

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5598549号  
(P5598549)

(45) 発行日 平成26年10月1日(2014.10.1)

(24) 登録日 平成26年8月22日(2014.8.22)

(51) Int. Cl. F 1  
**B 2 1 B 37/18 (2006.01)** B 2 1 B 37/12 1 1 2 B  
**B 2 1 B 37/66 (2006.01)** B 2 1 B 37/12 B B H

請求項の数 18 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2012-545545 (P2012-545545)	(73) 特許権者	501137636
(86) (22) 出願日	平成22年11月22日(2010.11.22)		東芝三菱電機産業システム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/070804		東京都中央区京橋三丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02012/070099	(74) 代理人	100082175
(87) 国際公開日	平成24年5月31日(2012.5.31)		弁理士 高田 守
審査請求日	平成25年4月4日(2013.4.4)	(74) 代理人	100106150
			弁理士 高橋 英樹
		(72) 発明者	今成 宏幸
			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
		(72) 発明者	河村 茂雄
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧延機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、  
 を備え、

前記操作量演算手段は、

前記金属材料の圧延開始直後は、前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷

10

20

重の上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算し、前記金属材料の圧延開始後の所定の遷移期間は、前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分と、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分との双方を用いてロールギャップ指令値を演算するとともに、時間の経過とともに、前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分を利用する比率を高めていき、

前記遷移期間の経過後は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算する

10

ことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項 2】

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延を開始する前に、前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重の変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、前記ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、

前記上下同定荷重変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 3】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、

30

前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、

を備え、

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延を開始する前に、前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重の変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、前記ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、

40

前記上下同定荷重変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する

ことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項 4】

前記荷重上下変動同定手段は、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位

50

置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ抽出する偏差演算手段と、

前記偏差演算手段によって抽出された上側変動成分及び下側変動成分を、ロールの回転位置毎に加算する加算器と、

を備え、

前記上下同定荷重変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で行われている時に前記加算器の値の変動が所定の範囲内に収まった場合に、前記加算器の値を記憶する

ことを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の圧延機の制御装置。

【請求項5】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、

を備え、

前記荷重検出装置は、圧延機のドライブ側に設置されたドライブ側荷重検出装置と、オペ側に設置されたオペ側荷重検出装置とを備え、

前記荷重上下変動同定手段は、前記金属材料の圧延開始前に、前記ドライブ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、且つ、前記オペ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重のオペ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、

前記上下同定荷重変動記憶手段は、前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分と、オペ側の上側変動成分及び下側変動成分とをロールの回転位置毎に記憶し、

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延時、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分とオペ側の上側変動成分及び下側変動成分とに基づいて、演算されたロールギャップ指令値から、ドライブ側の指令値とオペ側の指令値とを更に演算する

ことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項6】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、

10

20

30

40

50

キスロール状態の時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、

前記金属材料の圧延が行われている時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、

を備え、

前記操作量演算手段は、

前記金属材料の圧延開始直後は、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算し、

前記金属材料の圧延開始後の所定の遷移期間は、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分と、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分との双方を用いてロールギャップ指令値を演算するとともに、時間の経過とともに、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を利用する比率を高めていき、

前記遷移期間の経過後は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算する

ことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項 7】

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延を開始する前のキスロール状態でロールが回転している時に、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、前記ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、

前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 8】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、

キスロール状態の時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、

前記金属材料の圧延が行われている時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定ロー

10

20

30

40

50

ルギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、  
を備え、

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延を開始する前のキスロール状態でロールが回転している時に、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、前記ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、

前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する

ことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項 9】

前記ロールギャップ上下変動同定手段は、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する変動成分をそれぞれ抽出する偏差演算手段と、

前記偏差演算手段によって抽出された荷重の上側変動成分及び下側変動成分を、それぞれ、ロールギャップの変位に変換する変換手段と、

前記変換手段によって変換されたロールギャップの上側変位及び下側変位を、ロールの回転位置毎に加算する加算器と、

を備え、

前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、前記操作量演算手段による前記制御がキスロール状態で行われている時に前記加算器の値の変動が所定の範囲内に収まった場合に、前記加算器の値を記憶する

ことを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 10】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、

