

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5741060号
(P5741060)

(45) 発行日 平成27年7月1日 (2015.7.1)

(24) 登録日 平成27年5月15日 (2015.5.15)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 1 B 37/76 (2006.01)

B 2 1 B 37/00 (2006.01)

B 2 1 B 45/02 (2006.01)

B 2 1 C 51/00 (2006.01)

B 2 1 B 37/00 1 3 2 A

B 2 1 B 37/00 B B M

B 2 1 B 45/02 3 2 O T

B 2 1 C 51/00 Q

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-42527 (P2011-42527)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成23年2月28日 (2011.2.28)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2012-179611 (P2012-179611A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成24年9月20日 (2012.9.20)	(74) 代理人	100066980
審査請求日	平成26年2月14日 (2014.2.14)		弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100109380
			弁理士 小西 恵
		(74) 代理人	100103850
			弁理士 田中 秀▲てつ▼
		(74) 代理人	100105854
			弁理士 廣瀬 一
		(74) 代理人	100116012
			弁理士 宮坂 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却帯診断方法、圧延材の冷却方法、冷却帯診断装置、圧延材の冷却装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧延材が複数列の冷却帯を通過する際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷すると共に、上記選択されなかった残りの冷却帯で空冷されることで上記圧延材を目標温度に冷却する冷却装置における上記冷却帯を診断する冷却帯診断方法であって、

上記複数列の冷却帯を通過する前の実際の圧延材温度である入側温度 T_e と当該複数列の冷却帯を通過した後の実際の圧延材温度である出側温度 T_d とをそれぞれ測定し、

上記入側温度 T_e と上記出側温度 T_d の差である温度降下量を、上記選択された各冷却帯の水冷時における冷却水の単位時間当たりの各設定流量がそれぞれ予め設定した一定値となっており、かつ上記選択された冷却帯の組合せが異なる冷却の条件ごとにそれぞれ取得し、

上記温度降下量を複数取得すると、取得した温度降下量毎に、温度降下量とその温度降下量を求めたときに上記選択された冷却帯の情報とから、温度降下量に応じた抜熱量と上記各冷却帯での実際の抜熱量との平衡式を求め、求めた複数の平衡式から、上記複数列の冷却帯のうちの少なくとも一つの冷却帯における、水冷時における単位時間当たりの実際の冷却水流量である計算流量を求め、

上記求めた計算流量と上記設定した上記設定流量とから冷却帯の故障診断を行うことを特徴とする冷却帯診断方法。

【請求項 2】

上記平衡式は、下記(1)式から求めることを特徴とする請求項1に記載した冷却帯診断方法。

$$T_e - T_d = (\sum \Delta Q_i / V_i) + \Delta Q_e / V_e + \Delta Q_d / V_d \quad \dots (1)$$

但し、 $\Delta Q_i = \Delta q w_i \cdot L_i$ (水冷時の場合)

$\Delta Q_i = \Delta Q A_i$ (空冷時の場合)

ここで、

i : i 番目の冷却帯を示す添え字 (ただし、 $i : 1 \sim n$ 、 n は冷却帯の総数)

ΔQ_i : i 番目の冷却帯での水冷若しくは空冷による単位時間当たりの抜熱量

V_i : i 番目の冷却帯での平均搬送速度

10

ΔQ_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの単位時間当たりの抜熱量

V_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの平均搬送速度

ΔQ_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの単位時間当たりの抜熱量

V_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの平均搬送速度

$\Delta q w_i$: i 番目の冷却帯での水冷熱伝達係数

L_i : i 番目の冷却帯での上記計算流量

$\Delta Q A_i$: i 番目の冷却帯での単位時間当たりの空冷による抜熱量

である。

【請求項3】

取得する上記温度降下量の数、複数列の冷却帯の数以上であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載した冷却帯診断方法。

20

【請求項4】

圧延材を、複数列の冷却帯からなる冷却設備に通過させる際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された1又は2以上の冷却帯での冷却水で水冷して当該圧延材を目標温度に冷却する圧延材の冷却方法において、

上記請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の冷却帯診断方法で故障と診断された冷却帯を、上記選択対象から外すことを特徴とする圧延材の冷却方法。

【請求項5】

圧延材が複数列の冷却帯を通過する際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された1又は2以上の冷却帯での冷却水で水冷すると共に、上記選択されなかった残りの冷却帯で空冷されることで上記圧延材を目標温度に冷却する冷却装置における、上記冷却帯を診断する冷却帯診断装置であって、

30

上記選択された各冷却帯の水冷時における冷却水の単位時間当たりの各設定流量がそれぞれ予め設定した一定値となっており、上記複数列の冷却帯を通過する前の実際の圧延材温度である入側温度 T_e と当該複数列の冷却帯を通過した後の実際の圧延材温度である出側温度 T_d とを取得する実績温度取得部と、

