

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6627740号
(P6627740)

(45) 発行日 令和2年1月8日(2020.1.8)

(24) 登録日 令和1年12月13日(2019.12.13)

(51) Int.Cl.
B 2 1 B 37/20 (2006.01)

F I
B 2 1 B 37/20 1 1 O A

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-246626 (P2016-246626)	(73) 特許権者	501137636 東芝三菱電機産業システム株式会社 東京都中央区京橋三丁目1番1号
(22) 出願日	平成28年12月20日(2016.12.20)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
(65) 公開番号	特開2018-99707 (P2018-99707A)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
(43) 公開日	平成30年6月28日(2018.6.28)	(72) 発明者	新居 稔大 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内
審査請求日	平成31年2月1日(2019.2.1)	審査官	池ノ谷 秀行
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 タンデム冷間圧延機の板厚制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

n (nは2以上の自然数) 基の圧延スタンドを有するタンデム冷間圧延機の板厚制御装置であって、

前記タンデム冷間圧延機は、
被圧延材を圧延する第nワークロールを有する最終スタンドである第nスタンドと、
前記第nスタンドの上流に設けられ、前記被圧延材を圧延する第n-1ワークロールと、
前記第n-1ワークロールの周速度を制御する第n-1速度制御装置と、を有する第n-1スタンドと、

前記第nスタンドの出側における前記被圧延材の板厚を計測する出側板厚計と、
前記第nスタンドの出側における前記被圧延材の板速度を計測する出側板速度計と、
前記第nスタンドの入側における前記被圧延材の板速度を計測する入側板速度計と、を
備え、

前記板厚制御装置は、
前記出側板厚計により計測される出側板厚実測値と前記第nスタンドの出側板厚目標値との差を0に近づける速度変更値を前記第n-1速度制御装置へフィードバックする第1板厚制御部と、

前記出側板厚計により計測される出側板厚実測値と、前記出側板速度計により計測される出側板速度実測値と、前記入側板速度計により計測される入側板速度実測値とに基づいて、前記第nスタンドの入側のマスフロー板厚を計算するマスフロー板厚計算部と、

10

20

前記マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚が前記第 n スタンドの入側板厚目標値に一致するように、前記第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御する第 2 板厚制御部と、

を備えることを特徴とするタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【請求項 2】

前記タンデム冷間圧延機は、前記第 $n - 1$ スタンドの上流に、前記被圧延材を圧延する第 $n - 2$ ワークロールと、前記第 $n - 2$ ワークロールの周速度を制御する第 $n - 2$ 速度制御装置とを有する第 $n - 2$ スタンドを備え、

前記第 2 板厚制御部は、前記マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚と前記第 n スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を前記第 $n - 2$ 速度制御装置へフィードバックして、前記第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御すること、

10

を特徴とする請求項 1 記載のタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【請求項 3】

前記第 $n - 1$ スタンドは、前記第 $n - 1$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 1$ 圧下制御装置を有し、

前記第 2 板厚制御部は、前記マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚と前記第 n スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を前記第 $n - 1$ 圧下制御装置へフィードバックして、第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御すること、

20

を特徴とする請求項 1 記載のタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【請求項 4】

前記第 $n - 1$ スタンドは、前記第 $n - 1$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 1$ 圧下制御装置を有し、

前記タンデム冷間圧延機は、前記第 $n - 1$ スタンドの上流に、前記被圧延材を圧延する第 $n - 2$ ワークロールを有する第 $n - 2$ スタンドを備え、

前記板厚制御装置は、

前記第 $n - 1$ 圧下制御装置により計測される圧延荷重実測値と、前記第 $n - 1$ 速度制御装置により計測されるワークロール周速度と、前記マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚とに基づいて、前記第 $n - 1$ スタンドの入側の板厚を計算するスタンド入側板厚計算部と、

30

前記スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値が前記第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値に一致するように、前記第 $n - 2$ スタンドにおける圧延荷重を制御する第 3 板厚制御部と、

を備えることを特徴とする、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【請求項 5】

前記タンデム冷間圧延機は、前記第 $n - 2$ スタンドの上流に、前記被圧延材を圧延する第 $n - 3$ ワークロールと、前記第 $n - 3$ ワークロールの周速度を制御する第 $n - 3$ 速度制御装置とを有する第 $n - 3$ スタンドを備え、

40

前記第 3 板厚制御部は、前記スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値と前記第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を前記第 $n - 3$ 速度制御装置へフィードバックして、前記第 $n - 2$ スタンドにおける圧延荷重を制御すること、

を特徴とする請求項 4 記載のタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【請求項 6】

前記第 $n - 2$ スタンドは、前記第 $n - 2$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 2$ 圧下制御装置を有し、

前記第 3 板厚制御部は、前記スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値と前記第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を前記

