(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 3 月 31 日(31.03.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/046945 A1

(51) 国際特許分類:
B21B 38/02 (2006.01) *G05B 13/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/075488

(22) 国際出願日: 2014 年 9 月 25 日(25.09.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 新居 稔大(NII, Toshihiro); 〒1040031 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 Tokyo (JP). 久保 直博(KUBO, Naohiro); 〒1040031 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 高田 守, 外(TAKADA, Mamoru et al.); 〒1040045 東京都中央区築地１丁目１２番２２号 コンワビル７階 特許業務法人 高田・高橋国際特許事務所 Tokyo (JP).

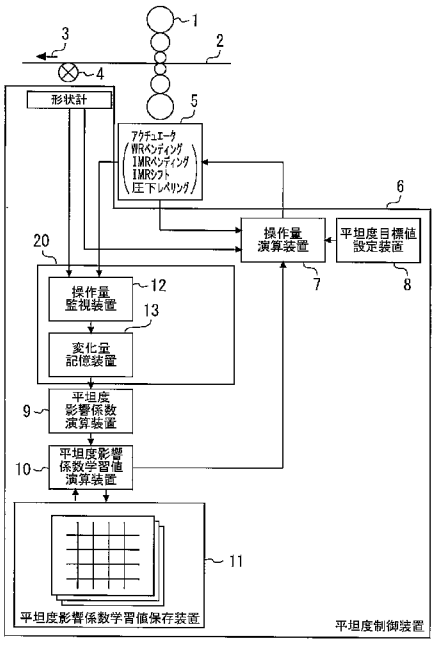
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) **Title**: FLATNESS CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称 : 平坦度制御装置



4 Shape meter
5 Actuator (WR bending, IMR bending, IMR shift, reduction leveling)
6 Flatness control device
7 Operation amount calculation device
8 Flatness target value setting device
9 Flatness influence coefficient calculation device
10 Flatness influence coefficient learned value calculation device
11 Flatness influence coefficient learned value saving device
12 Operation amount monitoring device
13 Change amount storage device

(57) **Abstract**: This flatness control device is characterized by being provided with: a shape meter that measures flatness; a flatness target value setting device that sets a target value of flatness; an operation amount calculation device that calculates the operation amount of each of actuators; a monitoring device that monitors whether the amount of change of an actual value of flatness exceeds a predetermined flatness threshold value; a storage device that, when the amount of change of the actual value of flatness exceeds the flatness threshold value, associates and stores the amount of change of the actual value of flatness and the actual value of the operation amount of each of the actuators; a flatness influence coefficient calculation device that calculates an identified value; a flatness influence coefficient learned value calculation device that, on the basis of an identified value of this time and a learned value of the last time, calculates a learned value of this time, and sets the learned value of this time for the operation amount calculation device; and a flatness influence coefficient learned value saving device that stores a leaned value of each of influence coefficients.

(57) 要約: 本発明に係る平坦度制御装置は、平坦度を測定する形状計と、平坦度の目標値を設定する平坦度目標値設定装置と、各アクチュエータの操作量を演算する操作量演算装置と、平坦度の実績値の変化量が予め定められた平坦度閾値より大きいかどうか監視する監視装置と、平坦度の実績値の変化量が前記平坦度閾値を超えた場合に平坦度の実績値の変化量と各アクチュエータの操作量の実績値とを関連付けて記憶する記憶装置と、同定値を演算する平坦度影響係数演算装置と、今回の同定値と前回の学習値とに基づき今回の学習値を演算し今回の学習値を前記操作量演算装置に対して設定する平坦度影響係数学習値演算装置と、各影響係数の学習値を記憶する平坦度影響係数学習値保存装置と、を備えることを特徴とする。

WO 2016/046945 A1

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 平坦度制御装置

技術分野

[0001] この発明は、平坦度制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、金属等の圧延材を圧延する圧延機が知られている。圧延機では、圧延材を平坦に圧延するための平坦度制御が行われる。以下、平坦度制御について説明する。

[0003] 平坦度制御では、圧延機に設けられている形状計によって検出された圧延材の平坦度の実績値と、平坦度の目標値との偏差が演算される。そして、この偏差が最小になるように、圧延機に設けられている各アクチュエータの操作量が演算される。演算された操作量は、各アクチュエータの制御装置に送信される。これを一定の制御周期で繰り返し、圧延材の全長にわたって平坦度の実績値と目標値との偏差が生じることを抑制する。

[0004] また、特許文献１には、平坦度の実績値と各アクチュエータの操作量とを用いた学習制御が開示されている。学習制御が行われることで、圧延材の平坦度制御の精度を向上させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本特開平９－１７４１２８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献１に開示される学習制御では、クーラントの影響や信号に含まれる外乱などが原因で、正確かつ安定な平坦度の実績値及び各アクチュエータの操作量を得ることができない場合がある。この結果、学習精度の低下を招く恐れがある。

[0007] 本発明は上記課題を解決するためになされたもので、クーラントの影響や

信号に含まれる外乱などの影響を抑制して、精度よく学習制御を行うことができる平坦度制御装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 第１の発明は、上記の目的を達成するための平坦度制御装置であって、

複数のアクチュエータを操作して圧延材を所望の製品へ圧延する圧延プロセスに設けられ、前記圧延材の幅方向の平坦度を制御する平坦度制御装置であって、

前記圧延材の幅方向に設定された複数の測定位置のそれぞれにおける平坦度を測定する形状計と、

前記各測定位置における平坦度の目標値を設定する平坦度目標値設定装置と、

前記各アクチュエータを操作したときの前記各測定位置における平坦度の変化量が前記各測定位置を変数とする多項式で表され、前記多項式の各項にはその項が平坦度に与える影響の大きさを表した影響係数が乗じられている平坦度影響係数モデルを用いて、前記各測定位置における平坦度の実績値と前記各測定位置における平坦度の目標値との偏差に基づき、前記偏差を小さくするための前記各アクチュエータの操作量を演算する操作量演算装置と、

前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量が予め定められた平坦度閾値より大きいかどうか監視する監視装置と、

前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量が前記平坦度閾値を超えた場合に、前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量と前記各アクチュエータの操作量の実績値とを関連付けて記憶する記憶装置と、