上記実績温度取得部が温度を取得した圧延材部分の冷却に対して上記選択された冷却帯の組合せを取得する選択冷却帯取得部と、

上記選択冷却帯取得部の取得した冷却帯の組合せに基づき、冷却帯の組合せとして、予め設定した複数種類以上の異なる組合せを取得したと判定すると、上記組合せ毎に、上記入側温度 T_e と上記出側温度 T_d の差である温度降下量とその温度降下量を求めたときに選択された冷却帯の情報とから、温度降下量に応じた抜熱量と上記各冷却帯での実際の抜熱量との平衡式を求め、求めた複数の平衡式から、上記複数列の冷却帯のうちの少なくとも一つの冷却帯における、水冷時における単位時間当たりの実際の冷却水流量である計算流量を求める計算流量演算部と、

40

上記計算流量演算部で求めた計算流量と上記設定流量とから冷却帯の故障診断を行う故障診断部と、

を備えることを特徴とする冷却帯診断装置。

【請求項6】

上記平衡式は、下記(2)式から求めることを特徴とする請求項5に記載した冷却帯診

50

断装置。

$$T_e - T_d = (\sum \Delta Q_i / V_i) + \Delta Q_e / V_e + \Delta Q_d / V_d \quad \dots (2)$$

但し、 $\Delta Q_i = \Delta q w_i \cdot L_i$ (水冷時の場合)

$\Delta Q_i = \Delta Q A_i$ (空冷時の場合)

ここで、

i : i 番目の冷却帯を示す添え字 (ただし、 $i : 1 \sim n$ 、 n は冷却帯の総数)

ΔQ_i : i 番目の冷却帯での水冷若しくは空冷による単位時間当たりの抜熱量

V_i : i 番目の冷却帯での平均搬送速度

ΔQ_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの単位時間当たりの抜熱量

10

V_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの平均搬送速度

ΔQ_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの単位時間当たりの抜熱量

V_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの平均搬送速度

$\Delta q w_i$: i 番目の冷却帯での水冷熱伝達係数

L_i : i 番目の冷却帯での上記計算流量

$\Delta Q A_i$: i 番目の冷却帯での単位時間当たりの空冷による抜熱量

である。

【請求項 7】

上記計算流量演算部は、異なる冷却帯の組合せを上記複数列の冷却帯の数以上取得したと判定すると、複数列の冷却帯の各計算流量を求めることを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載した冷却帯診断装置。

20

【請求項 8】

圧延材を、複数列の冷却帯からなる冷却設備に通過させる際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷して当該圧延材を目標温度に冷却する圧延材の冷却装置において、

上記請求項 5 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の冷却帯診断装置で故障と診断された冷却帯を、上記選択対象から外すことを特徴とする圧延材の冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、熱間圧延中の冷却装置や、デスケーリング装置等の冷却装置となる装置や、熱間圧延された鋼板などの圧延材を巻取温度などの目標温度に冷却する冷却装置などに対する診断又は冷却制御の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

熱間圧延された鋼板の巻取温度制御 (冷却制御) としては、例えば特許文献 1 や特許文献 2 に記載の技術がある。これらの特許文献に記載されているように、熱間圧延された鋼板は、複数のバンク (冷却帯) の列からなる冷却設備を通過する際に、目標温度に冷却される。

例えば、仕上圧延機の出側温度 (冷却設備に対する入側温度) と通板速度に基づき、予め設定した温度計算モデル式を使用して注水量を推定する。そして、対象とする仮想切板 (長手方向に一定長で仮想的に分割した圧延板部分) に対し、上記推定した注水量とするためのバンクを選択し、その選択したバンクで水冷するフィードフォワード制御によって、鋼板を目標の巻取温度とする。なお、仮想切板単位に冷却制御が実施される。

40

【0003】

そして、圧延材に注水する冷却水の実際流量や、冷却水吐出指令から実際に冷却水が鋼板表面に到達 (冷却開始) する時間を管理・把握することが冷却制御の精度の要の一つとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 1 8 0 2 7 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 2 5 2 6 2 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、各バンクで注水される実際の冷却水量が、制御で管理している設定流量と異なる場合には、目的とする冷却が得られないか必要以上に冷却してしまうことで、冷却制御の精度に悪影響がでる。

このとき、実測の巻取温度（冷却設備の出側温度）に基づき、選択するバンクや通板速度を変更するフィードバック制御も実施される場合がある。この場合には、上述のように一部のバンクでの実際の注水量が管理されている設定流量と異なっている、目標温度に近い温度で巻き取り温度が実施可能となっている。このため、オンラインにおいてバンクの異常発見が、し難い。