50

第 n - 2 圧下制御装置へフィードバックして、前記第 n - 2 スタンドにおける圧延荷重を制御すること、

を特徴とする請求項 4 記載のタンデム冷間圧延機の板厚制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タンデム冷間圧延機の板厚制御装置に関する。特に、金属等を圧延するプロセスに係わり、被圧延材を所望の板厚に制御するための、タンデム冷間圧延機の板厚制御装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

近年、被圧延材の板厚の要求精度はますます高くなっている。特に、電磁鋼板では、モータや変圧器の製造時に鋼板を積層するため、高い精度の板厚制御が必要とされる。

【0003】

一般にタンデム冷間圧延では、複数の板厚計、板速度計、張力計を設置し、指定された製品板厚になるように板厚制御が行われる。これまで様々な板厚制御装置が開発されている。

【0004】

例えば、スタンド入側の板厚計を用いて、出側板厚が目標板厚となるように板厚計の下流側スタンドのロールギャップ、または板厚計の上流側もしくは下流側のワークロール周速度を操作するフィードフォワード AGC (Automatic Gauge Control) がある。

20

【0005】

また、スタンド出側の板厚計を用いて測定値が目標板厚となるように板厚計の上流側スタンドのロールギャップ、またはさらに 1 つ上流のスタンドのワークロール周速度を変更することで板厚を制御するモニタ AGC がある。モニタ AGC はスタンドと板厚計に距離があり測定が遅れるため、高精度に板厚を制御することが難しい。

【0006】

そこで、スタンド入側に設置した板厚計とスタンドの入側、出側に設置した板速度計を用いてマスフロー一定則により計算したマスフロー板厚が目標板厚となるように、スタンドのロールギャップ、または上流側スタンドのワークロール周速度を変更するマスフロー AGC がある。

30

【0007】

また、特許第 4 8 1 8 8 9 0 号公報では、母材の変形抵抗の局所的な変化を高応答に制御する目的で、最終スタンドで圧延荷重とロールベンディング力を測定し、ミルストレッチ式により最終スタンドの出側板厚を計算し、出側板厚計算値が目標板厚となるようにスタンドのロールギャップを制御する方式もある。本方式では、張力を一定に保つことで、ロールギャップを閉めたときの張力低下による圧延荷重の増大を防止している。

【0008】

一般的に、これらの板厚制御は、複数のスタンドに適用され、製品板厚の高精度化を図っている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特許第 4 8 1 8 8 9 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述のように、これまで考案された板厚制御装置を組み合わせて複数のスタンドに適用することで板厚精度は向上する。しかしながら、以下に示すような課題がある。

50

【0011】

板厚計、板速度計、張力計などのセンサは高価なため、全てのスタンドの入側、出側に設置できるとは限らず、費用を抑えるために、設置できる台数が制限される場合がある。

【0012】

一般的にタンデム冷間圧延機では、板厚は最初のスタンドで高精度に制御する必要があり、センサも多く配置される。しかしながら、例えば、最終スタンドでは入側、出側に板速度計と張力計、出側に板厚計を設置し、最終スタンドの入側に板厚計を設置しない場合がある。

【0013】

このようなセンサ配置であれば、上述したフィードフォワードAGC、マスフローAGCは適用できず、モニタAGCが適用されることとなる。下流のスタンドでは材料が硬いため、ロールギャップを操作する板厚制御の場合は圧延荷重が高くなり、形状不良が発生する恐れがある。そのため、最終スタンドにモニタAGCを適用する場合は、通常は最終スタンドより1つ上流のスタンドのワークロール周速度を操作する。本構成の場合、通常は最初のスタンドで高精度に板厚を制御すれば、目標の製品板厚に高精度に制御できる。

10

【0014】

しかしながら、圧延可能最小板厚近傍の薄物材の圧延では、下流スタンドのロールバイト内の摩擦係数は圧延速度により大きく変動し、圧延荷重が変化することでスタンド出側の板厚が変動する。そのため、最終スタンドの入側板厚を制御できない場合は、最終スタンド入側の板厚が圧延速度により変動し最終スタンド出側の板厚精度を低下させる。

20

【0015】

本センサ配置では、前記特許第4818890号公報の板厚制御を適用することも考えられるが、圧延可能最小板厚近傍の薄物材の圧延ではロールギャップを閉めても圧延荷重が高くなるだけで、圧延荷重が制御上限に到達した場合は所望の板厚を確保できない。また、上述したように目標の板厚を達成したとしても高荷重により形状不良が発生する可能性がある。

【0016】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、最終スタンドの入側に板厚計がない場合でも、最終スタンドの出側板厚を高精度に制御できるタンデム冷間圧延機の板厚制御装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の目的を達成するため、本発明に係るタンデム冷間圧延機の板厚制御装置は以下のように構成される。