キスロール状態の時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、

前記金属材料の圧延が行われている時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、  
を備え、

前記荷重検出装置は、圧延機のドライブ側に設置されたドライブ側荷重検出装置と、オ

10

20

30

40

50

ペ側に設置されたオペ側荷重検出装置とを備え、

前記ロールギャップ上下変動同定手段は、前記金属材料の圧延開始前に、前記ドライブ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップのドライブ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、且つ、前記オペ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップのオペ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、

前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、キスロール状態の時に前記ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップのドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分と、オペ側の上側変動成分及び下側変動成分とをロールの回転位置毎に記憶し、

前記操作量演算手段は、前記金属材料の圧延時、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップのドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分とオペ側の上側変動成分及び下側変動成分とに基づいて、演算されたロールギャップ指令値から、ドライブ側の指令値とオペ側の指令値とを更に演算することを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項 1 1】

前記操作量演算手段は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比を  $r_{DR}$ 、オペ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比を  $r_{OP}$  とした場合に、演算されたロールギャップ指令値に  $2r_{DR} / (r_{DR} + r_{OP})$  を乗じた値をドライブ側の指令値として、 $2r_{OP} / (r_{DR} + r_{OP})$  を乗じた値をオペ側の指令値として算出することを特徴とする請求項 5 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 1 2】

前記比  $r_{DR}$  は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分のピーク値と下側変動成分のピーク値とに基づいて決定され、

前記比  $r_{OP}$  は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているオペ側の上側変動成分のピーク値と下側変動成分のピーク値とに基づいて決定される

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 1 3】

前記比  $r_{DR}$  は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分の絶対値を積算した値と下側変動成分の絶対値を積算した値とに基づいて決定され、

前記比  $r_{OP}$  は、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているオペ側の上側変動成分の絶対値を積算した値と下側変動成分の絶対値を積算した値とに基づいて決定される

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 1 4】

前記荷重上下配分手段は、前記荷重検出装置によって検出された荷重を  $P$ 、上側荷重を  $P_T$ 、下側荷重を  $P_B$  とした場合に、 $P_T = RP$ 、 $P_B = (1 - R)P$  を満たすように荷重  $P$  を配分し、 $R$  を 0.4 以上 0.6 以下の所定値に設定したことを特徴とする請求項 5 に記載の圧延機の制御装置。

【請求項 1 5】

金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、

キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、

前記荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、

前記荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側

10

20

30

40

50

変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、

前記荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、前記上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、

前記操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、

を備え、

前記荷重上下配分手段は、前記荷重検出装置によって検出された荷重を $P$ 、上側荷重を $P_T$ 、下側荷重を $P_B$ とした場合に、 $P_T = RP$ 、 $P_B = (1 - R)P$ を満たすように荷重 $P$ を配分し、 $R$ を $0.4$ 以上 $0.6$ 以下の所定値に設定したことを特徴とする圧延機の制御装置。

10

【請求項16】

前記操作量演算手段は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比を $r_{DR}$ 、オベ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比を $r_{OP}$ とした場合に、演算されたロールギャップ指令値に $2r_{DR} / (r_{DR} + r_{OP})$ を乗じた値をドライブ側の指令値として、 $2r_{OP} / (r_{DR} + r_{OP})$ を乗じた値をオベ側の指令値として算出することを特徴とする請求項10に記載の圧延機の制御装置。

【請求項17】

前記比 $r_{DR}$ は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分のピーク値と下側変動成分のピーク値とに基づいて決定され、

前記比 $r_{OP}$ は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているオベ側の上側変動成分のピーク値と下側変動成分のピーク値とに基づいて決定される

ことを特徴とする請求項16に記載の圧延機の制御装置。

20

【請求項18】

前記比 $r_{DR}$ は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているドライブ側の上側変動成分の絶対値を積算した値と下側変動成分の絶対値を積算した値とに基づいて決定され、

前記比 $r_{OP}$ は、前記上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているオベ側の上側変動成分の絶対値を積算した値と下側変動成分の絶対値を積算した値とに基づいて決定される

ことを特徴とする請求項16に記載の圧延機の制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、金属材料を圧延する際の板厚制御において、周期性外乱、例えば、ロール等の回転位置に関連して周期的に発生する荷重変動や、この荷重変動に伴って発生する板厚変動を抑制するための制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