10

【 0 0 0 6 】

ここで、各バンクでの注水量が設定流量となっているかどうかの診断は、従来、次のように実施されている。

すなわち、定期的に休止日などに設備動作チェックを行うことで実施する。または、各バンクを構成するヘッダのノズルのスプレー弁に対し、リミットスイッチなどを設けておき、その弁の実動作を検出したり、流量計を設置することで流量を検出したりして管理している。

20

【 0 0 0 7 】

しかしながら、定期的に休止日などに設備動作チェックを行うことは、作動を停止してつまりオフラインで実施することが必要であり、また故障検出が遅れるといった課題がある。

また、リミットスイッチや流量計を設置して管理することは、診断のためだけに複数のセンサや検出機などの機器類の設置が必要である。また、設置した各センサ等の機器類の保守点検が別途必要となるといった課題がある。

本発明は、上記のような点に着目したもので、診断のためだけにセンサ等の機器を必ずしも設置しなくても、冷却制御で使用する諸元を利用してオンラインで設備異常を把握することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明のうち請求項 1 に記載した発明は、圧延材が複数列の冷却帯を通過する際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷すると共に、上記選択されなかった残りの冷却帯で空冷されることで上記圧延材を目標温度に冷却する冷却装置における上記冷却帯を診断する冷却帯診断方法であって、

上記複数列の冷却帯を通過する前の実際の圧延材温度である入側温度 T_e と当該複数列の冷却帯を通過した後の実際の圧延材温度である出側温度 T_d とをそれぞれ測定し、

40

上記入側温度 T_e と上記出側温度 T_d の差である温度降下量を、上記選択された各冷却帯の水冷時における冷却水の単位時間当たりの各設定流量がそれぞれ予め設定した一定値となっているとき且つ上記選択された冷却帯の組合せが異なる冷却の条件ごとにそれぞれ取得し、

上記温度降下量を複数取得すると、取得した温度降下量毎に、温度降下量とその温度降下量を求めたときに上記選択された冷却帯の情報とから、温度降下量に応じた抜熱量と上記各冷却帯での実際の抜熱量との平衡式を求め、求めた複数の平衡式から、上記複数列の冷却帯のうちの少なくとも一つの冷却帯における、水冷時における単位時間当たりの実際の冷却水流量である計算流量を求め、

上記求めた計算流量と上記設定した上記設定流量とから冷却帯の故障診断を行うことを

50

特徴とする。

次に、請求項 2 に記載した発明は、請求項 1 に記載した構成に対し、上記平衡式は、下記 (3) 式から求めることを特徴とする。

【0009】

$$T_e - T_d = (\sum \Delta Q_i / V_i) + \Delta Q_e / V_e + \Delta Q_d / V_d \quad \dots (3)$$

但し、 $\Delta Q_i = \Delta q w_i \cdot L_i$ (水冷時の場合)

$\Delta Q_i = \Delta Q A_i$ (空冷時の場合)

ここで、

i : i 番目の冷却帯を示す添え字 (ただし、 $i : 1 \sim n$ 、 n は冷却帯の総数) 10

ΔQ_i : i 番目の冷却帯での水冷若しくは空冷による単位時間当たりの抜熱量

V_i : i 番目の冷却帯での平均搬送速度

ΔQ_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの単位時間当たりの抜熱量

V_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの平均搬送速度

ΔQ_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの単位時間当たりの抜熱量

V_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの平均搬送速度

$\Delta q w_i$: i 番目の冷却帯での水冷熱伝達係数

L_i : i 番目の冷却帯での上記計算流量

$\Delta Q A_i$: i 番目の冷却帯での単位時間当たりの空冷による抜熱量

である。 20

【0010】

次に、請求項 3 に記載した発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載した構成に対し、取得する上記温度降下量の数、複数列の冷却帯の数以上であることを特徴とする。

次に、請求項 4 に記載した発明は、圧延材を、複数列の冷却帯からなる冷却設備に通過させる際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷して当該圧延材を目標温度に冷却する圧延材の冷却方法において、

上記請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の冷却帯診断方法で故障と診断された冷却帯を、上記選択対象から外すことを特徴とする。

【0011】

次に、請求項 5 に記載した発明は、圧延材が複数列の冷却帯を通過する際に、上記複数列の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷すると共に、上記選択されなかった残りの冷却帯で空冷されることで上記圧延材を目標温度に冷却する冷却装置における、上記冷却帯を診断する冷却帯診断装置であって、 30

上記選択された各冷却帯の水冷時における冷却水の単位時間当たりの各設定流量がそれぞれ予め設定した一定値となっているときに、上記複数列の冷却帯を通過する前の実際の圧延材温度である入側温度 T_e と当該複数列の冷却帯を通過した後の実際の圧延材温度である出側温度 T_d とを取得する実績温度取得部と、