【0018】

タンデム冷間圧延機は、 n (n は2以上の自然数) 基の圧延スタンドを有する。第 n スタンドは、被圧延材を圧延する第 n ワークロールを有する最終スタンドである。第 $n-1$ スタンドは、第 n スタンドの上流に設けられ、被圧延材を圧延する第 $n-1$ ワークロールと、第 $n-1$ ワークロールの周速度を制御する第 $n-1$ 速度制御装置とを有する。

40

【0019】

また、タンデム冷間圧延機は、出側板厚計と、出側板速度計と、入側板速度計とを備える。出側板厚計は、第 n スタンドの出側における被圧延材の板厚を計測する。出側板速度計は、第 n スタンドの出側における被圧延材の板速度（搬送速度）を計測する。入側板速度計は、第 n スタンドの入側における被圧延材の板速度（搬送速度）を計測する。

【0020】

板厚制御装置は、第1板厚制御部と、マスフロー板厚計算部と、第2板厚制御部とを備える。

【0021】

第1板厚制御部は、出側板厚計により計測される出側板厚実測値と第 n スタンドの出側

50

板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を第 $n - 1$ 速度制御装置へフィードバックするモニタ A G C である。

【 0 0 2 2 】

マスフロー板厚計算部は、出側板厚計により計測される出側板厚実測値と、出側板速度計により計測される出側板速度実測値と、入側板速度計により計測される入側板速度実測値とに基づいて、第 n スタンドの入側のマスフロー板厚を計算する。

【 0 0 2 3 】

第 2 板厚制御部は、マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚が第 n スタンドの入側板厚目標値に一致するように、第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。これにより、最終スタンドの入側板厚を制御する。

10

【 0 0 2 4 】

好ましくは、タンデム冷間圧延機は、第 $n - 1$ スタンドの上流に、被圧延材を圧延する第 $n - 2$ ワークロールと、第 $n - 2$ ワークロールの周速度を制御する第 $n - 2$ 速度制御装置とを有する第 $n - 2$ スタンドを備える。さらに、第 2 板厚制御部は、マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚と第 n スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を第 $n - 2$ 速度制御装置へフィードバックして、第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。

【 0 0 2 5 】

好ましくは、第 $n - 1$ スタンドは、第 $n - 1$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 1$ 圧下制御装置を有する。さらに、第 2 板厚制御部は、マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚と第 n スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を第 $n - 1$ 圧下制御装置へフィードバックして、第 $n - 1$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。

20

【 0 0 2 6 】

本発明の一態様によれば、第 $n - 1$ スタンドは、第 $n - 1$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 1$ 圧下制御装置を有する。タンデム冷間圧延機は、第 $n - 1$ スタンドの上流に、被圧延材を圧延する第 $n - 2$ ワークロールを有する第 $n - 2$ スタンドを備える。さらに、板厚制御装置は、スタンド入側板厚計算部と第 3 板厚制御部とを備える。

【 0 0 2 7 】

スタンド入側板厚計算部は、第 $n - 1$ 圧下制御装置により計測される圧延荷重実測値と、第 $n - 1$ 速度制御装置により計測されるワークロール周速度と、マスフロー板厚計算部により計算されるマスフロー板厚とに基づいて、第 $n - 1$ スタンドの入側の板厚を計算する。

30

【 0 0 2 8 】

第 3 板厚制御部は、スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値が第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値に一致するように、第 $n - 2$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。これにより、最終スタンドより 1 つ上流のスタンドの入側板厚を制御する。

【 0 0 2 9 】

好ましくは、タンデム冷間圧延機は、第 $n - 2$ スタンドの上流に、被圧延材を圧延する第 $n - 3$ ワークロールと、第 $n - 3$ ワークロールの周速度を制御する第 $n - 3$ 速度制御装置とを有する第 $n - 3$ スタンドを備える。さらに、第 3 板厚制御部は、スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値と第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を第 $n - 3$ 速度制御装置へフィードバックして、第 $n - 2$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。

40

【 0 0 3 0 】

好ましくは、第 $n - 2$ スタンドは、第 $n - 2$ ワークロールのロールギャップを制御する第 $n - 2$ 圧下制御装置を有する。さらに、第 3 板厚制御部は、スタンド入側板厚計算部により計算される板厚計算値と第 $n - 1$ スタンドの入側板厚目標値との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を第 $n - 2$ 圧下制御装置へフィードバックして、第 $n - 2$ スタンドにおける圧延荷重を制御する。