薄板圧延や厚板圧延における品質制御の一つに、圧延材の幅方向中央部の板厚を制御する板厚制御(Automatic Gauge Control: AGC)がある。その具体的な制御方法としては、例えば、圧延機の出側に設置された板厚計の測定値をフィードバックするモニターAGC、圧延荷重やロールギャップ(上下作業ロールの間隙)から推定したゲージメータ板厚を用いたゲージメータAGC(Gage Meter AGC: GM-AGC)、圧延荷重を用いたミル定数可変制御(Mill Modulus Control: MMC)等が挙げられる。

【0003】

板厚精度の向上を阻害する外乱としては、例えば、熱間圧延であれば、圧延材の温度変

40

50

動が挙げられる。また、熱間圧延及び冷間圧延に共通の外乱としては、他の制御、例えば、張力制御の劣化による張力変動、オペレータの手動介入による速度やロールギャップの変更、ロール構造やロール研磨の精度不良によって生じるロール偏芯等が挙げられる。

#### 【0004】

これらの外乱のうち、上記ロール偏芯は、オイルベアリングを有する支持ロールのキー溝が数百トンから2～3千トンという大きな圧延荷重を受けた時に軸が上下に移動する（軸振れする）ことが、主な原因となって発生する。なお、ロール偏芯が生じると、ロールの回転に合わせてロールギャップの変動も発生する。

また、キー溝を備えていないロールであっても、例えば、ロール研磨時の非対称性や熱膨張の偏り等の原因により、ロールの回転に依存した周期的なロールギャップ変動は発生する。

10

#### 【0005】

圧延機には、ロールギャップを検出するためのロールギャップ検出器が備えられており、ロールギャップを制御する装置は、ロールギャップが、与えられた値（設定値）となるように、ロールギャップ検出器の検出値をフィードバックして圧下装置を制御する。しかし、ロール偏芯等のロールの軸振れに依存する外乱は、ロールギャップ検出器によって検出することができない。即ち、ロールギャップ検出器の検出値には、ロールの軸触れによる影響が現れない。このため、ロールギャップ検出器を使用しても、ロールの軸振れに依存する外乱を抑制するような制御を行うことはできない。しかし、ロールの軸振れに依存する外乱は、実際にはロールギャップを変化させているため、その影響は圧延荷重には現れている。したがって、ロールの軸振れに依存する外乱は、圧延荷重を利用して板厚制御を行うGM-AGC、MMC等において、板厚精度の向上を阻害する大きな要因となっている。

20

#### 【0006】

ロール偏芯といった周期的に発生する外乱（以下、「周期性外乱」ともいう）を低減させるため、従来から、ロール偏芯制御が行われている。ロール偏芯制御に関する幾つかの例を、以下に示す。

#### 【0007】

なお、以下の説明（本願発明の説明も含む）は、上下2個の作業ロールのみで構成される所謂2Hiミルの場合、上下2個の作業ロール及び上下2個の支持ロールの計4個のロールで構成される所謂4Hiミルの場合、上下2個の作業ロール、上下2個の中間ロール及び上下2個の支持ロールの計6個のロールで構成される所謂6Hiミルの場合、それ以上のロールで構成される場合でも、同様に考えることができる。このため、以下においては、作業ロールをワークロール（Work Roll：WR）と表現し、支持ロール等の作業ロール以外のロールをバックアップロール（Back Up Roll：BUR）と表現する。

30

#### 【0008】

##### （A）ロール偏芯制御1

圧延材を圧延する前に、上下ワークロールを接触させて一定の荷重を掛けた状態（キスロール状態）でロールを回転させ、キスロール時荷重を検出する。そして、検出したキスロール時荷重を高速フーリエ変換する等してロール偏芯周波数を分析する。圧延中は、分析した周波数のロール偏芯が発生するものと仮定し、圧延荷重を利用したフィードバック制御は行わず、上記ロール偏芯による影響を低減させるようにロールギャップ操作量を出力する。

40

#### 【0009】

##### （B）ロール偏芯制御2

圧延機の出側に設置された板厚計により、板厚変動を測定する。そして、板厚計によって測定された値が、ロールのどの回転位置で圧延されたものなのかを関連付けて、板厚偏差を演算する。制御装置は、演算された板厚偏差に応じてロールギャップを操作し、ロール偏芯による板厚変動を低減させる。

50



## 【 0 0 1 0 】

## ( C ) ロール偏芯制御 3

圧延中に圧延荷重を取り込み、その圧延荷重からロール偏芯成分を抽出する。そして、抽出したロール偏芯成分をロールギャップ信号に変換し、ロール偏芯による圧延荷重変動を抑制するように、ロールギャップを操作する（例えば、特許文献 1 及び 2 参照）。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 日本特開 2 0 0 2 - 2 8 2 9 1 7 号公報

