板厚変更後の圧延材の温度を許容範囲内に制御することができる熱間圧延ラインの制御装置を提供する。

【解決手段】 先行材の後端部の圧延速度の設定値と圧延材の後端側となる後行材の先端部の圧延速度の設定値と先行材の実速度とに基づいて、仕上ミルの出側で後行材の先端部の温度が所望の範囲内となるように、先行材の後端部における速度変更量を計算する速度変更量計算機能と、速度変更量に基づいて、先行材の後端部が仕上ミルを通過する際の圧延速度を変更して一定にした後、後行材が所望の厚さとなるように、仕上ミルのロール間隙と前記ロール間の張力の設定を走間板厚変更に対応した設定に変更する走変機能と、を備えた。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧延材の先端側となる先行材が所望の温度となるように、前記先行材が仕上ミルを通過する際の圧延速度パターンを決定する速度パターン決定機能と、

前記圧延材の位置を把握するトラッキング機能と、

前記圧延材の実速度を監視する速度監視機能と、

前記先行材の後端部の圧延速度の設定値と前記圧延材の後端側となる後行材の先端部の圧延速度の設定値と前記圧延材の実速度とに基づいて、前記仕上ミルの出側で前記後行材の先端部の温度が所望の範囲内となるように、前記先行材の後端部における速度変更量を計算する速度変更量計算機能と、

前記速度変更量に基づいて、前記先行材の後端部が前記仕上ミルを通過する際の圧延速度を変更して一定にした後、前記後行材が所望の厚さとなるように、前記仕上ミルのロール間隙の設定と前記ロール間の張力の設定とを走間板厚変更に対応した設定に変更する走変機能と、

を備えたことを特徴とする熱間圧延ラインの制御装置。

【請求項 2】

前記仕上ミルの出側での前記先行材の後端部の温度が所望の範囲内となるように、前記走変機能により前記先行材の後端部が前記仕上ミルを通過する際の圧延速度の変更が開始されてから前記走間板厚変更が完了するまで、前記仕上ミルの出側での前記圧延材の温度を制御するアクチュエータの制御量を制限するアクチュエータ出力決定機能、

を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の熱間圧延ラインの制御装置。

【請求項 3】

前記仕上ミルの出側での前記圧延材の実温度と目標温度との偏差を計算する偏差計算機能と、

前記偏差が閾値内の場合に、前記偏差がないものとする D B 機能と、

前記偏差に基づいて、前記アクチュエータの制御量を計算する機能と、

前記アクチュエータの出力の制限範囲を決定する制限機能と、

を備え、

前記 D B 機能は、前記先行材の後端部が前記仕上ミルを通過する際の圧延速度の変更が開始されてから前記走間板厚変更が完了するまで、前記閾値を大きくし、

前記アクチュエータ出力決定機能は、前記アクチュエータの出力の制御範囲内で前記アクチュエータの制御量を決定することを特徴とする請求項 2 記載の熱間圧延ラインの制御装置。

【請求項 4】

前記アクチュエータ出力決定機能は、前記アクチュエータの制御として、前記仕上ミルを構成する仕上ミルスタンドの間に配置されたスタンド間スプレーの流量を制御することを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の熱間圧延ラインの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、熱間圧延ラインの制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

熱間圧延ラインの制御装置として、仕上ミルの入側にも目標温度を設定して、圧延材の温度履歴及び速度パターンを考慮し、圧延速度や粗バーの厚さの設定値を変更するものが提案されている。当該制御装置によれば、仕上ミルの出側において、圧延材の温度を目標温度に制御し得る（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特許第4079098号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、当該制御装置で連続圧延を制御した場合、走間板厚変更中の圧延の安全性を考慮して、仕上ミルの出側における圧延速度を一定にすると、仕上ミルの出側において、板厚変更後の圧延材の温度を許容範囲内とすることができない場合がある。

【0005】

この発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、走間板厚変更中の仕上ミルの出側における圧延速度を一定にしつつ、仕上ミルの出側において板厚変更後の圧延材の温度を許容範囲内に制御することができる熱間圧延ラインの制御装置を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係る熱間圧延ラインの制御装置は、圧延材の先端側となる先行材が所望の温度となるように、前記先行材が仕上ミルを通過する際の圧延速度パターンを決定する速度パターン決定機能と、前記圧延材の位置を把握するトラッキング機能と、前記圧延材の実速度を監視する速度監視機能と、前記先行材の後端部の圧延速度の設定値と前記圧延材の後端側となる後行材の先端部の圧延速度の設定値と前記先行材の実速度とに基づいて、前記仕上ミルの出側で前記後行材の先端部の温度が所望の範囲内となるように、前記先行材の後端部における速度変更量を計算する速度変更量計算機能と、前記速度変更量に基づいて、前記先行材の後端部が前記仕上ミルを通過する際の圧延速度を変更して一定にした後、前記後行材が所望の厚さとなるように、前記仕上ミルのロール間隙の設定と前記ロール間の張力の設定とを走間板厚変更に対応した設定に変更する走変機能と、を備えたものである。