50

【発明の効果】

【0031】

本発明に係るタンデム冷間圧延機の板厚制御装置によれば、最終スタンド（第 n スタンド）の入側に板厚計が設置されてない場合でも、最終スタンドの入側の板厚変動を抑制でき、最終スタンドの出側の板厚変動を抑制できるため、最終スタンドの出側板厚を製品の目標板厚へ高精度に制御できる。加えて、最終スタンドより1つ上流のスタンド（第 $n-1$ スタンド）の入側の板厚変動も抑制して、最終スタンドより1つ上流のスタンドの出側板厚を所望の板厚に制御することで、より上流から板厚偏差を抑制でき、最終スタンドの出側板厚をより高精度に制御できる。

【図面の簡単な説明】

10

【0032】

【図1】本発明の実施の形態1に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの構成を説明するための図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの変形例を説明するための図である。

【図3】本発明の実施の形態2に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの構成を説明するための図である。

【図4】本発明の実施の形態2に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの変形例を説明するための図である。

【図5】本発明に係る板厚制御装置が有する処理回路のハードウェア構成例を示す概念図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。尚、各図において共通する要素には、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

【0034】

実施の形態1.

<システム構成>

図1は、本発明の実施の形態1に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの構成を説明するための図である。実施の形態1に係るタンデム冷間圧延機は、複数の圧延スタンドを備える。図1には、一例として、5基の圧延スタンドを備えるタンデム冷間圧延機が描かれている。

30

【0035】

5基の圧延スタンドは、上流側から順に、第1スタンド1、第2スタンド2、第3スタンド3、第4スタンド4、第5スタンド5である。5基の圧延スタンドは、被圧延材6を方向7（図1の左から右へ）へ圧延する。

【0036】

各スタンドは、ワークロールと速度制御装置と圧下制御装置とを有する。具体的には、第 i スタンド（ i は自然数、 $i \leq n$ 、 $n=5$ ）は、被圧延材6を圧延する一対の第 i ワークロール（11～15）と、第 i ワークロールとの周速度を制御する第 i 速度制御装置（21～25）と、第 i ワークロールのロールギャップを制御する第 i 圧下制御装置（31～35）とを有する。また、第 i 速度制御装置は、第 i ワークロールの周速度を計測する。第 i 圧下制御装置は、第 i ワークロールが被圧延材6から受ける荷重、すなわち圧延荷重を計測する。

40

【0037】

さらに、実施の形態1に係るタンデム冷間圧延機は、入側板速度計8、出側板速度計9、出側板厚計10を備える。入側板速度計8は、最終スタンドである第5スタンド5（第 n スタンド）の入側における被圧延材6の板速度（搬送速度）を計測する。出側板速度計9は、第5スタンド5（第 n スタンド）の出側における被圧延材6の板速度（搬送速度）を計測する。出側板厚計10は、第5スタンド5（第 n スタンド）の出側における被圧延

50

材 6 の板厚を計測する。なお、実施の形態 1 に係るタンデム冷間圧延機は、最終スタンドの入側に板厚計は設置されていない。

【 0 0 3 8 】

本発明に係る板厚制御装置は、最終スタンドの入側に板厚計は設置されていないタンデム冷間圧延機に適用される。実施の形態 1 に係る板厚制御装置は、第 1 板厚制御部 4 0、マスフロー板厚計算部 4 1、第 2 板厚制御部 4 2 を備える。

【 0 0 3 9 】

< 第 1 板厚制御部 (モニタ A G C) >

第 1 板厚制御部 4 0 は、モニタ A G C として機能する。第 1 板厚制御部 4 0 は、出側板厚計 1 0 により計測される出側板厚実測値と、第 5 スタンド 5 (第 n スタンド) の出側板厚目標値とを受信する。第 1 板厚制御部 4 0 は、出側板厚実測値が出側板厚目標値に一致するように、出側板厚実測値と出側板厚目標値との差を 0 に近づける速度変更値を第 4 速度制御装置 2 4 (第 n - 1 速度制御装置) ヘフィードバックする。第 4 スタンド 4 のワークロール周速度を変更することで、第 4 スタンド 4 と第 5 スタンド 5 の間の張力を変化させ、第 5 スタンド 5 の出側の板厚を制御する。

【 0 0 4 0 】

具体的には、第 1 板厚制御部 4 0 は、出側板厚計 1 0 により計測される出側板厚実測値が第 5 スタンド 5 の出側板厚目標値よりも大きい場合に、第 4 速度制御装置 2 4 にワークロール周速度を低める速度変更値を送信する。また、第 1 板厚制御部 4 0 は、出側板厚実測値が出側板厚目標値よりも小さい場合に、第 4 速度制御装置 2 4 にワークロール周速度を高める速度変更値を送信する。なお、速度変更値の絶対値は、出側板厚実測値と出側板厚目標値との差が大きいほど大きい。

【 0 0 4 1 】

しかしながら、製品板厚は、第 4 スタンド 4 の出側板厚の変化に影響を受けるため、目標値通りの製品板厚へ高精度に制御するためには、第 4 スタンド 4 の出側板厚の変動を抑制する必要がある。