【 特許文献 2 】 国際公開 2 0 0 8 / 0 9 0 5 9 6 号公報

10

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 2 】

上記ロール偏芯制御 1 及び 2 の課題、並びに、ロール偏芯制御 3 のうち特許文献 1 に記載されたものの課題については、特許文献 2 に記載されているため、ここでの説明は省略する。

## 【 0 0 1 3 】

特許文献 2 にも記載されているように、上下のバックアップロールの径が異なる場合は、所謂ビート或いはうねりと呼ばれる現象が発生し、制御性能の劣化が生じてしまう。

特許文献 2 に記載のものでは、圧延時の荷重からロール偏芯成分を適切に抽出してロールギャップ操作を行っているものの、圧延材の最先端では、高精度な板厚制御が実施できないといった問題があった。

20

## 【 0 0 1 4 】

例えば、特許文献 2 には、圧延材の最先端の板厚制御において、直前の材料を圧延した時に得られた値を利用することが記載されている（特に、0 0 6 9 段落参照）。しかし、その値を検出した後にバックアップロールとワークロールとがスリップしてロール位置にずれが生じてしまった場合には、正確な板厚制御が実施できないといった問題があった。

## 【 0 0 1 5 】

また、特許文献 2 には、キスロール時荷重の変動を抽出する手段を別途設けることにより、キスロール時荷重からロール偏芯成分を抽出して、圧延材の最先端の板厚制御に利用することも記載されている（特に、0 0 7 0 及び 0 0 3 7 段落参照）。しかし、この場合も、キスロール時の抽出方法と圧延時の抽出方法とが異なるため、高精度な板厚制御が実施できず、更に、構成が複雑化するといった問題があった。

30

## 【 0 0 1 6 】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、その目的は、金属材料を圧延する際の板厚制御において、ロール偏芯等に起因する周期性外乱を適切に抑制することができ、更に、圧延材の最先端の圧延においても、高精度な板厚制御を実現することができる圧延機の制御装置を提供することである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 7 】

この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延され

40

50

ている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、操作量演算手段は、金属材料の圧延開始直後は、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算し、金属材料の圧延開始後の所定の遷移期間は、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分と、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分との双方を用いてロールギャップ指令値を演算するとともに、時間の経過とともに、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分を利用する比率を高めていき、遷移期間の経過後は、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算するものである。

10

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、操作量演算手段は、金属材料の圧延を開始する前に、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重の変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、上下同定荷重変動記憶手段は、操作量演算手段による制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶するものである。

20

30

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、荷重検出装置は、圧延機のドライブ側に設置されたドライブ側荷重検出装置と、オベ側に設置されたオベ側荷重検出装置とを備え、荷重上下変動同定手段は、金属材料の圧延開始前に、ドライブ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、且つ、オベ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重

40

50

に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重のオペ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、上下同定荷重変動記憶手段は、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分と、オペ側の上側変動成分及び下側変動成分とをロールの回転位置毎に記憶し、操作量演算手段は、金属材料の圧延時、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分とオペ側の上側変動成分及び下側変動成分とに基づいて、演算されたロールギャップ指令値から、ドライブ側の指令値とオペ側の指令値とを更に演算するものである。

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生する荷重の変動成分をそれぞれ同定する荷重上下変動同定手段と、荷重上下変動同定手段によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定荷重変動記憶手段と、荷重上下変動同定手段によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定荷重変動記憶手段に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、荷重上下配分手段は、荷重検出装置によって検出された荷重を  $P$ 、上側荷重を  $P_T$ 、下側荷重を  $P_B$  とした場合に、 $P_T = R P$ 、 $P_B = (1 - R) P$  を満たすように荷重  $P$  を配分し、 $R$  を  $0.4$  以上  $0.6$  以下の所定値に設定したものである。

【0018】

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、キスロール状態の時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、金属材料の圧延が行われている時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、操作量演算手段は、金属材料の圧延開始直後は、ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算し、金属材料の圧延開始後の所定の遷移期間は、ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分と、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分との双方を用いてロールギャップ指令値を演算するとともに、時間の経過とともに、ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を利用する比率を高めていき、遷移期間の経過後は、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分を使用することなくロールギャップ指令値を演算するものである。