前記記憶装置から読みだされた前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量と前記各アクチュエータの操作量の実績値とに基づき、前記平坦度影響係数モデルの前記各影響係数を同定し、その同定値を演算する平坦度影響係数演算装置と、

前記各影響係数の今回の同定値と前記各影響係数の前回の学習値とに基づき、前記各影響係数の今回の学習値を演算し、前記各影響係数の今回の学習

値を前記操作量演算装置に対して設定する平坦度影響係数学習値演算装置と、

前記各影響係数の学習値を記憶する平坦度影響係数学習値保存装置と、

を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、学習制御に使う実績データを適切に選ぶことができるため、クーラントの影響、外乱の影響を低減させることができる。この結果、平坦度予測精度が向上する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態１のシステムの構成を示した図である。

[図2]実施の形態１の操作量監視装置の監視手順を示した図である。

[図3]実施の形態２のシステムの構成を示した図である。

発明を実施するための形態

[0011] 実施の形態１.

［システムの構成］

実施の形態１では、ワークロール（ＷＲ）ベンディング、中間ロール（ＩＭＲ）ベンディング、ＩＭＲシフト、レベリングなどのアクチュエータを備えたシングル圧延機が制御される。ここで、ＷＲベンディングとは油圧の力でワークロールのたるみを矯正するアクチュエータであり、ＩＭＲベンディングとは油圧の力で中間ロールのたるみを矯正するアクチュエータであり、ＩＭＲシフトとは中間ロールを圧延材の圧延方向の垂直方向に動かすアクチュエータであり、レベリングとは圧延材が蛇行したり形状が乱れたりするのを修正するために設けられているアクチュエータである。

[0012] 図１は、実施の形態１のシステムの構成を示した図である。図１には、圧延機１が表されている。圧延機１は、上記説明したＷＲベンディング、ＩＭＲベンディング、ＩＭＲシフト、レベリングなどのアクチュエータ５が備えられている。圧延機１は、圧延材２を矢印３の方向に圧延する。圧延機１の出口側には、形状計４が設置されている。形状計４は、圧延材２の幅方向に

所定の間隔で設定された複数の測定位置のそれぞれにセンサロールを備えている。この複数のセンサロールごとに圧延材２の平坦度の実績値が測定される。

[0013] 図１には圧延機１のアクチュエータ５を制御する平坦度制御装置６が表されている。平坦度制御装置６には、形状計４、操作量演算装置７、平坦度目標値設定装置８が含まれている。操作量演算装置７は、アクチュエータ５の操作量を演算する装置である。平坦度目標値設定装置８は、圧延材２の圧延後の目標形状の各測定位置における平坦度を示す目標値を設定する装置である。

[0014] 上記説明した平坦度制御装置６の構成装置を用いて通常制御が行われる。以下、実施の形態１の通常制御について説明する。

[0015] 形状計４は、測定した平坦度の実績値を操作量演算装置７に伝送する。操作量演算装置７は、制御周期毎に、平坦度目標値設定装置８から出力される目標値と平坦度の実績値との偏差を演算する。そして、操作量演算装置７は、その偏差が最小になるように、後述する平坦度影響係数モデルを用いて、アクチュエータ５の操作量を演算する。操作量演算装置７において演算された操作量に基づいて、アクチュエータ５が操作される。

[0016] 実施の形態１では、上記の通常制御に加えて、平坦度の学習制御が行われる。以下、この学習制御について説明する。

[0017] 平坦度制御装置６には、平坦度影響係数演算装置９、平坦度影響係数学習値演算装置１０、平坦度影響係数学習値保存装置１１、情報収集装置２０が含まれている。情報収集装置２０は、操作量監視装置１２及び変化量記憶装置１３から構成されている。平坦度影響係数演算装置９は、後述する評価関数を用いて平坦度影響係数モデルの学習係数を同定する装置である。平坦度影響係数学習値演算装置１０は、影響係数の学習値を演算する装置である。平坦度影響係数学習値保存装置１１は、平坦度影響係数学習値演算装置１０で演算された学習値を保存する装置である。情報収集装置２０は、平坦度影響係数モデルの学習に使用する実績値の選別を行う装置である。

[0018] 形状計４によって測定された平坦度の実績値とアクチュエータ５の操作量の実績値とが平坦度制御装置６に入力される。平坦度制御装置６内において、平坦度影響係数演算装置９は、後述する評価関数を用いて、アクチュエータ５の操作前の平坦度の実績値と操作後の平坦度の実績値との差（以下、平坦度の実績値の変化量という。）と、アクチュエータ５の操作量の実績値とに基づいて、平坦度影響係数モデルの学習係数を同定する。この同定した学習係数の値を同定値という。平坦度影響係数演算装置９は、演算した学習係数の同定値を平坦度影響係数学習値演算装置１０に伝送する。

[0019] 平坦度影響係数学習値演算装置１０は、平坦度影響係数学習値保存装置１１から伝送された前回の学習値と、平坦度影響係数演算装置９から伝送された学習係数の同定値とに基づいて、今回の学習値を演算する。なお、平坦度影響係数学習値演算装置１０において、今回の学習値は、学習係数の同定値と前回の学習値との平均または加重平均から求められる。

[0020] 平坦度影響係数学習値演算装置１０は、操作量演算装置７と平坦度影響係数学習値保存装置１１とに今回の学習値を伝送する。平坦度影響係数学習値保存装置１１は、平坦度影響係数学習値演算装置１０から伝送された今回の学習値を記憶する。平坦度影響係数学習値保存装置１１は、例えば、鋼種、板厚、板幅毎に層別化された学習テーブルに、受信した今回の学習値を記憶する。操作量演算装置７は、受信した今回の学習値を平坦度影響係数モデルに用いて平坦度制御を実施する。

[0021] 以下、操作量演算装置７に記憶されている平坦度影響係数モデル及び平坦度影響係数演算装置９に記憶されている評価関数の具体的な内容について詳述する。

[0022] ［平坦度影響係数モデル］

操作量演算装置７に記憶されている平坦度影響係数モデルを下記式（１）乃至式（４）のように表現する。下記式では、ＷＲベンディングの平坦度影響係数モデルを式(１)、ＩＭＲベンディングの平坦度影響係数モデルを式(２)、ＩＭＲシフトの平坦度影響係数モデルを式(３)、レベリングの平坦度影響