【 0 0 4 2 】

以下、第 4 スタンド 4 の出側板厚の変動を抑制するために設けられた、図 1 の破線内に示すマスフロー板厚計算部 4 1 と第 2 板厚制御部 4 2 について説明する。

【 0 0 4 3 】

< マスフロー板厚計算部 >

マスフロー板厚計算部 4 1 は、出側板厚計 1 0 により計測される出側板厚実測値と、出側板速度計 9 により計測される出側板速度実測値と、入側板速度計 8 により計測される入側板速度実測値とを受信する。マスフロー板厚計算部 4 1 は、次式 (1) にこれらの実測値を代入して、第 4 スタンド 4 (第 n - 1 スタンド) の出側のマスフロー板厚を計算する。計算されたマスフロー板厚は、第 2 板厚制御部 4 2 ヘ送信される。なお、第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚は、第 5 スタンド 5 (第 n スタンド) の入側のマスフロー板厚を意味する。

【 0 0 4 4 】

【 数 1 】

$$h_4^{MF} = \frac{h_5^{ACT} \times V_5^{ACT}}{V_4^{ACT}} \quad (1)$$

ここで、

h_4^{MF} : 第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚

h_5^{ACT} : 第 5 スタンド 5 の出側板厚実測値[mm]

V_4^{ACT} : 第 4 スタンド 4 の出側の板速度実測値[mpm]

V_5^{ACT} : 第 5 スタンド 5 の出側の板速度実測値[mpm]

【 0 0 4 5 】

< 第 2 板厚制御部 (モニタ A G C) >

第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚計算部 4 1 で計算された第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚を受信する。第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚が第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値 (第 5 スタンド 5 の入側板厚目標値) に一致するように、マスフロー板厚と第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値 (第 5 スタンド 5 の入側板厚目標値) との差を 0 に近づける速度変更値を第 3 速度制御装置 2 3 (第 $n - 2$ 速度制御装置) ヘフィードバックして、第 4 スタンド 4 (第 $n - 1$ スタンド) における圧延荷重を制御する。

【 0 0 4 6 】

具体的には、第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚計算部 4 1 で計算される第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚が第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値よりも大きい場合に、第 3 速度制御装置 2 3 にワークロール周速度を低める速度変更値を送信する。第 3 スタンド 3 のワークロール周速度を低めることで、第 3 スタンド 3 と第 4 スタンド 4 の間の張力が増加し、第 4 スタンド 4 における圧延荷重を低めることができる。その結果、第 5 スタンド 5 の入側における被圧延材 6 の板厚を薄くできる。

10

【 0 0 4 7 】

また、第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚計算部 4 1 で計算される第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚が第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値よりも小さい場合に、第 3 速度制御装置 2 3 にワークロール周速度を高める速度変更値を送信する。第 3 スタンド 3 のワークロール周速度を高めることで、第 3 スタンド 3 と第 4 スタンド 4 の間の張力が減少し、第 4 スタンド 4 における圧延荷重を高めることができる。その結果、第 5 スタンド 5 の入側における被圧延材 6 の板厚を厚くできる。なお、速度変更値の絶対値は、マスフロー板厚と出側板厚目標値との差が大きいほど大きい。

20

【 0 0 4 8 】

< 効果 >

以上説明したように、本発明の実施の形態 1 に係る板厚制御装置によれば、最終スタンドの入側に板厚計がない場合でも、第 5 スタンド 5 の入側の板厚変動を抑制でき、第 5 スタンド 5 の出側の板厚変動が低減できることから第 5 スタンド 5 の出側板厚を製品の目標板厚へ高精度に制御できる。

【 0 0 4 9 】

30

< 変形例 >

図 2 を参照して実施の形態 1 の変形例について説明する。図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの変形例を説明するための図である。上述した実施の形態 1 では、第 2 板厚制御部 4 2 が第 3 速度制御装置 2 3 へ速度変更値をフィードバックすることで、第 4 スタンド 4 における圧延荷重を制御している。しかしながら、第 4 スタンド 4 における圧延荷重の制御手法は、これに限定されるものではない。第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚と第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値 (第 5 スタンド 5 の入側板厚目標値) との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を第 4 圧下制御装置 3 4 (第 $n - 1$ 圧下制御装置) ヘフィードバックして、第 4 スタンド 4 (第 $n - 1$ スタンド) における圧延荷重を制御してもよい。なお、この点は以下の実施の形態でも同様である。