上記実績温度取得部が温度を取得した圧延材部分の冷却に対して上記選択された冷却帯の組合せを取得する選択冷却帯取得部と、

上記選択冷却帯取得部の取得した冷却帯の組合せに基づき、冷却帯の組合せとして、予め設定した複数種類以上の異なる組合せを取得したと判定すると、上記組合せ毎に、上記入側温度 T_e と上記出側温度 T_d の差である温度降下量とその温度降下量を求めたときに選択された冷却帯の情報とから、温度降下量に応じた抜熱量と上記各冷却帯での実際の抜熱量との平衡式を求め、求めた複数の平衡式から、上記複数列の冷却帯のうちの少なくとも一つの冷却帯における、水冷時における単位時間当たりの実際の冷却水流量である計算流量を求める計算流量演算部と、 40

上記計算流量演算部で求めた計算流量と上記設定流量とから冷却帯の故障診断を行う故障診断部と、

を備えることを特徴とする。

次に、請求項 6 に記載した発明は、請求項 5 の構成に対し、上記平衡式は、下記 (2) 50

式から求めることを特徴とする。

【0012】

$$T_e - T_d = (\sum \Delta Q_i / V_i) + \Delta Q_e / V_e + \Delta Q_d / V_d \quad \dots (4)$$

但し、 $\Delta Q_i = \Delta q_{wi} \cdot L_i$ (水冷時の場合)

$\Delta Q_i = \Delta Q_{Ai}$ (空冷時の場合)

ここで、

i : i 番目の冷却帯を示す添え字 (ただし、 $i : 1 \sim n$ 、 n は冷却帯の総数)

ΔQ_i : i 番目の冷却帯での水冷若しくは空冷による単位時間当たりの抜熱量

V_i : i 番目の冷却帯での平均搬送速度

10

ΔQ_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの単位時間当たりの抜熱量

V_e : 入側温度測定位置から複数列の冷却帯の入側までの平均搬送速度

ΔQ_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの単位時間当たりの抜熱量

V_d : 複数列の冷却帯の出側から出側温度測定位置までの平均搬送速度

Δq_{wi} : i 番目の冷却帯での水冷熱伝達係数

L_i : i 番目の冷却帯での上記計算流量

ΔQ_{Ai} : i 番目の冷却帯での単位時間当たりの空冷による抜熱量

である。

【0013】

次に、請求項 7 に記載した発明は、請求項 5 又は請求項 6 に記載した構成に対し、上記計算流量演算部は、異なる冷却帯の組合せを上記複数列の冷却帯の数以上取得したと判定すると、複数列の冷却帯の各計算流量を求めることを特徴とする。

20

次に、請求項 8 に記載した発明は、圧延材を、複数列の冷却帯からなる冷却設備に通過させる際に、上記複数の冷却帯のうちから選択された 1 又は 2 以上の冷却帯での冷却水で水冷して当該圧延材を目標温度に冷却する圧延材の冷却装置において、上記請求項 5 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の冷却帯診断装置で故障と診断された冷却帯を、上記選択対象から外すことを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、通常取得する冷却設備に対する入側・出側の実績温度と冷却制御指令の情報を利用して、オンラインで冷却設備を構成する冷却帯 (バンク) の異常を診断して把握することが可能となる。この結果、より早期に故障診断が可能になると共に、当該冷却帯 (バンク) の故障診断のための動作点検の簡素化を図ることが出来る。

30

このとき、請求項 3 又は請求項 6 に係る発明によれば、全ての冷却帯 (バンク) の故障診断を実施することが出来る。

【0015】

また、請求項 4 又は請求項 7 に係る発明によれば、設定流量と実際の流量とが異なる可能性のある冷却帯を使用しないことで、より目標とする注水量での冷却がフィードフォワードで実施可能となる結果、目標温度とするために発生する圧延材の搬送速度の変動をより低減できたり、より精度良く冷却制御を実施することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図 1】本発明に基づく実施形態に係る冷却装置の構成を示す概念図である。

【図 2】冷却帯診断部の構成を示す図である。

【図 3】計算流量演算部の処理を示すフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、本実施形態の冷却装置の構成を示す概念図である。

本実施形態では、圧延材として鋼板を例にして説明する。ただし、圧延材は鋼板に限定

50

されず、アルミ板などからなり、且つ熱間圧延後の帯状の圧延材であってもよい。

(構成)