係数モデルを式(４)と表す。

[0023] [数1]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{WRB}} = Z_{WRB2} \cdot a_{WRB2} \cdot x_i^2 + Z_{WRB4} \cdot a_{WRB4} \cdot x_i^4 + Z_{WRB6} \cdot a_{WRB6} \cdot x_i^6 \quad \cdots (1)$$

[0024] [数2]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{IRB}} = Z_{IRB2} \cdot a_{IRB2} \cdot x_i^2 + Z_{IRB4} \cdot a_{IRB4} \cdot x_i^4 + Z_{IRB6} \cdot a_{IRB6} \cdot x_i^6 \quad \cdots (2)$$

[0025] [数3]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial L_{IRS}} = Z_{IRS2} \cdot a_{IRS2} \cdot x_i^2 + Z_{IRS4} \cdot a_{IRS4} \cdot x_i^4 + Z_{IRS6} \cdot a_{IRS6} \cdot x_i^6 \quad \cdots (3)$$

[0026] [数4]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial S_L} = Z_{LVL1} \cdot a_{LVL1} \cdot x_i + Z_{LVL3} \cdot a_{LVL3} \cdot x_i^3 + Z_{LVL5} \cdot a_{LVL5} \cdot x_i^5 \quad \cdots (4)$$

[0027] ここで、上記式（１）乃至式（４）の各項について以下に説明する。

[0028] [数5]

x_i :板幅を－１から１に基準化したときのｉにおける基準化位置[—]

[0029] [数6]

ｉ:形状計の各センサロールの番号（ｉ＝１，２，３，・・・Ｎ）

[0030] [数7]

$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{WRB}}$:ＷＲベンディング

平坦度影響係数モデル [I-unit/(kN/chock)]

[0031] [数8]

$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{IRB}}$:ＩＭＲベンディング

平坦度影響係数モデル [I-unit/(kN/chock)]

[0032] [数9]

$\frac{\partial \beta_i}{\partial L_{IRS}}$:ＩＭＲシフト

平坦度影響係数モデル [I-unit/mm]

[0033] [数10]

$\frac{\partial \beta_i}{\partial S_L}$:レベリング
平坦度影響係数モデル [I-unit/mm]

[0034] [数11]

a_{WRB2} : WRベンディング平坦度影響係数
モデルの２次の項の係数 [I-unit/(kN/chock)]

[0035] [数12]

a_{WRB4} : WRベンディング平坦度影響係数
モデルの４次の項の係数 [I-unit/(kN/chock)]

[0036] [数13]

a_{IRB2} : IMRベンディング平坦度影 響係数
モデルの２次の項の係 数 [I-unit/(kN/c hock)]

[0037] [数14]

a_{IRB4} : IMRベンディング平坦度影 響係数
モデルの４次の項の係 数 [I-unit/(kN/c hock)]

[0038] [数15]

a_{IRS2} : IMRシフト平坦度影響係数モデルの２次の項の係数[I-unit/mm]

[0039] [数16]

a_{IRS4} : IMRシフト平坦度影響係数モデルの４次の項の係数[I-unit/mm]

[0040] [数17]

a_{LVL1} :レベリング平坦度影響係数モデルの１次の項の係数[I-unit/mm]

[0041] [数18]

a_{LVL3} :レベリング平坦度影響係数モデルの３次の項の係数[I-unit/mm]

[0042] [数19]

a_{WRB6} : WRベンディング平坦度影響係数モデル
の６次の項の係数[I-unit/(kN/chock)]

[0043] [数20]

a_{IRB6} : IMRベンディング平坦度影響係数モデル
の６次の項の係数[I-unit/(kN/chock)]

[0044] [数21]

a_{IRS6} : IMRシフト平坦度影響係数モデルの６次の項の係数 [I-unit/mm]

[0045] [数22]

a_{LVL5} : レベリング平坦度影響係数モデルの５次の項の係数[I-unit/mm]

[0046] なお、上記数１１乃至数２２の係数は固定値である。

[0047] [数23]

Z_{WRB2} : WRベンディング平坦度影響係数モデル
の２次の項の学習係数[I-unit/(kN/ chock)]

[0048] [数24]

Z_{WRB4} : WRベンディング平坦度影響係数モデル
の４次の項の学習係数[I-unit/(kN/ chock)]

[0049] [数25]

Z_{IRB2} : IMRベンディング平坦度影 響係数モデル
の２次の項の学習係数 [I-unit/(kN/ chock)]

[0050] [数26]

Z_{IRB4} : IMRベンディング平坦度影 響係数モデル
の４次の項の学習係数 [I-unit/(kN/ chock)]

[0051] [数27]

Z_{IRS2} : IMRシフト平坦度影響係数モデルの２次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0052] [数28]

Z_{IRS4} : IMRシフト平坦度影響係数モデルの４次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0053] [数29]

Z_{LVL1} : レベリング平坦度影響係数モデルの１次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0054]

[数30]

Z_{LVL3}：レベリング平坦度影響係数モデルの３次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0055] [数31]

Z_{WRB6}：WRベンディング平坦度影響係数モデル
の６次の項の学習係数[I-unit/(kN/chock)]

[0056] [数32]

Z_{IRB6}：IMRベンディング平坦度影響係数モデル
の６次の項の学習係数[I-unit/(kN/chock)]

[0057] [数33]

Z_{IRS6}：IMRシフト平坦度影響係数モデルの６次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0058] [数34]

Z_{LVL5}：レベリング平坦度影響係数モデルの５次の項の学習係数[I-unit/mm]

[0059] なお、上記数２３乃至数３４の学習係数は変数である。そして、上記数１１乃至数２２の係数と上記数２３乃至数３４の学習係数とを乗算したものが影響係数である。例えば、式（１）に示すＷＲベンディングの平坦度影響係数モデルの２次の項の影響係数は、$Z_{WRB2}\cdot a_{WRB2}$である。

[0060] ［評価関数］

平坦度影響係数演算装置９に記憶されている評価関数は、下記式(５)で表現される。平坦度影響係数演算装置９は、下記の評価関数が最少になるように、各学習係数の同定値を演算する。