10

20

30

40

50

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、キスロール状態の時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、金属材料の圧延が行われている時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、操作量演算手段は、金属材料の圧延を開始する前のキスロール状態でロールが回転している時に、ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分が低減するようにロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、ロールギャップ操作手段にロールギャップの操作を行わせ、上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、操作量演算手段による制御がキスロール状態で所定時間行われた後に、ロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶するものである。

10

20

また、この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する時の板厚制御において、ロール偏芯を主な要因とする周期性外乱を抑制するための圧延機の制御装置であって、キスロール時荷重及び圧延荷重を検出するための荷重検出装置と、荷重検出装置によって検出された荷重を、所定の比率で上側荷重と下側荷重とに配分する荷重上下配分手段と、荷重上下配分手段によって配分された上側荷重及び下側荷重から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分をそれぞれ同定するロールギャップ上下変動同定手段と、キスロール状態の時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分と下側変動成分とを、ロールの回転位置毎に記憶する上下同定ロールギャップ変動記憶手段と、金属材料の圧延が行われている時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分、並びに、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分に基づいて、圧延されている金属材料の板厚変動を低減させるように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算する操作量演算手段と、操作量演算手段によって演算されたロールギャップ指令値に基づいて、ロールギャップを操作するロールギャップ操作手段と、を備え、荷重検出装置は、圧延機のドライブ側に設置されたドライブ側荷重検出装置と、オベ側に設置されたオベ側荷重検出装置とを備え、ロールギャップ上下変動同定手段は、金属材料の圧延開始前に、ドライブ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップのドライブ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、且つ、オベ側荷重検出装置によって検出されたキスロール時荷重に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップのオベ側の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、上下同定ロールギャップ変動記憶手段は、キスロール状態の時にロールギャップ上下変動同定手段によって同定されたロールギャップのドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分と、オベ側の上側変動成分及び下側変動成分とをロールの回転位置毎に記憶し、操作量演算手段は、金属材料の圧延時、上下同定ロールギャップ変動記憶手段に記憶されているロールギャップのドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分とオベ側の上側変動成分及び下側変動成分とに基づいて、演算されたロールギャップ指令値から、ドライブ側の指令値とオベ側

30

40

50

の指令値とを更に演算するものである。

【発明の効果】

【0019】

この発明に係る圧延機の制御装置よれば、金属材料を圧延する際の板厚制御において、ロール偏芯等に起因する周期性外乱を適切に抑制することができ、更に、圧延材の最先端の圧延においても、高精度な板厚制御を実現することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】この発明の実施の形態1における圧延機の制御装置の全体構成を示す図である。

【図2】測定される圧延荷重の概念を示す図である。

10

【図3】バックアップロールの分割とワークロールとの関係を説明するための図である。

【図4】荷重からロール偏芯等による変動成分を抽出する一例を説明するための図である。

【図5】図1に示す圧延機の制御装置の要部詳細図である。

【図6】図1に示す圧延機の制御装置の要部詳細図である。

【図7】キスロール状態で荷重を発生させた時の加算器の値を説明するための図である。

【図8】圧延を開始してから所定の遷移期間が経過するまでの操作量演算手段の制御内容を説明するための図である。

【図9】この発明の実施の形態2における圧延機の制御装置の全体構成を示す図である。

【図10】図9に示す圧延機の制御装置の要部詳細図である。

20

【図11】図9に示す圧延機の制御装置の要部詳細図である。

【図12】図1に示す圧延機を圧延材の圧延方向から見た図である。

【図13】ドライブ側及びオベ側のロールギャップ指令値の演算方法を説明するための図である。

【図14】比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ の演算方法を説明するための図である。

【図15】比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ の演算方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

この発明をより詳細に説明するため、添付の図面に従ってこれを説明する。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。

30

【0022】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1における圧延機の制御装置の全体構成を示す図である。

図1において、1は金属材料からなる圧延材、2は圧延機のハウジング、3はワークロール、4はバックアップロールである。圧延材1は、圧延機の出側で所望の板厚となるように、ロールギャップと速度とが適切に調整されたワークロール3によって圧延される。