20

【発明の効果】

【0007】

この発明によれば、走間板厚変更中の仕上ミルの出側における圧延速度を一定にしつつ、仕上ミルの出側において板厚変更後の圧延材の温度を許容範囲内に制御することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置に制御される熱間圧延ラインの構成図である。

【図2】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置のブロック図である。

【図3】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置が走間板厚変更を行う際に必要とするパラメータを説明するための図である。

【図4】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置が計算した速度パターンを説明するための図である。

40

【図5】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置が速度変更するタイミングを説明するための図である。

【図6】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】この発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置による圧延材の温度制御履歴を説明するためのタイミングチャートである。

【図8】この発明の実施の形態2における熱間圧延ラインの制御装置の要部のブロック図である。

【図9】この発明の実施の形態2における熱間圧延ラインの制御装置による圧延材の温度制御履歴を説明するためのタイミングチャートである。

50

【発明を実施するための形態】**【0009】**

この発明を実施するための形態について添付の図面に従って説明する。なお、各図中、同一又は相当する部分には同一の符号を付しており、その重複説明は適宜に簡略化ないし省略する。

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 はこの発明の実施の形態 1 における熱間圧延ラインの制御装置に制御される熱間圧延ラインの構成図である。

【0011】

図 1 の上段 (a) において、1 は加熱炉である。加熱炉 1 の出側には、粗ミル圧延機群 2 が配置される。粗ミル圧延機群 2 の出側には、仕上ミル圧延機群 3 が配置される。通常、仕上ミル圧延機群 3 は、5 ~ 7 基の仕上ミルスタンドを備える。仕上ミル圧延機群 3 の出側には、巻取り機 4 が配置される。仕上ミル圧延機群 3 と巻取り機 4 との間には、切断機 5 が配置される。

10

【0012】

粗ミル圧延機群 2 と仕上ミル圧延機群 3 との間では、粗ミル圧延機群 2 出側近傍に、粗ミル出側温度計 6 が配置される。仕上ミル圧延機群 3 と切断機 5 との間では、仕上ミル圧延機群 3 出側近傍に、仕上ミル出側温度計 7 が配置される。仕上ミル圧延機群 3 の各仕上ミルスタンド間には、スタンド間スプレー 8 が配置される。

20

【0013】

この熱間圧延ラインにおいては、加熱炉 1 から鉄又は非鉄のスラブが抽出される。当該スラブは、粗ミル圧延機群 2 で目標の中間パー板厚まで圧延される。その後、当該圧延材は、仕上ミル圧延機群 3 入側まで搬送される。その後、当該圧延材は、仕上ミルスタンドで所望の製品板厚まで圧延される。その後、当該圧延材は、巻取り機 4 によってコイル状に巻き取られる。

【0014】

図 1 の上段 (a) は、一連なりの先行材 9 a と後行材 9 b とを連続圧延する場合を示している。すなわち、圧延材の先端側が先行材 9 a である。圧延材の後端側が後行材 9 b である。この場合、圧延中に仕上ミルスタンドのロール間隙及びロール間の張力が変更される。その結果、仕上ミル圧延機群 3 出側では、先行材 9 a と後行材 9 b とにおいて、板厚が変更される。

30

【0015】

その後、先行材 9 a は、巻取り機 4 の一方にコイル状に巻き取られる。その後、できるだけ歩留りを低下させることなく、先行材 9 a と後行材 9 b との板厚変更部分周辺が切断機 5 で切断される。その後、後行材 9 b は、巻取り機 4 の他方にコイル状に巻き取られる。

【0016】

図 1 の中段 (b) は、連続鑄造装置 10 を備えた熱間圧延ラインである。連続鑄造装置 10 は、ロングスラブを抽出する。当該ロングスラブは、熱間圧延ラインで連続圧延される。

40

【0017】

図 1 の下段 (c) は、接合設備 11 を備えた熱間圧延ラインである。接合設備 11 は、仕上ミル圧延機群 3 の入側に配置される。接合設備 11 は、中間パー板厚まで圧延された圧延材を接合する。その結果、一連なりの圧延材が仕上ミル圧延機群 3 で連続圧延される。

【0018】

次に、熱間圧延ラインの制御装置を説明する。

図 2 はこの発明の実施の形態 1 における熱間圧延ラインの制御装置のブロック図である。

50

【 0 0 1 9 】

図 2 に示すように、制御装置は、設定計算機能 1 2、先行材設定格納機能 1 3、速度パターン決定機能 1 4、後行材設定格納機能 1 5、走変機能 1 6、トラッキング機能 1 7、速度監視機能 1 8、速度変更量計算機能 1 9、速度変更タイミング決定機能 2 0 を備える。

【 0 0 2 0 】

設定計算機能 1 2 は、仕上ミル圧延機群 3 の出側における圧延材の目標板厚及び目標温度 (F D T 目標値) 等の操業条件に基づいて、モデル式を用いて、少なくとも、圧延材の先端部、中央部、後端部において、圧延スケジュールを決定する機能である。例えば、仕上ミル圧延機群 3 の出側で目標板厚を得るために、仕上げミルスタンドのロール間隙やロール間の張力等が決定される。また、仕上ミル圧延機群 3 の出側で圧延材の温度が F D T 目標値となるように、圧延材が仕上ミル圧延機群 3 を通過する際の圧延速度、スタンド間スプレー 8 の流量等が決定される。この際、圧延速度は、圧延トルクの限界値を越えないように決定される。