[0061] [数35]

$$
\begin{aligned}
J=\sum_{n=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}\Big\{&\Delta\beta_{ni}^{ACT}\\
&-\left(Z_{WRB2}^{CUR}\cdot a_{WRB2}\cdot x_i^2+Z_{WRB4}^{CUR}\cdot a_{WRB4}\cdot x_i^4+Z_{WRB6}^{CUR}\cdot a_{WRB6}\cdot x_i^6\right)\times\Delta P_{nWRB}^{ACT}\\
&-\left(Z_{IRB2}^{CUR}\cdot a_{IRB2}\cdot x_i^2+Z_{IRB4}^{CUR}\cdot a_{IRB4}\cdot x_i^4+Z_{IRB6}^{CUR}\cdot a_{IRB6}\cdot x_i^6\right)\times\Delta P_{nIRB}^{ACT}\\
&-\left(Z_{IRS2}^{CUR}\cdot a_{IRS2}\cdot x_i^2+Z_{IRS4}^{CUR}\cdot a_{IRS4}\cdot x_i^4+Z_{IRS6}^{CUR}\cdot a_{IRS6}\cdot x_i^6\right)\times\Delta L_{nIRS}^{ACT}\\
&-\left(Z_{LVL1}^{CUR}\cdot a_{LVL1}\cdot x_i^1+Z_{LVL3}^{CUR}\cdot a_{LVL3}\cdot x_i^3+Z_{LVL5}^{CUR}\cdot a_{LVL5}\cdot x_i^5\right)\times\Delta S_{nL}^{ACT}\Big\}^2
\end{aligned}
\qquad \cdots (5)
$$

[0062]

[数36]

n:ｎセット目の実績値 [―]

[0063] [数37]

$\Delta\beta_{ni}^{ACT}$: 位置ｉにおける平坦度実績値[I-unit]

[0064] [数38]

ΔP_{nWRB}^{ACT} :実績ＷＲベンディング [kN/chock]

[0065] [数39]

ΔP_{nIRB}^{ACT} :実績ＩＭＲベンディング[kN/chock]

[0066] [数40]

ΔL_{nIRS}^{ACT} :実績ＩＭＲシフト[mm]

[0067] [数41]

ΔS_{nL}^{ACT} :実績レベリング[mm]

[0068] [数42]

Z_{WRB2}^{CUR} :ＷＲベンディング平坦度影響係数モデルの２次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/ chock)]

[0069] [数43]

Z_{WRB4}^{CUR} :ＷＲベンディング平坦度影響係数モデルの４次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/ chock)]

[0070] [数44]

Z_{WRB6}^{CUR} :ＷＲベンディング平坦度影響係数モデルの６次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/ chock)]

[0071] [数45]

Z_{IRB2}^{CUR} :ＩＭＲベンディング平坦度影響係数モデルの２次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/ chock)]

[0072]

[数46]

Z_{IRB4}^{CUR} :ＩＭＲベンディング平坦度影響係数モデルの４次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/chock)]

[0073] [数47]

Z_{IRB6}^{CUR} :ＩＭＲベンディング平坦度影響係数モデルの６次の項の学習係数の同定値[I-unit/(kN/chock)]

[0074] [数48]

Z_{IRS2}^{CUR} :ＩＭＲシフト平坦度影響係数モデルの２次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0075] [数49]

Z_{IRS4}^{CUR} :ＩＭＲシフト平坦度影響係数モデルの４次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0076] [数50]

Z_{IRS6}^{CUR} :ＩＭＲシフト平坦度影響係数モデルの６次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0077] [数51]

Z_{LVL1}^{CUR} :レベリング平坦度影響係数モデルの１次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0078] [数52]

Z_{LVL3}^{CUR} :レベリング平坦度影響係数モデルの３次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0079] [数53]

Z_{LVL5}^{CUR} :レベリング平坦度影響係数モデルの５次の項の学習係数の同定値[I-unit/mm]

[0080] ところで、平坦度の実績値とアクチュエータ５の操作量を学習制御で用いる際に、平坦度の実績値にクーラントの影響や外乱などが含まれている場合、平坦度の予測誤差が大きくなり、安定した制御が困難になるおそれがある

。

[0081] そこで、実施の形態１では、学習制御に用いる実績値を適切に選ぶために、平坦度の実績値とアクチュエータ５の操作量を制御周期毎に受信し、予め決められた時間内に平坦度の実績値の変化量およびアクチュエータ５の操作量の実績値が閾値を超えたかどうか判定する。以下、実施の形態１で行われる判定ルーチンについて図２を参照して説明する。

[0082] ［判定ルーチン］

図２は操作量監視装置１２において実行される判定ルーチンである。まず、操作量監視装置１２は、学習フラグがＯＮか否かを判定する（Ｓ１００）。操作量監視装置１２は、学習フラグがＯＮになっていないと判定した場合、本ルーチンを終了させる。

[0083] 一方、Ｓ１００において、操作量監視装置１２は、学習フラグがＯＮになっていると判定した場合、そのときの時間およびアクチュエータ５の操作量の実績値を計測する（Ｓ１１０）。

[0084] 次に、操作量監視装置１２は、Ｓ１１０を実行した時間からの経過時間Δｔ、平坦度の実績値の変化量、アクチュエータ５の操作量の実績値を演算する（Ｓ１２０）。

[0085] 次に、操作量監視装置１２は、経過時間Δｔが予め決められた時間Δt^{UL}より長いか否かを判定する（Ｓ１３０）。経過時間Δｔが予め決められた時間Δt^{UL}以下の場合、本ルーチンは始点にもどる。

[0086] 一方、経過時間Δｔが予め決められた時間Δt^{UL}より長い場合、形状計４の幅方向の各センサロールの位置における平坦度の変化量の絶対値の平均値が、予め決められた閾値$\Delta\beta^{LL}$より大きいかどうかが判定される（Ｓ１４０）。形状計４の幅方向の各センサロールの位置での平坦度の変化量の絶対値の平均値が、予め決められた閾値$\Delta\beta^{LL}$以下の場合、クーラントの影響、外乱などが平坦度実績値に多く含まれるため、再度、経過時間Δｔ、平坦度の実績値の変化量、アクチュエータ５の操作量の実績値の演算（Ｓ１２０）がやり直される。