【0023】

図1では、圧延機の一例として、4Hミルを示している。即ち、本実施の形態では、ワークロール3は、上ワークロール3a及び下ワークロール3bによって構成される。バックアップロール4は、上バックアップロール4a及び下バックアップロール4bによって構成される。ワークロール3は、ロール幅方向のたわみが少なくなるように、バックアップロール4によって支持される構成を有している。具体的には、上ワークロール3aが上バックアップロール4aによって上方から支えられ、下ワークロール3bが下バックアップロール4bによって下方から支えられている。また、バックアップロール4は、ハウジング2に支持されており、圧延材1を圧延する時の荷重にも十分に耐え得る所定の構成を有している。

40

【0024】

5は圧下装置である。上ワークロール3a及び下ワークロール3b間の間隙、即ち、ロールギャップは、この圧下装置5によって調整される。圧下装置5は、電動機制御による

50

もの（電動圧下という）、油圧制御によるもの（油圧圧下という）の２種類が存在するが、油圧圧下の方が高速応答を得やすい。ロール偏芯等の短い周期の外乱を制御するためには高速応答が必要なため、圧延機においては、油圧圧下のものが一般に採用される。

【 0 0 2 5 】

なお、圧延機は、圧延ラインを境として、電動機やドライブ装置が配置された所謂ドライブ側と、その反対側となる、運転室等が配置されたオペレーター側（以下、省略して「オペ側」ともいう）とに便宜上分けられる。以下の説明では、ドライブ側とオペ側との区別を明確にする必要がある場合、ドライブ側を表すために添え字 D 又は DR を使用し、オペ側を表すために添え字 O 又は OP を使用する。

【 0 0 2 6 】

上記圧下装置 5 は、ドライブ側とオペ側とにそれぞれ設置されている。即ち、圧延機のドライブ側には圧下装置 5 D が設置され、オペ側には圧下装置 5 O が設置されている。ロールギャップは、圧下装置 5 D 及び 5 O の双方を用いて調整される。

【 0 0 2 7 】

6 は圧延機において荷重を検出するための荷重検出装置である。荷重検出装置 6 も圧下装置 5 と同様に、ドライブ側とオペ側とにそれぞれ設置されている。即ち、圧延機のドライブ側には荷重検出装置 6 D が設置され、オペ側には荷重検出装置 6 O が設置されている。荷重の検出方法としては、種々の方法が存在する。例えば、荷重検出装置 6 は、ハウジング 2 と圧下装置 5 との間に埋め込まれたロードセル ( Load Cell ) により、荷重を直接的に測定する。また、荷重検出装置 6 は、油圧圧下装置において検出された圧力

【 0 0 2 8 】

なお、「荷重」とは、圧延荷重とキスロール時荷重の双方が含まれるものとする。圧延荷重は、圧延材 1 を圧延している時に、圧延材 1 から受ける圧延反力に相当する荷重である。また、キスロール時荷重は、圧延材 1 がない状態で上ワークロール 3 a と下ワークロール 3 b とを接触させる、所謂キスロール状態で発生する荷重である。以下においては、キスロール時荷重と圧延荷重とを明確に区別する必要が無い場合、単に「荷重」と表記する。

【 0 0 2 9 】

7 はワークロール 3（やバックアップロール 4）の回転数を検出するためのロール回転数検出器である。ロール回転数検出器 7 は、ワークロール 3 やこのワークロール 3 を駆動する電動機の軸（図示せず）に設けられる。なお、ロール回転数検出器 7 の一機能として、ワークロール 3 の回転角度に応じたパルスを出力するように構成しても良い。かかる構成を有することにより、ロール回転数検出器 7 によって、ワークロール 3 の回転角度の検出も行うことができるようになる。また、ワークロール 3 とバックアップロール 4 との直径の比が既知であれば、ロール回転数検出器 7 によって検出されたワークロール 3 の回転数と回転角度とに基づいて、ワークロール 3 とバックアップロール 4 との間にスリップがない場合におけるバックアップロール 4 の回転数と回転角度とを容易に求める（演算する）ことも可能となる。

【 0 0 3 0 】

8 はバックアップロール 4 が 1 回転する度に所定の基準位置を検出するロール基準位置検出器である。ロール基準位置検出器 8 は、例えば、近接センサ等を備え、バックアップロール 4 が 1 回転する度に、バックアップロール 4 に設けられた被検出体を検知（即ち、上記基準位置を検出）する。なお、ロール基準位置検出器 8 は、上記基準位置の検出機能を備えていれば、如何なる構成を有していても構わない。例えば、ロール基準位置検出器 8 は、パルスジェネレータ ( Pulse Generator ) を利用することにより、バックアップロール 4 の回転角度に依存したパルスを取り出して、バックアップロール 4 の回転角度そのものを検出しても良い。