冷却装置は、図 1 に示すように、冷却設備 1 とその冷却設備 1 の各バンクを制御する冷却コントローラ 2 とを備える。

【0018】

上記冷却設備 1 は、熱間圧延機、例えば仕上圧延機の最終スタンド F n と、鋼板 3 を巻き取る巻取機 4 との間に配置される。そして、上記最終スタンド F n で圧延された鋼板 3 は、ランナウトテーブル（不図示）で搬送されながら、上記冷却設備 1 で冷却されて目標とする巻取温度となり、連続して上記巻取機 4 に巻き取られる。

上記冷却設備 1 には、注水可能な多数のノズルを持った冷却水ヘッダが複数配置され、選択された冷却水ヘッダのノズルからの冷却水で、搬送されてくる鋼板 3 の水冷を行う。上記多数の冷却水ヘッダは、鋼板搬送方向に沿って複数に区分され、区分毎に冷却帯であるバンクを構成する。すなわち、冷却設備 1 には鋼板搬送方向に沿って複数列のバンクが配置されている。また、バンク毎に各ヘッダに冷却水を供給する制御弁をそれぞれ設け、バンク毎に各冷却水ヘッダへの冷却水供給を制御可能となっている。

【0019】

また、仕上出側温度計 5 が、上記最終スタンド F n の出側に配置されている。仕上出側温度計 5 は、熱間圧延後の鋼板温度を測定する。

また、巻取温度計 6 が巻取機 4 の入側に配置されている。巻取温度計 6 は巻取機 4 に巻き取られる鋼板 3 の温度を測定する。

冷却コントローラ 2 は、冷却制御部 2 A と冷却帯診断部 2 B とを備える。冷却コントローラ 2 の冷却帯診断部 2 B は、上記バンクを診断する冷却帯診断装置を構成する。

【0020】

上記冷却制御部 2 A は、少なくとも搬送速度と上記仕上出側温度計 5 が測定した出側温度とに基づき、注水するバンクを選択し、その選択したバンクによる水冷と、選択しないバンクによる空冷による冷却制御を行うことで、鋼板 3 を目標巻取温度に冷却制御する。この冷却制御は、鋼板 3 を長手方向に一定長で仮想的に分割した材料部分である各仮想切板毎に実施される。この冷却制御部 2 A の冷却制御方式は、注水するバンクを選択し、その選択したバンクにより水冷する方式であれば、他の冷却制御方式であっても良い。

【0021】

上記冷却制御部 2 A での処理の一例を挙げると、例えば、上記仕上出側温度計 5 が温度測定した仮想切板のランナウトテーブル上での温度推移を計算すると共に、上記仮想切板の位置をトラッキングし、その仮想切板位置と温度状態量に基づき、予め設定したサンプリング周期で上記仮想切板位置の巻取温度を予測し、その予測値によって、注水するバンクを選択し、選択されたバンクでは、予め設定した設定流量の注水を行うフィードフォワード制御を実施する。

【0022】

ここで、本実施形態の冷却装置では、各バンクでの注水量の単位時間当たりの設定流量をそれぞれ一定値にして冷却制御を実施する場合とする。各バンクでの上記設定流量を変更する場合には、次の冷却帯診断部 2 B は、各バンクでの各注水量がそれぞれ予め設定した診断用の各設定流量となっているときの仮想切板の冷却時の温度測定値を採用する。

上記冷却帯診断部 2 B は、実績温度取得部 2 B a と、選択冷却帯取得部 2 B b と、計算流量演算部 2 B c と、故障診断部 2 B d とを備える。

【0023】

なお、上記冷却制御部 2 A における、各仮想切板のトラッキング情報によって各仮想切板の位置はそれぞれ特定出来る。また、各仮想切板の各バンク位置などでの搬送速度についても所定の精度で推定することが可能である。また、鋼板 3 の搬送速度は、最終スタンド F n のロール周速度や巻取機 4 の巻取軸の回転数などに基づき取得できる。

実績温度取得部 2 B a は、同一の仮想切板に対して、仕上出側温度計 5 及び巻取温度計 6 がそれぞれ測定した温度を、入側温度 T e 及び出側温度 T d として取得する。具体的に

は、実績温度取得部 2 B a は、冷却制御部 2 A から、各仮想切板毎の入側温度 T_e 及び出側温度 T_d を取得する。

【 0 0 2 4 】

選択冷却帯取得部 2 B b は、上記実績温度取得部 2 B a が温度を取得した圧延材部分である仮想切板の冷却の際に選択されたバンクの組合せを取得する。具体的には、選択冷却帯取得部 2 B b は、冷却制御部 2 A からバンクの組合せを取得する。この実績温度取得部 2 B a 及び選択冷却帯取得部 2 B b は、一つの処理部として構成して処理を実施するようにすればよい。