10

【 0 0 2 1 】

先行材設定格納機能 1 3 は、設定計算機能 1 2 で計算された先行材 9 a の各設定値を格納しておき、指定のタイミングで各設定値を熱間圧延ラインに送付する機能である。

【 0 0 2 2 】

速度パターン決定機能 1 4 は、設定計算機能 1 2 で計算された圧延速度、操業条件に基づいて、先行材 9 a の圧延材全長の速度パターンを決定する機能である。

20

【 0 0 2 3 】

後行材設定格納機能 1 5 は、設定計算機能 1 2 で計算された後行材 9 b の各設定値を格納する機能である。

【 0 0 2 4 】

走変機能 1 6 は、先行材設定格納機能 1 3 に格納された先行材 9 a の各設定値、後行材設定格納機能 1 5 に格納された後行材 9 b の各設定値に基づいて、仕上ミル圧延機群 3 の出側において走間板厚変更中に必要となる仕上ミルスタンドのロール間隙とロール間の張力の設定値を決定する機能である。

【 0 0 2 5 】

トラッキング機能 1 7 は、熱間圧延ラインにおいて、圧延材の位置を正確に把握するトラッキングを実施する機能である。

30

【 0 0 2 6 】

速度監視機能 1 8 は、仕上ミルスタンドのロールの回転数に基づき発生するエンコーダからのパルス信号から計算した速度や超音波速度計等から直接計測した圧延材の実速度を逐次監視する機能である。

【 0 0 2 7 】

速度変更量計算機能 1 9 は、仕上ミル圧延機群 3 の出側での後行材 9 b の先端部の実温度 (F D T 実績値) が許容範囲内となるように、先行材 9 a の後端部における最適な速度変更量を計算する機能である。具体的には、速度変更量計算機能 1 9 は、先行材設定格納機能 1 3 に格納された先行材 9 a の後端部の圧延速度の設定値、後行材設定格納機能 1 5 に格納された後行材 9 b の先端部の圧延速度の設定値、速度監視機能 1 8 が監視している現時点での先行材 9 a の実速度に基づいて、最適な速度変更量を計算する。

40

【 0 0 2 8 】

速度変更タイミング決定機能 2 0 は、速度変更量計算機能 1 9 で計算された速度変更量に基づいて、圧延速度を変更する際の最適なタイミングを決定する機能である。

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 を用いて、走間板厚変更を開始する F P C (F l y i n g P r o d u c t C h a n g e) 点の決定方法を説明する。

図 3 はこの発明の実施の形態 1 における熱間圧延ラインの制御装置が走間板厚変更を行う際に必要とするパラメータを説明するための図である。

50

【 0 0 3 0 】

図 3 において、A は後行材 9 b の先端部の設定計算ポイントである。L_{b e f} (m) は、仕上ミル圧延機群 3 の出側における先行材 9 a の長さである。L_B (m) は走間板厚変更に必要な距離である。L_C (m) はマージン距離である。走間板厚変更に必要な距離 L_B とマージン距離 L_C とは、板厚区分毎の層別テーブル値により、仕上ミル圧延機群 3 の出側の距離として予め定義される。

【 0 0 3 1 】

先行材 9 a の質量を M (k g)、先行材 9 a の目標板幅を w (m)、先行材 9 a の目標板厚を h₁ (m)、後行材 9 b の目標板厚を h₂ (m)、圧延材の密度を (k g / m³) とすると、先行材 9 a の長さ L_{b e f} は、次の (1) 式で計算される。

10

【 数 1 】

$$L_{bef} = \left(\frac{M}{w \cdot \rho} - L_C h_2 - L_B (h_1 + h_2) \right) \frac{1}{2} \frac{1}{h_1} \quad (1)$$

【 0 0 3 2 】

仕上ミル圧延機群 3 の入側の板厚目標値である中間パー厚を H (m) とすると、仕上ミル圧延機群 3 の入側における先行材 9 a の長さ L_H (m) は、次の (2) で計算される。

【 数 2 】

$$L_H = \frac{h_1}{H} L_{bef} \quad (2)$$

20

【 0 0 3 3 】

このとき、仕上ミル圧延機群 3 の入側において、先行材 9 a の先端から F P C 点までの圧延材の長さ L_{H C} (m) は、次の (3) 式で計算される。

【 数 3 】

$$L_{HC} = L_H - \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \cdot H} L_B + \frac{h_2}{H} L_C \right) \quad (3)$$

【 0 0 3 4 】

次に、図 4 を用いて、速度変更量の決定方法と圧延速度パターンの修正方法を説明する

30

。図 4 はこの発明の実施の形態 1 における熱間圧延ラインの制御装置が計算した速度パターンを説明するための図である。図 4 の横軸は時間である。図 4 の縦軸は圧延速度である

【 0 0 3 5 】

2 1 は前回の設定計算時の圧延速度パターンである。2 2 は設定計算機能 1 2 で計算された先行材 9 a の後端部の圧延速度である。2 3 は設定計算機能 1 2 で計算された後行材 9 b の先端部の圧延速度である。2 4 は F D T 目標値を達成するために変更した速度実績である。2 5 は現時点の圧延速度である。v は速度変更量である。S_{t a i l} は速度変更に必要な時間である。2 6 は変更後の圧延速度パターンである。