[0087] 一方、形状計４の幅方向の各センサロールの位置における平坦度の変化量の絶対値の平均値が、予め決められた閾値Δβ^{LL}より大きい場合、それぞれのアクチュエータ５の操作量が予め決められた閾値より小さいか否かが判定される（Ｓ１５０、Ｓ１７０、Ｓ１９０、Ｓ２１０）。操作量が閾値より小さいアクチュエータ５は操作量をゼロに置き換えられ、一方、操作量が閾値以上のアクチュエータ５はその操作量に置き換えられる（Ｓ１６０、Ｓ１８０、Ｓ２００、Ｓ２２０）。その後、平坦度の実績値の変化量とともに変化量記憶装置１３に伝送される（Ｓ２３０）。

[0088] 変化量記憶装置１３は受信した平坦度の実績値とアクチュエータ５の操作量を、最大Ｍセットまでデータを記憶する。変化量記憶装置１３は、Ｍセットのデータを記憶した後、Ｍセットのデータを平坦度影響係数演算装置９に伝送する。また、その後、データが１セット更新されるたびに、Ｍセットのデータを平坦度影響係数演算装置９に伝送する。なお、鋼種、サイズが変更された場合は、Ｍセットのデータは全て削除される。

[0089] 通常、近似精度を上げるためには近似関数の次数を上げる対策がなされるが、次数が高すぎるとクーラントの影響や外乱などの誤差までアクチュエータ５の影響係数としてモデル化される恐れがある。しかし、本発明では、学習制御に使う実績データを適切に選ぶことができるため、クーラントの影響、外乱の影響を低減させることができ、近似関数を高次にできる。これにより、平坦度予測精度が向上する。

[0090] なお、平坦度影響係数モデルの変形例として、より低次の下記式（６）乃至式（９）を用いてもよい。

[0091] [数54]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{WRB}} = Z_{WRB2} \cdot a_{WRB2} \cdot x_i^2 + Z_{WRB4} \cdot a_{WRB4} \cdot x_i^4 \quad \cdots (6)$$

[0092] [数55]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial P_{IRB}} = Z_{IRB2} \cdot a_{IRB2} \cdot x_i^2 + Z_{IRB4} \cdot a_{IRB4} \cdot x_i^4 \quad \cdots (7)$$

[0093] [数56]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial L_{\mathrm{IRS}}} = Z_{\mathrm{IRS2}} \cdot a_{\mathrm{IRS2}} \cdot x_{\mathrm{i}}^2 + Z_{\mathrm{IRS4}} \cdot a_{\mathrm{IRS4}} \cdot x_{\mathrm{i}}^4 \quad \cdots (8)$$

[0094] [数57]

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial S_{\mathrm{L}}} = Z_{\mathrm{LVL1}} \cdot a_{\mathrm{LVL1}} \cdot x_{\mathrm{i}} + Z_{\mathrm{LVL3}} \cdot a_{\mathrm{LVL3}} \cdot x_{\mathrm{i}}^3 \quad \cdots (9)$$

[0095] なお、実施の形態１において、平坦度影響係数演算装置９は、影響係数モデルの学習係数を同定したがこれに限るものではない。例えば、平坦度影響係数演算装置９は、影響係数モデルの影響係数を同定してもよいものとする。これは、後述する実施の形態２においても同様である。

[0096] 実施の形態２.

図３は実施の形態２のシステムの構成を示した図である。実施の形態２は、実施の形態１と適用対象は同じであるが、平坦度影響係数次数演算装置１４が形状計４から平坦度の実績値を、平坦度目標値設定装置８から目標値を受信し、平坦度影響係数演算装置９を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。

[0097] 平坦度影響係数次数演算装置１４は、形状計４から制御周期毎の平坦度の実績値と平坦度目標値設定装置８から目標値とを受信する。平坦度影響係数次数演算装置１４は、平坦度の実績値と平坦度の目標値との偏差の絶対値の平均値が予め決められた時間単調増加していない場合、上記式(１)乃至式（４）の５次の項の学習係数の同定値と６次の項の学習係数の同定値を０とする。そして、平坦度影響係数次数演算装置１４は、１次の項、２次の項、３次の項、４次の項の学習係数の同定値を同定する。一方、平坦度影響係数次数演算装置１４は、平坦度の実績値と平坦度の目標値との偏差の絶対値の平均値が単調増加している場合、１次の項、２次の項、３次の項、４次の項、５次の項、６次の項の学習係数の同定値を同定する。また、平坦度影響係数次数演算装置１４は、次材からも当該圧延材と同様の鋼種、板厚、板幅の圧延材に対しては、１次の項、２次の項、３次の項、４次の項、５次の項、６

次の項の学習係数の同定値を同定する。

[0098] なお、実施の形態２では、予め決められた時間、平坦度の実績値と平坦度の目標値との偏差の絶対値の平均値が単調増加しているか否かを評価したが、これに限定されるものではない。例えば、ＷＲベンディング、ＩＭＲベンディングの操作量の実績値が発散しているか否かを評価してもよい。ＷＲベンディング、ＩＭＲベンディングの操作量の実績値が発散していない場合、上記式(１)乃至式（４）の５次の項の学習係数の同定値と６次の項の学習係数の同定値を０とする。そして、平坦度影響係数次数演算装置１４は、１次の項、２次の項、３次の項、４次の項の学習係数の同定値を同定する。一方、ＷＲベンディング、ＩＭＲベンディングの操作量の実績値が発散している場合、平坦度影響係数次数演算装置１４は、１次の項、２次の項、３次の項、４次の項、５次の項、６次の項の学習係数の同定値を同定する。

[0099] 一般に、平坦度影響係数モデルの多項式の次数を高くしすぎるとクーラントの影響、外乱まで学習してしまう恐れがあるが、上述のように、平坦度影響係数モデルの次数が適切でない場合にのみ高次の次数を使うことにより、不要に次数を高くすることなく、最適な近似関数の次数を選択することができ、平坦度制御の精度を向上することができる。