【 0 0 2 5 】

上記計算流量演算部 2 B c は、上記選択冷却帯取得部 2 B b の取得したバンクの組合せに基づき、予め設定した複数種類以上の異なる組合せを取得したと判定すると、上記選択されたバンクの組合せが異なるときに対応して上記実績温度取得部 2 B a で測定された入側温度 T_e と出側温度 T_d との組をそれぞれ下記 (5) 式で示される関数のパラメータに設定することで表される連立方程式を演算して、少なくとも一つのバンクにおける、水冷時における単位時間当たりの実際の冷却水流量である計算流量を求める。

【 0 0 2 6 】

計算流量演算部 2 B c の処理の一例を、図 3 に示すフローチャートに基づき説明する。

まずステップ S 1 0 にて、上記選択冷却帯取得部 2 B b の取得したバンクの組合せに基づき、予め設定した複数種類以上の異なる組合せを取得したと判定する。本実施形態では、冷却設備 1 に設定したバンク数と同じ数である n 個の異なるバンクの組合せを取得したか否かを判定する。条件を満足する場合には、ステップ S 2 0 に移行する。条件を満足しない場合には、ステップ S 1 0 の処理を予め設定した制御時間毎に実施する。異なるバンクの組合せの判定は、例えば、バンクの組合せを、バンク列の行列として表し、異なる行列の数によって判定する。例えばバンク数が 1 3 とした場合であって、第 4 , 6 , 9 番目のバンクを選択したい場合には、例えば下記のような行列とする (選択して冷却指令を行ったバンクを「 1 」とした。) 。

【 0 0 2 7 】

(0 , 0 , 0 , 1 , 0 , 1 , 0 , 0 , 1 , 0 , 0 , 0 , 0)

ステップ S 2 0 では、実績温度取得部 2 B a 及び選択冷却帯取得部 2 B b が取得した、「選択されたバンク (水冷のバンク) と入側温度 T_e 及び出側温度 T_d の組」を、パラメータとして、バンク数分の下記 (5) 式の関数を規定することで連立方程式を設定する。ここで、バンク数を n とする。

$$T_e - T_d = (\sum \Delta Q_i / V_i) + \Delta Q_e / V_e + \Delta Q_d / V_d \quad \dots (5)$$

但し、 $\Delta Q_i = \Delta q w_i \cdot L_i$ (水冷時の場合)

$\Delta Q_i = \Delta Q A_i$ (空冷時の場合)

ここで、

i : i 番目のバンクを示す添え字 (ただし、 $i : 1 \sim n$ 、 n はバンクの総数)

ΔQ_i : i 番目のバンクでの水冷若しくは空冷による単位時間当たりの抜熱量

V_i : i 番目のバンクでの平均搬送速度

ΔQ_e : 入側温度測定位置から複数列のバンクの入側までの単位時間当たりの抜熱量

V_e : 入側温度測定位置から複数列のバンクの入側までの平均搬送速度

ΔQ_d : 複数列のバンクの出側から出側温度測定位置までの単位時間当たりの抜熱量

V_d : 複数列のバンクの出側から出側温度測定位置までの平均搬送速度

$\Delta q w_i$: i 番目のバンクでの水冷熱伝達係数

L_i : i 番目のバンクでの上記計算流量

$\Delta Q A_i$: i 番目のバンクでの単位時間当たりの空冷による抜熱量

である。

【 0 0 2 8 】

なお、上記 (5) 式において、対象とする仮想切板に対する仕上出側温度計 5 の測定位

置から巻取温度計 6 の測定位置までの間における速度変化が予め設定した許容速度以下の場合には、下記 (6) 式を使用しても良い。

$$T_e - T_d = ((\sum \Delta Q_i) + \Delta Q_e + \Delta Q_d) / V \quad \cdots (6)$$

但し、 V は、仕上出側温度計 5 の測定位置から巻取温度計 6 の測定位置までの間の平均搬送速度とする。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 3 0 では、ステップ S 3 0 でパラメータが設定された連立方程式を演算して、各バンクでの水冷時の実際の注水量である計算流量 L_i ($i = 1 \sim n$) を求める。

次に、上記 (5) 式について説明する。

圧延材を構成する材料の冷却は、その冷却水量、材料速度、材料温度、材質等によって左右される。このため、下記 (7) 式の平衡式が成立する。

$$\text{材料の温度降下量} = (\text{冷却水による抜熱}) + (\text{空冷による抜熱}) \quad \cdots (7)$$

【 0 0 3 0 】

入側温度 T_e を測定する仕上出側温度計 5 の測定位置から、出側温度 T_d を測定する巻取温度計 6 での測定位置までの間における上記材料の温度降下量は、「 $T_e - T_d$ 」となり、上記 (5) 式の左辺となる。