40

【 0 0 3 6 】

先行材 9 a の後端部の圧延速度 2 2 の設定値 (m / s) を v_{t a i l}^{b e f}、後行材 9 b の先端部の圧延速度 2 3 の設定値 (m / s) を v_{h e a d}^{a f t}、現時点の圧延速度 2 5 (m / s) を v^{a c t}、調整ゲインを とすると、速度変更量 v (m / s) は、次の (4) 式で計算される。この際、調整ゲイン は、操業条件として予め設定される。

【 数 4 】

$$\Delta v = (v_{head}^{aft} - v_{tail}^{bef}) + \alpha (v_{tail}^{bef} - v^{act}) \quad (4)$$

【 0 0 3 7 】

次に、速度変更量 v で変更された圧延速度のリミットチェックが実施される。具体的

50

には、圧延速度許容上限値 v_{max} を基準として、次の(5)式が成立するか否かが判定される。この際、圧延速度許容上限値 v_{max} は、板厚区分毎の層別テーブル値として、予め決定される。

【数5】

$$v_{max} < \Delta v + v_{tail}^{bef} \quad (5)$$

【0038】

(5)式が成立する場合、速度変更量 v は、次の(6)式で修正される。

【数6】

$$\Delta v = v_{max} - v_{tail}^{bef} \quad (6)$$

10

【0039】

また、圧延速度許容下限値 v_{min} を基準として、次の(7)式が成立するか否かが判定される。この際、圧延速度許容下限値 v_{min} は、板厚区分毎の層別テーブル値として、予め決定される。

【数7】

$$v_{min} > \Delta v + v_{head}^{aft} \quad (7)$$

【0040】

(7)が成立する場合、速度変更量 v は、次の(8)式で修正される。

【数8】

$$\Delta v = v_{min} - v_{head}^{aft} \quad (8)$$

20

【0041】

次に、急激な速度上昇を防止するため、速度変更量 v 自体のリミットチェックが実施される。具体的には、速度変更量許容上限値 v_{max} 、速度変更量許容下限値 v_{min} を基準として、次の(9)式が成立するか否かが判定される。この際、速度変更量許容上限値 v_{max} 、速度変更量許容下限値 v_{min} は、板厚区分毎の層別テーブル値として、予め決定される。

【数9】

$$\Delta v_{min} \leq \Delta v \leq \Delta v_{max} \quad (9)$$

30

【0042】

次に、速度変更に必要な時間 s_{tail} が計算される。具体的には、加速率 (m/s^2) を a_{tail} 、マージン時間 (s) を t_{tail} とすると、速度変更に必要な時間 s_{tail} は、次の(10)式で計算される。この際、加速率 a_{tail} 、マージン時間 t_{tail} は、板厚区分毎の層別テーブル値として、予め決定される。

【数10】

$$s_{tail} = \frac{\Delta v}{a_{tail}} + t_{tail} \quad (10)$$

【0043】

上記計算結果に基づいて、圧延速度パターンが修正される。具体的には、走間板厚変更中の圧延の安定性を維持するために、走間板厚変更を開始するよりも速度変更に必要な時間 s_{tail} 以上前に、圧延速度パターンの変更を開始する。その結果、走間板厚変更を開始するよりも前に、変更後の圧延速度パターン26が一定となる。

40

【0044】

次に、図5を用いて、速度変更タイミング距離を説明する。

図5はこの発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置が速度変更するタイミングを説明するための図である。

【0045】

F1は最も粗ミル圧延機群2側に配置された仕上ミルスタンドである。BはFPC点で

50

ある。Cは先行材9aと後行材9bとの切断点である。Dは後行材9bの先端部の設定計算ポイントである。Eは速度変更タイミング点である。

【0046】

F_{RDT-F1} は粗ミル出側温度計6と仕上げミルスタンドF1との間の距離である。 L_{FPC} はFPC点Bと切断点Cとの間の距離である。 L_{aft}^{head} は切断点Cと後行材9bの先端部の設定計算ポイントDとの間の距離である。 L_{spt} はFPC点Bと速度変更タイミング点Eとの距離である。 L_{chspt} は速度変更タイミング距離である。

【0047】

距離 F_{RDT-F1} は、ミル構成により予め決定される。通常、距離 F_{RDT-F1} は、20m以上あるため、圧延速度の変更に対して十分な距離がある。

【0048】

距離 L_{FPC} は、先行材9aの目標板厚を h_1 、後行材9bの目標板厚を h_2 、中間バ一厚を H 、走間板厚変更に必要とする距離を L_B 、マージン距離を L_C とすると、次の(11)式で計算される。

【数11】

$$L_{FPC} = \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \cdot H} L_B + \frac{h_2}{H} L_C \right) \quad (11)$$

【0049】

距離 L_{aft}^{head} は、板厚区分による層別テーブル値として、予め決定される。

【0050】

距離 L_{spt} は、現在の圧延速度を v^{act} 、加速率を a_{tail} 、速度変更に必要な時間を s_{tail} とすると、次の(12)式で計算される。