40

【 0 0 5 0 】

具体的には、第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚計算部 4 1 で計算される第 4 スタンド 4 の出側のマスフロー板厚が第 4 スタンド 4 の出側板厚目標値よりも大きい場合に、第 4 圧下制御装置 3 4 にロールギャップを狭めるロールギャップ変更値を送信する。また、第 2 板厚制御部 4 2 は、マスフロー板厚が出側板厚目標値よりも小さい場合に、第 4 圧下制御装置 3 4 にロールギャップを広げるロールギャップ変更値を送信する。なお、ロールギャップ変更値の絶対値は、マスフロー板厚と出側板厚目標値との差が大きいほど大きい。

【 0 0 5 1 】

また、上述した実施の形態 1 のシステムにおいては、5 基の圧延スタンドからなるタン

50

デム冷間圧延機に適用する場合について説明したが、圧延スタンドの数は５基に限定されるものではない。なお、この点は以下の実施の形態でも同様である。

【００５２】

実施の形態２．

<システム構成>

次に、図３を参照して本発明の実施の形態２について説明する。図３は、本発明の実施の形態２に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの構成を説明するための図である。図３に示すシステム構成は、スタンド入側板厚計算部４３および第３板厚制御部４４が追加されている点を除いて、図１と同様である。

【００５３】

実施の形態２に係るシステムは、実施の形態１と適用対象は同じであるが、第３スタンド３の出側板厚を計算し、目標板厚へ制御する点で相違する。以下、実施の形態１と相違する動作のみを説明する。

【００５４】

<スタンド入側板厚計算部>

スタンド入側板厚計算部４３は、第４圧下制御装置３４（第ｎ－１圧下制御装置）により計測される圧延荷重実測値と、第４速度制御装置２４（第ｎ－１速度制御装置）により計測される第４スタンド４のワークロール周速度と、マスフロー板厚計算部４１により計算される第４スタンド４の出側のマスフロー板厚を受信する。スタンド入側板厚計算部４３は、次式（２）にこれらの値を代入して、第３スタンド３（第ｎ－２スタンド）の出側の板厚を計算する。計算された板厚は、第３板厚制御部４４へ送信される。なお、第３スタンド３の出側の板厚は、第４スタンド４（第ｎ－１スタンド）の入側の板厚を意味する。

【００５５】

【数２】

$$h_3^{CAL} = f(P_4^{ACT}, V_4^{Roll}) - h_4^{MF} \quad (2)$$

ここで、

h_3^{CAL} : 第３スタンド３の出側板厚計算値[mm]

f : 第３スタンド３の出側板厚を求めるための関数

P_4^{ACT} : 第４スタンド４の圧延荷重実測値[mm]

V_4^{Roll} : 第４スタンド４のワークロール周速度[mpm]

h_4^{MF} : 第４スタンド４の出側のマスフロー板厚[mm]

【００５６】

一般的に、式（２）の中の第３スタンド３の出側板厚を求めるための関数は非線形性を有している。

【００５７】

<第３板厚制御部（モニタＡＧＣ）>

第３板厚制御部４４は、スタンド入側板厚計算部４３で計算された第３スタンド３（第ｎ－２スタンド）の出側板厚計算値を受信する。第３板厚制御部４４は、第３スタンド３の出側板厚計算値（第４スタンド４の入側板厚計算値）が第３スタンド３の出側板厚目標値（第４スタンド４の入側板厚目標値）に一致するように、出側板厚計算値（入側板厚計算値）と第３スタンド３の出側板厚目標値（第４スタンド４の入側板厚目標値）との差を０に近づける速度変更値を第２速度制御装置２２（第ｎ－３速度制御装置）へフィードバックして、第３スタンド３（第ｎ－２スタンド）における圧延荷重を制御する。

【００５８】

具体的には、第３板厚制御部４４は、スタンド入側板厚計算部４３で計算された第３スタンド３の出側板厚計算値が第３スタンド３の出側板厚目標値よりも大きい場合に、第２

10

20

30

40

50

速度制御装置 2 2 にワークロール周速度を低める速度変更値を送信する。第 2 スタンド 2 のワークロール周速度を低めることで、第 2 スタンド 2 と第 3 スタンド 3 の間の張力が増加し、第 3 スタンド 3 における圧延荷重を低めることができる。その結果、第 4 スタンド 4 の入側における被圧延材 6 の板厚を薄くできる。

【 0 0 5 9 】

また、第 3 板厚制御部 4 4 は、スタンド入側板厚計算部 4 3 で計算された第 3 スタンド 3 の出側板厚計算値が第 3 スタンド 3 の出側板厚目標値よりも小さい場合に、第 2 速度制御装置 2 2 にワークロール周速度を高める速度変更値を送信する。第 2 スタンド 2 のワークロール周速度を高めることで、第 2 スタンド 2 と第 3 スタンド 3 の間の張力が減少し、第 3 スタンド 3 における圧延荷重を高めることができる。その結果、第 4 スタンド 4 の入側における被圧延材 6 の板厚を厚くできる。なお、速度変更値の絶対値は、出側板厚計算値と出側板厚目標値との差が大きいほど大きい。