また、仕上出側温度計 5 の測定位置から巻取温度計 6 の測定位置までの間での、総抜熱は、各バンクでの抜熱 ($\sum \Delta Q_i / V_i$) と、仕上出側温度計 5 の測定位置から複数列のバンクの入側までの間 (図 1 中 S 1) の空冷による抜熱量 ($\Delta Q_e / V_e$) と、複数列のバンクの出側から巻取温度計 6 の測定位置までの間 (図 1 中 S 2) の空冷による抜熱量 ($\Delta Q_d / V_d$) となる。

【 0 0 3 1 】

以上のことから上記 (5) 式が成立することが分かる。

また、上記 (5) 式における空冷による、単位時間当たりの抜熱量 ΔQ_e 、 ΔQ_d 、 $\Delta Q A_i$ ($i : 1 \sim n$) は、予め実験や理論によって求めておいて、設定しておけばよい。この単位時間当たりの抜熱量 ΔQ_e 、 ΔQ_d 、 $\Delta Q A_i$ は、例えば、抜熱位置の温度雰囲気、

鋼板 3 の比熱、入側温度 T_e の範囲によって設定する。対象とする抜熱位置の温度雰囲気、鋼板 3 の比熱、入側温度 T_e の範囲の変化が小さい場合には、一定の値に設定すればよい。温度雰囲気、比熱範囲、入側温度 T_e の範囲毎に予めマップ形式でデータを持っていて、上記入側温度 T_e によって決定するようにしても良い。また、抜熱位置の温度雰囲気、鋼板 3 の比熱、入側温度 T_e の範囲がそれぞれ予め設定した範囲となっていて、上記「選択されたバンク (水冷のバンク) と入側温度 T_e 及び出側温度 T_d 」を取得するようにしても良い。

【 0 0 3 2 】

また、各バンクの水冷熱伝達係数 $\Delta q w_i$ についても、抜熱位置の温度雰囲気、鋼板 3 の比熱、冷却水の温度によって予め実験や理論から求めておけばよい。なお、冷却水による抜熱は冷却水量に比例する。

このように、上記 (5) 式において、各バンクでの上記計算流量 L_i だけを不定の変数とした連立方程式となる。このため、バンク数 n だけの方程式があれば、各バンクでの実際の流量である計算流量 L_i ($i : 1 \sim n$) を求める事が出来る。

【 0 0 3 3 】

次に、故障診断部 2 B d は、各バンクに設定されている上記設定流量と上記計算流量演算部 2 B c で求めた計算流量とから、各バンクの故障診断を行う。

本実施形態では、各バンク毎に次の判定処理を実施する。

例えば、対象とするバンクにおける、計算流量と設定流量との誤差が、予め設定した閾値 ($\pm 20\%$ など) 以上の判定した場合には、異常バンクと判定する。

【 0 0 3 4 】

例えば、下記のように判定しても良い。

「計算流量 > 設定流量の 120% 」か否かを判定する。条件を満足する場合には、流量

10

20

30

40

50

調整弁が故障と判定する。応答が早い方向に温度差がずれている場合には、この条件を使用することが好ましい。

また、「計算流量 < 設定流量の 90 %」か否かを判定する。条件を満足する場合には、ノズル詰まり若しくは応答遅れの故障と判定する。

【 0 0 3 5 】

上記 120 % 及び 90 % は例示であり、設計仕様や上記式の精度などに基づき決定すればよい。

なお、「計算流量 > 設定流量の 150 %」などと計算流量が設定流量よりも大幅に大きい場合には、当該バンクの流量調整弁が故障であると共に、他の空冷状態のはずのバンクの不良のおそれがあると判定する。例えば、当該バンクで注水可能な最大流量以上の計算流量の場合には、他のバンクの故障推定を行う。他のバンクの故障の判定は、そのバンクの診断によって決定可能である。

【 0 0 3 6 】

他のバンクの故障の影響によっても、当該バンクが異常と判定される場合もある。しかし、異常判定されたバンクが 1 つだけの場合には、そのバンクのみ異常と診断することが可能である。また、2 以上のバンクで異常と判定された場合には、その異常判定されたバンクのいずれかが異常と診断することが出来る。2 以上のバンクで異常と判定された場合には、各バンクの異常理由から真に異常のバンクを判定しても良いし、その全てのバンクを異常と診断しても良い。

【 0 0 3 7 】

上記冷却帯診断部 2 B で求めた異常バンクを、その推定故障理由とともに表示部 7 に表示すると共に、そのバンク異常情報を上記冷却制御部 2 A に出力する。

上記冷却制御部 2 A は、上記冷却帯診断部 2 B で異常と判定されたバンクを選択対象のバンクから外して上述の処理を実施する。

以上のように、本実施形態の冷却装置では、通常取得する冷却設備 1 に対する入側・出側の実績温度と冷却制御指令の情報を利用して、オンラインで冷却設備 1 を構成する冷却帯（バンク）の異常を診断して把握することが可能となる。この結果、より早期に故障診断が可能になると共に、当該冷却帯（バンク）の故障診断のための動作点検の簡素化を図ることが出来る。