【数12】

$$L_{spt} = \frac{1}{2} a_{tail} s_{tail}^2 + v^{act} s_{tail} \quad (12)$$

【0051】

速度変更タイミング距離 L_{chspt} は、後行材9bの先端部の設定計算ポイントDが粗ミル出側温度計6に到達した時点での仕上ミルスタンドF1からの距離で示される。具体的には、速度変更タイミング距離 L_{chspt} は、次の(13)式で計算される。

【数13】

$$L_{chspt} = L_{RDT-F1} - (L_{aft}^{head} + L_{FPC} + L_{spt}) \quad (13)$$

【0052】

次に、図6を用いて、制御装置の動作を説明する。

図6はこの発明の実施の形態1における熱間圧延ラインの制御装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【0053】

まず、ステップS1では、加熱炉1から先行材9aが抽出される前に、圧延材の長さ、切断点、FPC点が予め決定される。その後、ステップS2に進み、加熱炉1から先行材9aが抽出される。この際、設定計算機能12は、先行材9a、後行材9bの設定計算を少なくとも一度必ず実施する。

【0054】

その後、ステップS3に進み、先行材9aの先端部が粗ミル出側温度計6に到達する。この際、設定計算機能12は、粗ミル出側温度計6で計測された先行材9aの先端部の実温度に基づいて、先行材9aの設定計算を再度実施するときもある。

【0055】

その後、ステップS4に進み、先行材9aの先端部が仕上ミル出側温度計7に到達する。到達以降、FDT実績値とFDT目標値の誤差に基づいて、圧延速度が修正される。その結果、仕上ミル圧延機群3の出側において、先行材9aの温度を、そのFDT目標値に維持する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

その後、ステップ S 5 に進み、後行材 9 b の先端部が加熱炉 1 から抽出される。この際、設定計算機能 1 2 は、後行材 9 b の設定計算を再度実施する。当該設定計算の結果は、後行材設定格納機能 1 5 に格納される。また、速度変更量計算機能 1 9 は、速度変更量 v を計算する。

【 0 0 5 7 】

その後、ステップ S 6 に進み、後行材 9 b の先端部が粗ミル出側温度計 6 に到達する。この際、設定計算機能 1 2 は、粗ミル出側温度計 6 で計測された後行材 9 b の先端部の実温度に基づいて、後行材 9 b の設定計算を再度実施する。この際、速度変更量計算機能 1 9 は、速度変更量 v を再度計算する。

10

【 0 0 5 8 】

その後、ステップ S 7 に進み、速度変更タイミング決定機能 2 0 は、速度変更タイミング距離 $L_{chsp t}$ を計算する。速度変更タイミング距離 $L_{chsp t}$ は、走変機能 1 6 に送付される。

【 0 0 5 9 】

その後、ステップ S 8 に進み、トラッキング機能 1 7 は、速度変更タイミング点 E が仕上ミルスタンド F 1 に到達したことを把握する。この際、走変機能 1 6 は、圧延速度の変更を開始する。

【 0 0 6 0 】

その後、ステップ S 9 に進み、圧延速度の変更が完了する。その後、トラッキング機能 1 7 は、F P C 点 B が仕上ミルスタンド F 1 に到達したことを把握する。この際、走変機能 1 6 は、走間板厚変更を開始する。その結果、仕上ミル圧延機群 3 の出側において、圧延材の板厚が変更される。

20

【 0 0 6 1 】

その後、ステップ S 1 0 に進み、トラッキング機能 1 7 は、切断点 C が切断機 5 に到達したことを把握する。この際、切断機 5 は、圧延材を切断点 C で切断する。

【 0 0 6 2 】

次に、図 7 を用いて、制御装置で圧延速度を変更した際の圧延材の温度制御履歴を説明する。

図 7 はこの発明の実施の形態 1 における熱間圧延ラインの制御装置による圧延材の温度制御履歴を説明するためのタイミングチャートである。

30

【 0 0 6 3 】

図 7 において、2 7 は圧延速度である。2 8 は F D T 目標値である。2 9 は F D T 許容上限値である。3 0 は F D T 許容下限値である。3 1 は F D T 実績値である。

【 0 0 6 4 】

図 7 に示すように、初期状態において、圧延速度 2 7 は一定となっている。その結果、F D T 実績値 3 1 は F D T 目標値 2 8 と一致している。その後、圧延速度 2 7 の変更が開始される。その結果、F D T 実績値 3 1 が上昇する。その後、圧延速度 2 7 が一定となる。その後、走間板厚変更が開始される。その結果、F D T 実績値 3 1 は、F D T 許容上限値 2 9 を上回ることなく下降する。

40

【 0 0 6 5 】

その後、走間板厚変更が完了する。その結果、F D T 実績値 3 1 は、F D T 許容下限値 3 0 を下回ることなく、一定となる。後行材 9 b が D C o n した後に、圧延速度 2 7 は、再び速度変更を開始し、その結果、F D T 実績値 3 1 は F D T 目標値 2 8 と一致する。