10

【 0 0 6 0 】

< 効果 >

以上説明したように、本発明の実施の形態 2 に係る板厚制御装置によれば、最終スタンドの入側に板厚計がない場合でも、圧延速度の変化による第 4 スタンド 4 の入側の板厚変動を抑制でき、第 5 スタンド 5 の入側の板厚変動も抑制できることから、実施の形態 1 に比して第 5 スタンド 5 の出側板厚をより高精度に制御できる。

【 0 0 6 1 】

< 変形例 >

20

図 4 を参照して実施の形態 2 の変形例について説明する。図 4 は、本発明の実施の形態 2 に係るタンデム冷間圧延板厚制御システムの変形例を説明するための図である。上述した実施の形態 2 では、第 3 板厚制御部 4 4 が第 2 速度制御装置 2 2 へ速度変更値をフィードバックすることで、第 3 スタンド 3 における圧延荷重を制御している。しかしながら、第 3 スタンド 3 における圧延荷重の制御方法は、これに限定されるものではない。第 3 板厚制御部 4 4 は、出側板厚計算値（入側板厚計算値）と第 3 スタンド 3 の出側板厚目標値（第 4 スタンド 4 の入側板厚目標値）との差を 0 に近づけるロールギャップ変更値を第 3 圧下制御装置 3 3（第 $n - 2$ 圧下制御装置）へフィードバックして、第 3 スタンド 3（第 $n - 2$ スタンド）における圧延荷重を制御してもよい。

【 0 0 6 2 】

30

具体的には、第 3 板厚制御部 4 4 は、スタンド入側板厚計算部 4 3 で計算された第 3 スタンド 3 の出側板厚計算値が第 3 スタンド 3 の出側板厚目標値よりも大きい場合に、第 3 圧下制御装置 3 3 にロールギャップを狭めるロールギャップ変更値を送信する。また、第 3 板厚制御部 4 4 は、スタンド入側板厚計算部 4 3 で計算された第 3 スタンド 3 の出側板厚計算値が第 3 スタンド 3 の出側板厚目標値よりも小さい場合に、第 3 圧下制御装置 3 3 にロールギャップを広げるロールギャップ変更値を送信する。なお、ロールギャップ変更値の絶対値は、出側板厚計算値と出側板厚目標値との差が大きいほど大きい。

【 0 0 6 3 】

< ハードウェア構成例 >

図 5 は、本発明に係る板厚制御装置が有する処理回路のハードウェア構成例を示す概念図である。第 1 板厚制御部 4 0、マスフロー板厚計算部 4 1、第 2 板厚制御部 4 2、スタンド入側板厚計算部 4 3、第 3 板厚制御部 4 4 は、板厚制御装置が有する機能の一部を示し、各機能は処理回路により実現される。例えば、処理回路は、少なくとも 1 つのプロセッサ 9 1 と少なくとも 1 つのメモリ 9 2 とを備える。例えば、処理回路は、少なくとも 1 つの専用のハードウェア 9 3 を備える。具体例として、処理回路は PLC (Programmable Logic Controller) である。

40

【 0 0 6 4 】

処理回路がプロセッサ 9 1 とメモリ 9 2 とを備える場合、各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、又はソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアおよびファームウェアの少なくとも一方は、プログラムとして記述される。ソ

50

フトウェアおよびファームウェアの少なくとも一方は、メモリ 92 に格納される。プロセッサ 91 は、メモリ 92 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、各機能を実現する。プロセッサ 91 は、CPU (Central Processing Unit)、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP ともいう。例えば、メモリ 92 は、RAM、ROM、フラッシュメモリ、EPROM、EEPROM 等の、不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD 等である。

【0065】

処理回路が専用のハードウェア 93 を備える場合、処理回路は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、又はこれらを組み合わせたものである。例えば、各機能は、それぞれ処理回路で実現される。例えば、各機能は、まとめて処理回路で実現される。

10

【0066】

また、各機能について、一部を専用のハードウェア 93 で実現し、他部をソフトウェア又はファームウェアで実現してもよい。

【0067】

このように、処理回路は、ハードウェア 93、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって各機能を実現する。