【 0 0 3 8 】

また、異常判定されたバンクを使用しないことで、より目標とする注水量での冷却制御がフィードフォワードによってより安定して実施可能となる。この結果、目標温度とするために発生する鋼板 3 の搬送速度の変動をより低減できたり、より精度良く冷却制御を実施することが可能となる。

ここで、冷却設備 1 によっては、バンク列の途中に中間温度計を設置して鋼板 3 の温度を測定する場合もある。この場合には、例えばバンク列を 2 つのグループに分けて、各グループ毎に上記バンクの異常診断を実施するようにしても良い。

【 0 0 3 9 】

また、上記実施形態では、全てのバンクについて一度に故障診断している。これに代えて、総バンクのうちの 1 又は 2 以上のバンク毎に故障診断しても良い。

例えば、診断対象とするバンクを 3 つとし、その診断対象のバンクの選択・非選択状態が同じ場合であって、各バンクの選択・非選択状態が異なる 3 つのときの「入側温度 T_e と出側温度 T_d との組」を取得して、3 つの連立方程式を解くことで、当該 3 つの診断対象のバンクを判定しても良い。

【 0 0 4 0 】

ここで、上記実施形態では、熱間圧延された鋼板などの圧延材を巻取温度などの目標温度に冷却する冷却装置を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、熱間圧延中の冷却装置や、デスケーリング装置等の冷却装置となる装置など、圧延材が複数列のバンク（冷却帯）を通過する構成となっている設備であれば、本発明は適用可能である。

10

20

30

40

50

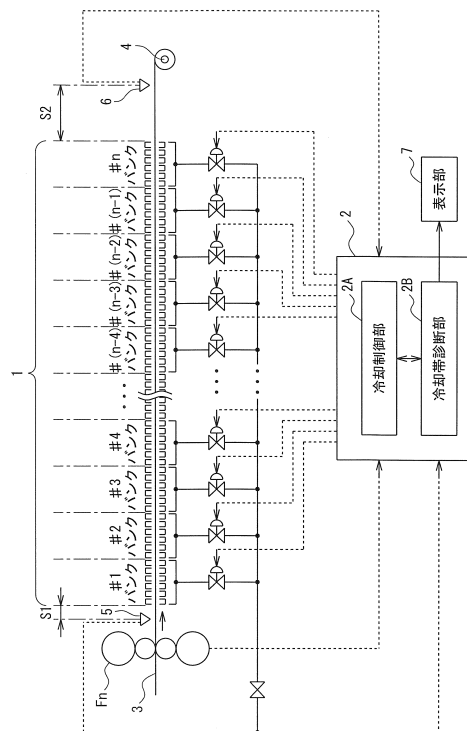
【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

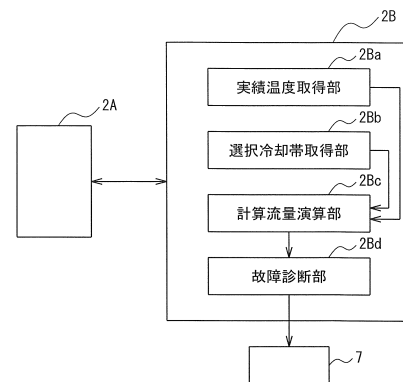
- 1 冷却設備
- 2 冷却コントローラ
- 2 A 冷却制御部
- 2 B 冷却帯診断部
- 2 B a 実績温度取得部
- 2 B b 選択冷却帯取得部
- 2 B c 計算流量演算部
- 2 B d 故障診断部
- 3 鋼板
- 4 巻取機
- 5 仕上出側温度計
- 6 巻取温度計
- 7 表示部
- L i 計算流量
- T d 出側温度
- T e 入側温度

10

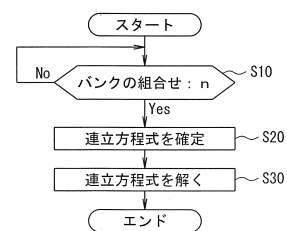
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 陣内 達也
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者 脇安 秀喜
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者 今井 誠
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 川村 健一

- (56)参考文献 特開平08-243612(JP,A)
特開2005-279665(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|---------|-----------|---|-----------|
| B 2 1 B | 3 7 / 0 0 | - | 3 7 / 7 8 |
| B 2 1 B | 4 5 / 0 2 | | |
| B 2 1 C | 5 1 / 0 0 | | |