【 0 0 6 6 】

以上で説明した実施の形態 1 によれば、仕上ミル圧延機群 3 の出側で後行材 9 b の先端部の温度が所望の範囲内となるように、先行材 9 a の後端部の圧延速度を変更して一定にした後、走間板厚変更が開始される。このため、走間板厚変更中の仕上ミルの出側における圧延速度を一定しつつ、仕上ミルの出側において後行材 9 b の温度を許容範囲内に制御することができる。その結果、圧延材全長の品質を確保することができる。

50

【 0 0 6 7 】

また、速度変更タイミング距離 $L_{c h s p t}$ を適切に設定することで、先行材 9 a の後端部において、F D T 実績値が F D T 目標値から外れる長さを短くすることができる。

【 0 0 6 8 】

なお、圧延材の長さによって、図 6 のステップ S 4 とステップ S 5 の順番が入れ替わる場合もある。しかしながら、順番が入れ替わっても、何ら影響はない。

【 0 0 6 9 】

実施の形態 2 .

図 8 はこの発明の実施の形態 2 における熱間圧延ラインの制御装置の要部のブロック図である。なお、実施の形態 1 と同一又は相当部分には同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 7 0 】

図 8 に示すように、制御装置は、偏差計算機能 3 2、D B (D e a d B a n d) 機能 3 3、制御量計算機能 3 4、アクチュエータ出力決定機能 3 5、制限機能 3 6 を備える。

【 0 0 7 1 】

偏差計算機能 3 2 は、先行材 9 a に関し、F D T 実績値と F D T 目標値との偏差を計算する機能である。F D T 実績値を $F D T^{a c t}$ 、F D T 目標値を $F D T^{t a r}$ とした場合、これらの偏差 T は、次の (1 4) 式で計算される。

【 数 1 4 】

$$\Delta T = F D T^{a c t} - F D T^{t a r} \quad (14)$$

なお、後行材 9 b の先端部が仕上ミル出側温度計 7 に到達した際、F D T 目標値は、後行材 9 b 設定値格納機能に格納されたものに変更される。

【 0 0 7 2 】

D B 機能 3 3 は、不感帯域を設けることで、過剰な制御を避ける機能である。D B 機能 3 3 は、走変機能 1 6 からの情報に基づいて、速度変更を開始してから走間板厚変更が完了するまで、D B 閾値を変更する。

【 0 0 7 3 】

F D T 許容上限偏差 (d e g C) を $T_{F D}^{U L}$ 、D B 上限用ゲインを $\beta^{U L}$ とすると、D B 上限閾値 $T_{D B}^{U L}$ は、次の (1 5) 式で計算される。この際、D B 上限用ゲインを $\beta^{U L}$ は、板厚区分の層別テーブル値として予め決定される。

【 数 1 5 】

$$T_{D B}^{U L} = \beta^{U L} \Delta T_{F D}^{U L} \quad (15)$$

【 0 0 7 4 】

また、F D T 許容下限偏差 (d e g C) を $T_{F D}^{L L}$ 、D B 下限用ゲインを $\beta^{L L}$ とすると、D B 下限閾値 $T_{D B}^{L L}$ は、次の (1 6) 式で計算される。この際、D B 下限用ゲインを $\beta^{L L}$ は、板厚区分の層別テーブル値として予め決定される。

【 数 1 6 】

$$T_{D B}^{L L} = \beta^{L L} \Delta T_{F D}^{L L} \quad (16)$$

【 0 0 7 5 】

このため、偏差 T は、次の (1 7) 式で修正される。

【 数 1 7 】

$$\text{If } T_{D B}^{L L} < \Delta T < T_{D B}^{U L}, \quad \Delta T = 0 \quad (17)$$

【 0 0 7 6 】

制御量計算機能 3 4 は、修正後の偏差 T に基づいて、P I D (P r o p o r t i o n a l I n t e g r a l D i f f e r e n t i a l) 計算方法等を適用し、アクチュエータの制御変更量を計算する機能である。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

アクチュエータ出力決定機能 35 は、制御量計算機能 34 で計算された制御変更量と現在の出力値とに基づいて、アクチュエータの出力を決定する機能である。アクチュエータの出力は、操業条件やミル制約等により決定される。通常、アクチュエータの出力は、スタンド間スプレー 8 の流量や圧延速度となる。

【0078】

制限機能 36 は、先行材設定格納機能 13 の先行材 9a 自体の設定値に加え、後行材設定格納機能 15 の後行材 9b の先端部の設定値を考慮して、アクチュエータの出力の制限範囲を決定する機能を備える。

【0079】

次に、アクチュエータの出力がスタンド間スプレー 8 の流量の場合を説明する。この場合、先行材 9a の流量許容下限値 (%) を W^{bef-LL} 、先行材 9a の流量許容上限値 (%) を W^{bef-UL} とすると、流量 W は、次の (18) 式で制限される。この際、先行材 9a の流量許容下限値 W^{bef-LL} 、先行材 9a の流量許容上限値 W^{bef-UL} は、操業条件により決定される。

【数 18】

$$W^{bef-LL} < W < W^{bef-UL} \quad (18)$$

【0080】

また、後行材 9b の先端部における設定流量 (%) を W_{head}^{aft} 、先行材 9a の後端部における流量変更許容量 (%) を W_{te} とすると、流量 W は、次の (19) 式でも制限される。この際、後行材 9b の先端部における設定流量 W_{head}^{aft} は、設定計算により計算される。先行材 9a の後端部における流量変更許容量 W_{te} は、板厚区分の層別テーブル値として予め決定される。