[0100] なお、平坦度の対象成分に作用するアクチュエータ５の平坦度影響係数モデルを６次の多項式、非対称成分に作用するアクチュエータ５の平坦度影響係数モデルを５次の多項式としたが、もちろんこれに限定されるものではない。以上により、効率的かつ高精度の平坦度影響係数モデルの学習が実行可能となる。

[0101] 上記の説明において、アクチュエータ５をＷＲベンディング、ＩＭＲベンディング、ＩＭＲシフト、レベリングとして説明したが、その他のアクチュエータ、例えばＶＣロール、ＷＲシフトなどと組み合わせてもよい。また、本発明は形状計４が設置された、熱間圧延機、冷間圧延機、タンデムミル等すべての圧延機を対象とすることができる。

[0102] 本発明により、予め設定した時間内に、予め設定した閾値より平坦度の変

化量およびアクチュエータ５の操作量が大きい場合に学習を実行させることで、クーラントおよび外乱の影響を小さくできることから、平坦度影響係数モデルの近似関数の次数を高くすることができ、平坦度予測精度の向上が達成できる。また、各種圧延条件、圧延材の特性が変化することで平坦度影響係数が高次成分をもつようになった場合でも、最適な近似関数で学習させることができるため、平坦度予測精度の向上が達成できる。

符号の説明

[0103] １　圧延機

２　圧延材

３　圧延方向

４　形状計

５　アクチュエータ

６　平坦度制御装置

７　操作量演算装置

８　平坦度目標値設定装置

９　平坦度影響係数演算装置

１０　平坦度影響係数学習値演算装置

１１　平坦度影響係数学習値保存装置

１２　操作量監視装置

１３　変化量記憶装置

１４　平坦度影響係数次数演算装置

２０　情報収集装置

請求の範囲

[請求項1] 複数のアクチュエータを操作して圧延材を所望の製品へ圧延する圧延プロセスに設けられ、前記圧延材の幅方向の平坦度を制御する平坦度制御装置であって、

前記圧延材の幅方向に設定された複数の測定位置のそれぞれにおける平坦度を測定する形状計と、

前記各測定位置における平坦度の目標値を設定する平坦度目標値設定装置と、

前記各アクチュエータを操作したときの前記各測定位置における平坦度の変化量が前記各測定位置を変数とする多項式で表され、前記多項式の各項にはその項が平坦度に与える影響の大きさを表した影響係数が乗じられている平坦度影響係数モデルを用いて、前記各測定位置における平坦度の実績値と前記各測定位置における平坦度の目標値との偏差に基づき、前記偏差を小さくするための前記各アクチュエータの操作量を演算する操作量演算装置と、

前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量が予め定められた平坦度閾値より大きいかどうか監視する監視装置と、

前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量が前記平坦度閾値を超えた場合に、前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量と前記各アクチュエータの操作量の実績値とを関連付けて記憶する記憶装置と、

前記記憶装置から読みだされた前記各測定位置における平坦度の実績値の変化量と前記各アクチュエータの操作量の実績値とに基づき、前記平坦度影響係数モデルの前記各影響係数を同定し、その同定値を演算する平坦度影響係数演算装置と、

前記各影響係数の今回の同定値と前記各影響係数の前回の学習値とに基づき、前記各影響係数の今回の学習値を演算し、前記各影響係数の今回の学習値を前記操作量演算装置に対して設定する平坦度影響係

数学習値演算装置と、

前記各影響係数の学習値を記憶する平坦度影響係数学習値保存装置と、

を備えることを特徴とする平坦度制御装置。

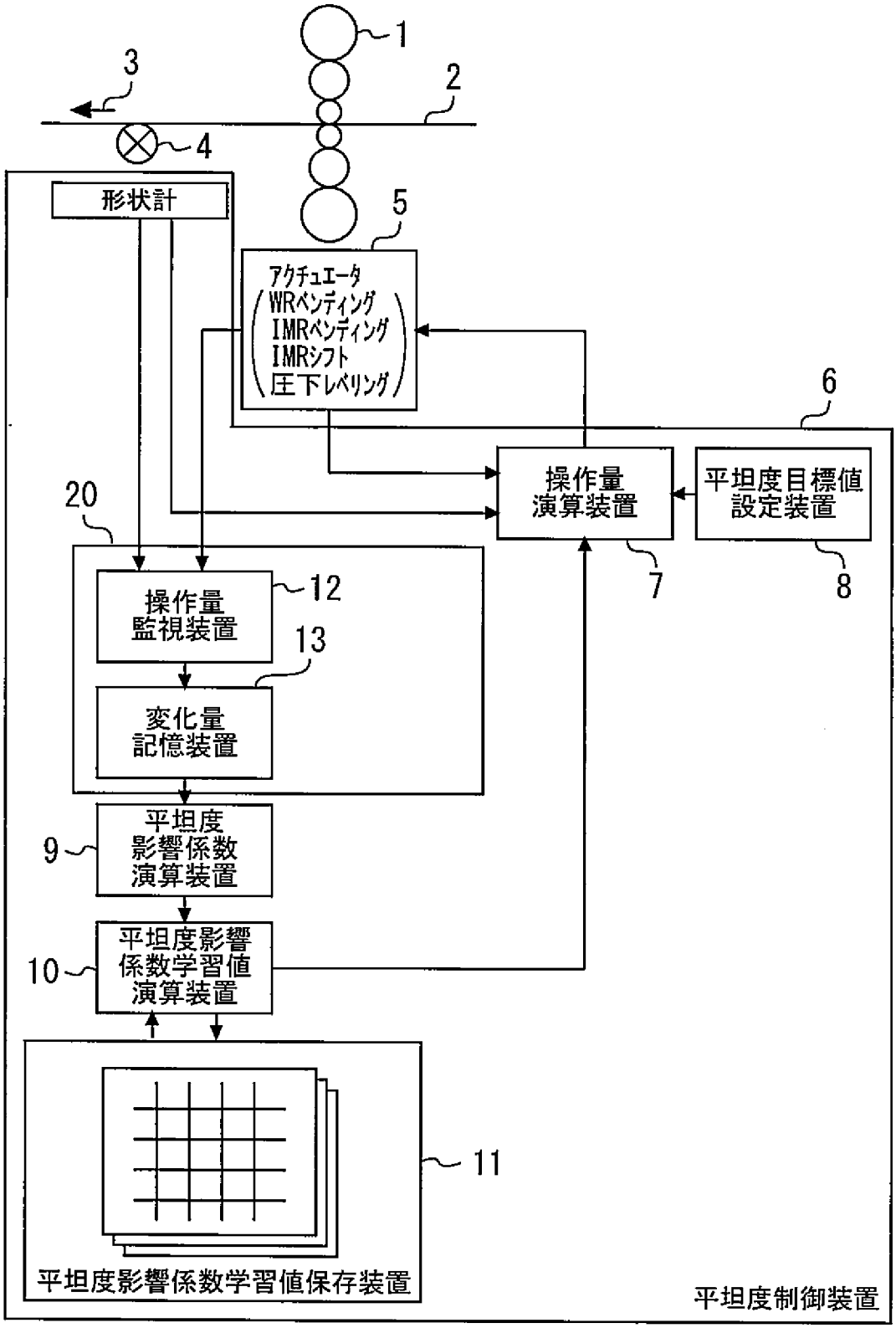
[請求項2] 前記監視装置は、前記各アクチュエータの操作量の実績値が予め定められた操作量閾値より大きいかどうか監視し、