【 0 0 3 1 】

図 1 では、上バックアップロール 4 a 及び下バックアップロール 4 b の双方にロール基

10

20

30

40

50

準位置検出器 8 を取り付けた場合を示している。なお、上記機能を実現することができれば、ロール基準位置検出器 8 を、上バックアップロール 4 a 及び下バックアップロール 4 b の一方のみに取り付けても構わない。また、ロール基準位置検出器 8 を装置単体として備えていなくても、ワークロール 3 とバックアップロール 4 との直径の比が既知であれば、ワークロール 3 の回転角度からバックアップロール 4 の回転角度を演算によって求めることも可能である。

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$\theta_B = \frac{D_W}{D_B} \theta_W \quad \dots(1)$$

10

【 0 0 3 3 】

ここで、

$\theta_B$  : バックアップロールの回転角 [ r a d ]

$\theta_W$  : ワークロールの回転角 [ r a d ]

$D_B$  : バックアップロールの直径 [ m m ]

$D_W$  : ワークロールの直径 [ m m ]

である。なお、上式及び以下においては、記号  $\theta$  は角度を表し、添え字の W はワークロール 3 を、B はバックアップロール 4 を表すものとする。

【 0 0 3 4 】

20

9 はロールギャップを検出するためのロールギャップ検出器である。ロールギャップ検出器 9 は、例えば、バックアップロール 4 と圧下装置 5 との間に設けられ、ロールギャップを間接的に検出する。ロールギャップ検出器 9 も圧下装置 5 と同様に、ドライブ側とオペ側とにそれぞれ設置されている。即ち、圧延機のドライブ側にはロールギャップ検出器 9 D が設置され、オペ側にはロールギャップ検出器 9 O が設置されている。

【 0 0 3 5 】

また、1 0 は荷重上下配分手段、1 1 は荷重上下変動同定手段、1 2 は上下同定荷重変動記憶手段、1 3 は操作量演算手段、1 4 はロールギャップ操作手段である。以下に、図 2 乃至図 8 も参照し、1 0 乃至 1 4 に示す各手段の構成及び機能について、具体的に説明する。

30

【 0 0 3 6 】

図 2 は測定される圧延荷重の概念を示す図である。図 2 に示すように、圧延材 1 を圧延している時の荷重（圧延荷重）は、バックアップロール 4 のロール偏芯を主な要因とする周期性外乱が生じていない場合でも、例えば、圧延材 1 の温度変化や板厚変化により、時間（即ち、ロールの回転）とともに変動する。一方、バックアップロール 4 にロール偏芯がある場合等には、圧延荷重は、上記ロール偏芯等以外の要因による変動に、ロール偏芯等による圧延荷重の変動成分を重ね合わせたものとして表される。本願発明では、圧延荷重からロール偏芯等による変動成分を的確に分離することにより、その分離した変動成分（即ち、ロール偏芯等による圧延荷重変動）を本制御装置により制御し、ロール偏芯等以外による圧延荷重変動を上記 M M C や G M - A G C で制御することを、基本的な考え方として示している。

40

【 0 0 3 7 】

図 3 はバックアップロールの分割とワークロールとの関係を説明するための図である。具体的に、図 3 は、バックアップロール 4 の全周を n 等分し、バックアップロール 4 の直近外側に、対応する位置目盛 1 5 を記したものを示している。なお、上記位置目盛 1 5 は、1 0 乃至 1 4 に示す各手段の機能等を説明するために付したものであり、実際の機器類には付されていない。また、図 3 は、バックアップロール 4 の全周を n 等分し、バックアップロール 4 の直近外側に、対応する位置目盛 1 5 を記したものを示している。なお、上記位置目盛 1 5 は、1 0 乃至 1 4 に示す各手段の機能等を説明するために付したものであり、実際の機器類には付されていない。

【 0 0 3 8 】

上記位置目盛 1 5 は、バックアップロール 4 の回転位置を検出するためのものであり、ハウジング 2 側に付される。即ち、位置目盛 1 5 は、バックアップロール 4 とともに回転

50

するものではない。そして、位置目盛 15 は、ある位置（固定側の基準位置 15 a）を 0 として、 $(n - 1)$  まで番号付けされる。上記  $n$  は、例えば、 $n = 30 \sim 60$  程度の値が設定される。