【数 19】

$$W_{head}^{aft} - \Delta W_{te} < W < W_{head}^{aft} + \Delta W_{te} \quad (19)$$

【0081】

次に、アクチュエータの出力が圧延速度の場合を説明する。この場合、先行材 9a の速度許容下限値を V^{bef-LL} 、先行材 9a の速度許容上限値を V^{bef-UL} とすると、圧延速度 v は、次の (20) 式で制限される。この際、先行材 9a の速度許容下限値 V^{bef-LL} 、先行材 9a の速度許容上限値 V^{bef-UL} は、操業条件により決定される。

【数 20】

$$V^{bef-LL} < v < V^{bef-UL} \quad (20)$$

【0082】

また、後行材 9b の先端部における設定速度を v_{head}^{aft} (m/s)、速度許容下限変化率を LL 、速度許容上限変化率を UL とすると、圧延速度 v は、次の (21) 式でも制限される。この際、後行材 9b の先端部における設定速度 v_{head}^{aft} は、設定計算により計算される。速度許容下限変化率 LL 、速度許容上限変化率を UL は、板厚区分の層別テーブル値として予め決定される。

【数 21】

$$v_{head}^{aft} (1 - \delta^{LL}) < v < v_{head}^{aft} (1 + \delta^{UL}) \quad (21)$$

【0083】

次に、図 9 を用いて、アクチュエータの出力を制限した際の温度制御履歴を説明する。

図 9 はこの発明の実施の形態 2 における熱間圧延ラインの制御装置による圧延材の温度制御履歴を説明するためのタイミングチャートである。

【0084】

図 9 において、37 は圧延速度である。38 はスタンド間スプレー 8 の流量である。3

10

20

30

40

50

9はFDT目標値 FDT^{tar} とDB上限閾値 T_{DB}^{UL} との和で設定されたDB上限値である。40はFDT目標値 FDT^{tar} とDB下限閾値 T_{DB}^{LL} との和で設定されたDB下限値である。41はFDT実績値である。

【0085】

図9に示すように、圧延速度37の変更を開始してから走間板厚変更を開始するまで、DB上限値39は、大きくなる。この場合、FDT実績値41がDB上限値39を超えると、偏差TがDB閾値を超えたことになる。このため、アクチュエータ出力決定機能35は、流量38を増加させる。その結果、FDT実績値41の変動が抑制される。

【0086】

その後、圧延速度の変更を完了し、走間板厚変更を開始する。その結果、FDT実績値41が下降する。このため、アクチュエータ出力決定機能35は、流量38を減少させる。その結果、後行材9bがDCONするまでに、FDT実績値41はFDT目標値28と一致する。

10

【0087】

以上で説明した実施の形態2によれば、アクチュエータの出力の制限範囲が設定される。この際、DB機能33の不感帯域が拡大される。このため、アクチュエータの出力が制限される。

【0088】

アクチュエータの出力をスタンド間スプレー8の流量とした場合、流量の変化を抑制できる。その結果、後行材9bの先端部のFDT実績値が低下することを抑制できる。また、後行材9bの先端部の圧延が不安定になることを防止できる。さらに、仕上ミル圧延機群3の出側で後行材9bの先端部の温度が所望の範囲内となるように変更された圧延速度をそのまま利用できる。

20

【0089】

アクチュエータの出力を圧延速度とした場合、仕上ミル圧延機群3の出側で後行材9bの先端部の温度が所望の範囲内となるように変更された圧延速度が相殺されることを抑制できる。

【符号の説明】

【0090】

- 1 加熱炉
- 2 粗ミル圧延機群
- 3 仕上ミル圧延機群
- 4 巻取り機
- 5 切断機
- 6 粗ミル出側温度計
- 7 仕上ミル出側温度計
- 8 スタンド間スプレー
- 9 a 先行材
- 9 b 後行材
- 10 連続鑄造装置
- 11 接合設備
- 12 設定計算機能
- 13 先行材設定格納機能
- 14 速度パターン決定機能
- 15 後行材設定格納機能
- 16 走変機能
- 17 トラッキング機能
- 18 速度監視機能
- 19 速度変更量計算機能
- 20 速度変更タイミング決定機能