前記記憶装置は、操作量の実績値が前記操作量閾値を超えていないアクチュエータについては、記憶する操作量の実績値をゼロに置き換えることを特徴とする請求項１に記載の平坦度制御装置。

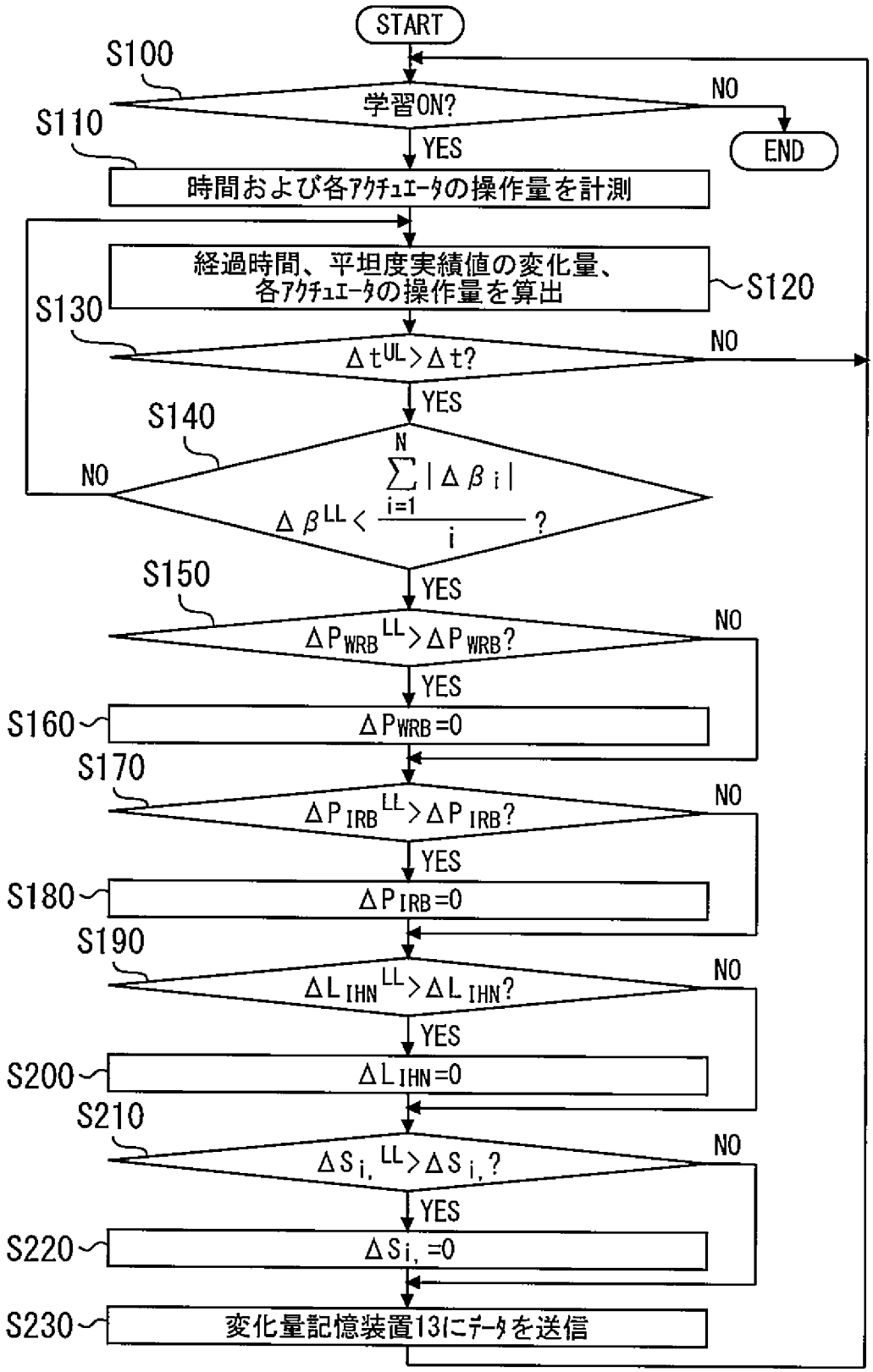
[請求項3] 前記各測定位置における平坦度の実績値と前記各測定位置における平坦度の目標値との偏差の絶対値の平均値の変化状況に応じて前記平坦度影響係数モデルの次数を変更する平坦度影響係数次数演算装置をさらに備えることを特徴とする請求項１又は２に記載の平坦度制御装置。

[請求項4] 前記各アクチュエータの操作量の実績値の発散状況に応じて前記平坦度影響係数モデルの次数を変更する平坦度影響係数次数演算装置をさらに備えることを特徴とする請求項１又は２に記載の平坦度制御装置。