【符号の説明】

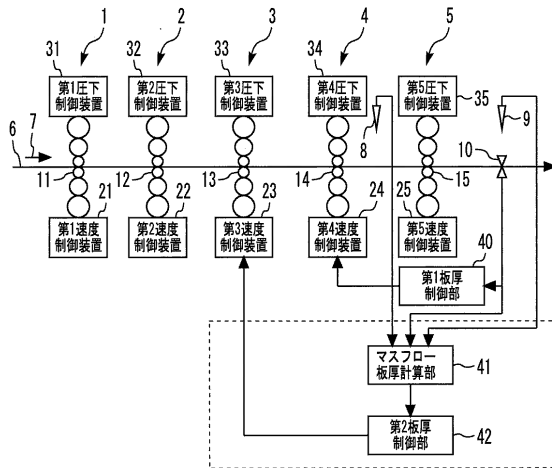
【0068】

20

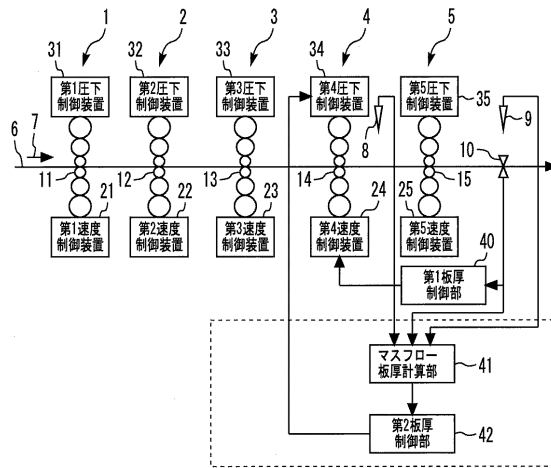
- 1 - 5 第 1 スタンド - 第 5 スタンド
- 6 被圧延材
- 7 方向
- 8 入側板速度計
- 9 出側板速度計
- 10 出側板厚計
- 21 - 25 第 1 速度制御装置 - 第 5 速度制御装置
- 31 - 35 第 1 圧下制御装置 - 第 5 圧下制御装置
- 40 第 1 板厚制御部
- 41 マスフロー板厚計算部
- 42 第 2 板厚制御部
- 43 スタンド入側板厚計算部
- 44 第 3 板厚制御部
- 91 プロセッサ
- 92 メモリ
- 93 ハードウェア

30

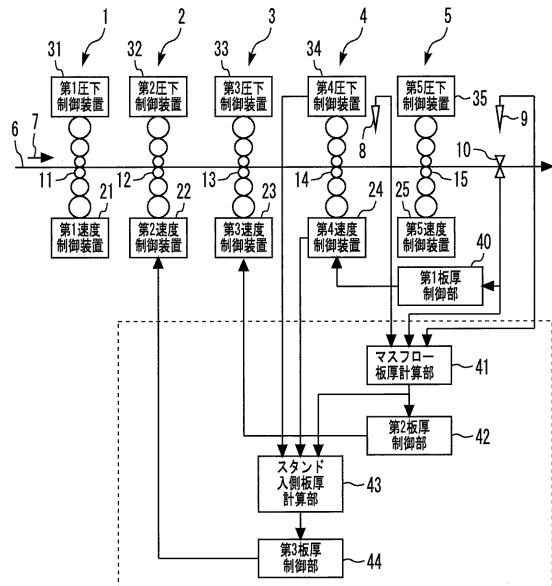
【 図 1 】



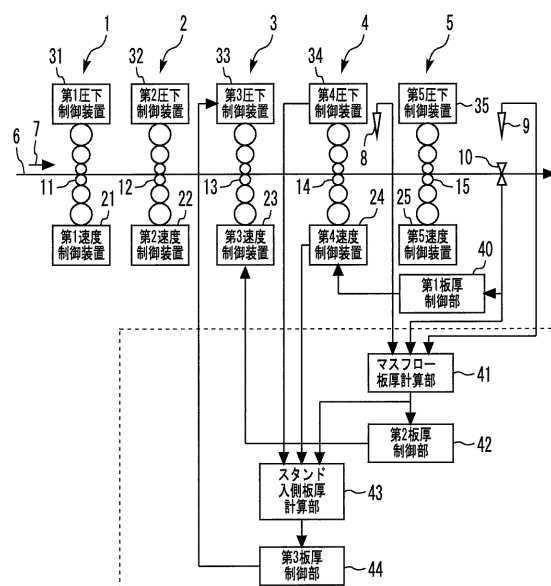
【圖 2】



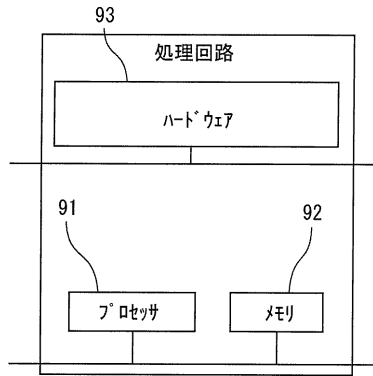
【 図 3 】



【 図 4 】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-136116(JP,A)
特開2014-124666(JP,A)
特開平06-142739(JP,A)
特開平03-047613(JP,A)
特開昭57-127518(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B21B 37/20