30

40

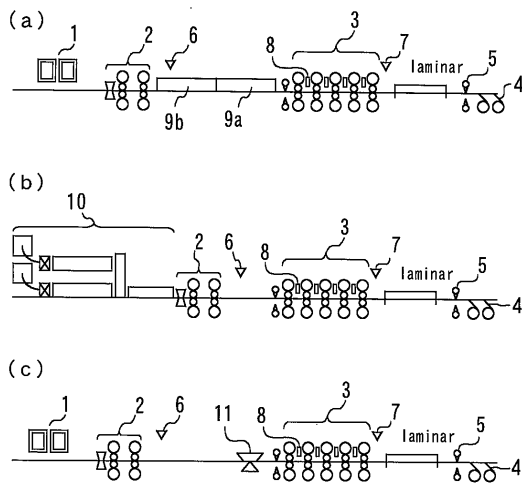
50

- 2 1 圧延速度パターン
- 2 2 圧延速度
- 2 3 圧延速度
- 2 4 速度実績
- 2 5 圧延速度
- 2 6 圧延速度パターン
- 2 7 圧延速度
- 2 8 F D T 目標値
- 2 9 F D T 許容上限値
- 3 0 F D T 許容下限値
- 3 1 F D T 実績値
- 3 2 偏差計算機能
- 3 3 D B 機能
- 3 4 制御量計算機能
- 3 5 アクチュエータ出力決定機能
- 3 6 制限機能
- 3 7 圧延速度
- 3 8 流量
- 3 9 D B 上限値
- 4 0 D B 下限値
- 4 1 F D T 実績値

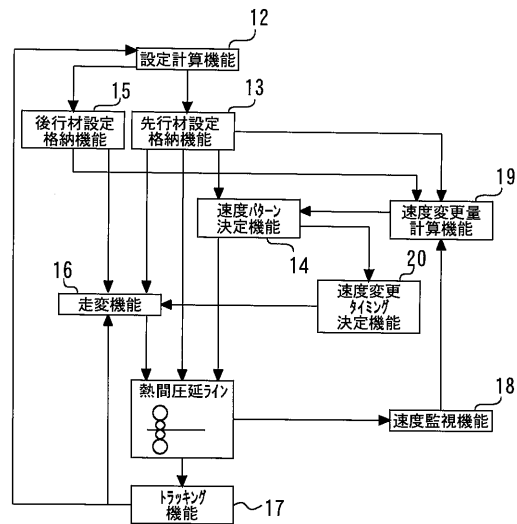
10

20

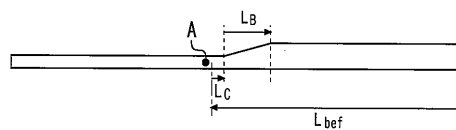
【 図 1 】



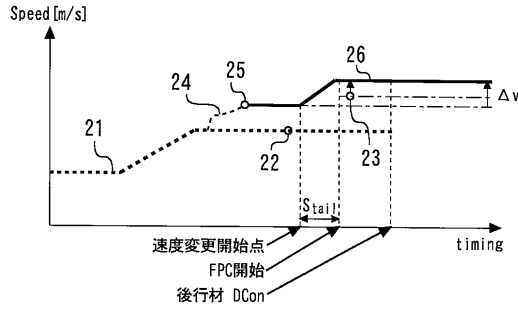
【 図 2 】



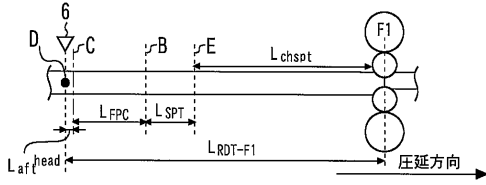
【 図 3 】



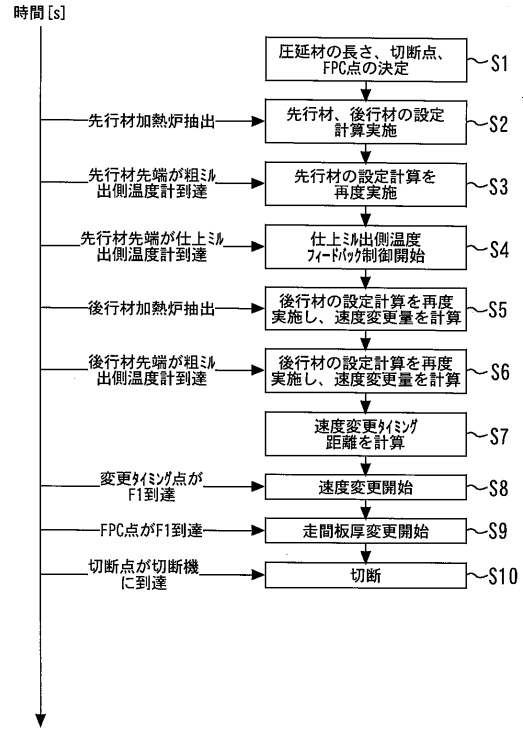
【 図 4 】



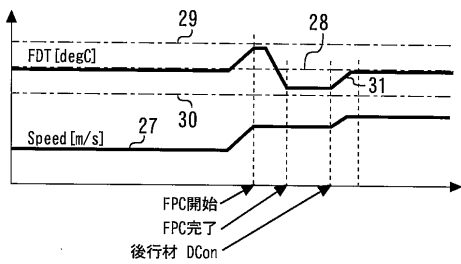
【 図 5 】



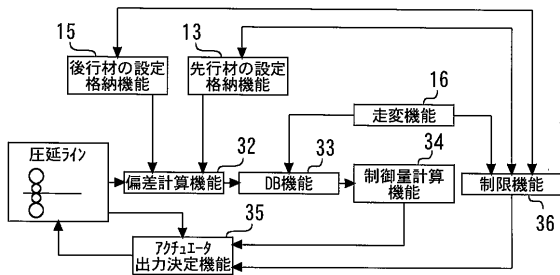
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