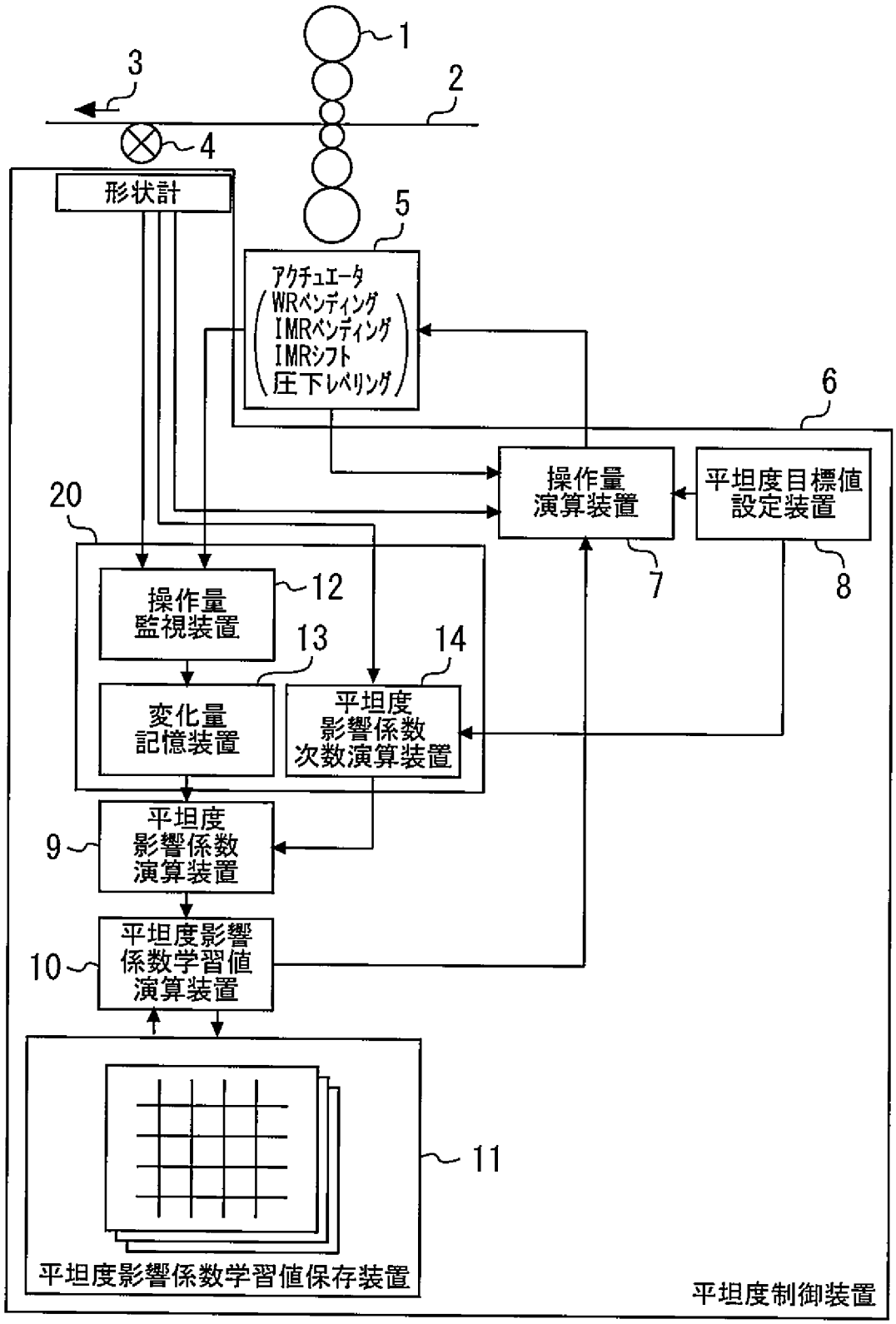
[図1]


1
2
3
4
5
形状計
アクチュエータ
WRベンディング
IMRベンディング
IMRシフト
圧下レベリング
6
操作量
演算装置
平坦度目標値
設定装置
7
8
20
操作量
監視装置
12
13
変化量
記憶装置
9
平坦度
影響係数
演算装置
10
平坦度影響
係数学習値
演算装置
11
平坦度影響係数学習値保存装置
平坦度制御装置

[図2]


START
S100
学習ON?
NO
END
S110
YES
時間および各ｱｸﾁｭｴｰﾀの操作量を計測
経過時間、平坦度実績値の変化量、
各ｱｸﾁｭｴｰﾀの操作量を算出
S120
S130
Δt^UL>Δt?
NO
YES
S140
NO
Δβ^LL < Σ(i=1,N)|Δβi| / i ?
YES
S150
ΔP_WRB^LL>ΔP_WRB?
NO
YES
S160
ΔP_WRB=0
S170
ΔP_IRB^LL>ΔP_IRB?
NO
YES
S180
ΔP_IRB=0
S190
ΔL_IHN^LL>ΔL_IHN?
NO
YES
S200
ΔL_IHN=0
S210
ΔSi,^LL>ΔSi,?
NO
YES
S220
ΔSi,=0
S230
変化量記憶装置13にﾃﾞｰﾀを送信

[図3]


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
20
形状計
アクチュエータ
WRベンディング
IMRベンディング
IMRシフト
圧下レベリング
操作量
演算装置
平坦度目標値
設定装置
操作量
監視装置
変化量
記憶装置
平坦度
影響係数
次数演算装置
平坦度
影響係数
演算装置
平坦度影響
係数学習値
演算装置
平坦度影響係数学習値保存装置
平坦度制御装置

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/075488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B21B38/02(2006.01)i, *G05B13/02*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21B38/02, G05B13/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-119806 A (Toshiba Corp.), 18 May 1993 (18.05.1993), (Family: none)	1-4
A	JP 1-210109 A (Toshiba Corp.), 23 August 1989 (23.08.1989), (Family: none)	1-4
A	JP 61-209709 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 18 September 1986 (18.09.1986), (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 November, 2014 (14.11.14)	25 November, 2014 (25.11.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７５４８８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21B38/02(2006.01)i, G05B13/02(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21B38/02, G05B13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 5-119806 A（株式会社東芝）1993.05.18,（ファミリーなし）	1-4
A	JP 1-210109 A（株式会社東芝）1989.08.23,（ファミリーなし）	1-4
A	JP 61-209709 A（三菱重工業株式会社）1986.09.18,（ファミリーなし）	1-4

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１４．１１．２０１４	２５．１１．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｅ　９２６５
坂本　薫昭
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５