【0039】

また、バックアップロール 4 には、回転側の基準位置 4 c が予め設定されている。この基準位置 4 c は、バックアップロール 4 のある箇所に設定されるものであり、当然に、バックアップロール 4 の回転に連動して回転する。

【0040】

なお、基準位置 15 a 及び 4 c に、近接センサ等のセンサとこのセンサによって検出可能な被検出体とを埋め込むことにより、センサと被検出体とによって上記ロール基準位置検出器 8 を構成することができる。かかる場合、例えば、基準位置 4 c に設けられた近接センサが固定側の基準位置 15 a に達することにより、基準位置 15 a に埋め込まれた被検出体が近接センサによって検出される。即ち、バックアップロール 4 の基準位置 4 c が、固定側の基準位置 15 a を通過したと認識される。

【0041】

また、図 4 に示す  $w_{T0}$  は、上バックアップロール 4 a の基準位置 4 c が、固定側の基準位置 15 a に一致する時の上ワークロール 3 a の回転角度であり、 $w_T$  は、上バックアップロール 4 a が  $B_T$  だけ回転した後の上ワークロール 3 a の回転角度である。下ワークロール 3 b の回転角度についても同様である。右側の添え字 T は上側を、B は下側を示している。

【0042】

以下においては、バックアップロール 4 の回転角度とは、回転側の基準位置 4 c が、固定側の基準位置 15 a から、バックアップロール 4 の回転に連動して移動する角度を表すものとする。例えば、バックアップロール 4 の回転角度が 90 度であるとは、基準位置 4 c が、固定側の基準位置 15 a からバックアップロール 4 の回転方向に 90 度回転した位置にあることを示している。また、バックアップロール 4 の回転角度が位置目盛 15 の最も近接する目盛（例えば、位置目盛 15 の  $j$  番目の目盛）にある状態を、バックアップロール 4 の回転角度番号（回転位置に相当）が  $j$  であるとする。

【0043】

図 4 は荷重からロール偏芯等による変動成分を抽出する一例を説明するための図である。以下においては、検出された荷重が圧延荷重である場合を例に説明を行う。

バックアップロール 4 の基準位置 4 a が固定側の基準位置 15 a に一致する場合、即ち、バックアップロール 4 の回転角度番号が 0 の時、圧延荷重は  $P_{10}$  を示している。そして、バックアップロール 4 が回転し、その回転角度番号が 1、2、3・・・と進むと、圧延荷重も  $P_{11}$ 、 $P_{12}$ 、 $P_{13}$ ・・・と変化する。バックアップロール 4 が 1 回転して、回転角度番号が  $(n - 1)$  から再び 0 となると、圧延荷重  $P_{20}$  が採取される。圧延荷重  $P_{10}$  及び  $P_{20}$  を結んだ直線は、ロール偏芯等による圧延荷重変動を除いた圧延荷重と見なすことができる。したがって、ロール偏芯等による圧延荷重の変動成分は、各回転角度番号において測定された圧延荷重  $P_{10}$ 、 $P_{11}$ 、 $P_{12}$ 、 $P_{13}$ ・・・ $P_{20}$  と上記直線との差から求めることができる。

【0044】

なお、実際に測定される圧延荷重  $P_{ij}$  の値（実績値）には、温度変動・板厚変動・張力変動等による圧延荷重変動や、ロール偏芯等による圧延荷重変動に加え、ノイズ成分が含まれることが多い。このため、実際の圧延荷重  $P_{ij}$  の実績値は、図 4 に示すようななだらかな曲線上に分布する訳ではなく、上記直線の始点となる圧延荷重  $P_{i0}$  と終点となる圧延荷重  $P_{(i+1)0}$  とを特定することが困難な場合もある。

【0045】

そこで、圧延荷重  $P_{i0}$  と  $P_{(i+1)0}$  との変化が大きくないものと仮定する。そして、測定した  $n$  個の圧延荷重  $P_{i0}$ 、 $P_{i1}$ 、 $P_{i2}$ 、 $P_{i3}$ ・・・ $P_{i(n-1)}$  の平均値を取り、各圧延荷重  $P_{i0}$ 、 $P_{i1}$ 、 $P_{i2}$ 、 $P_{i3}$ ・・・ $P_{i(n-1)}$  とこの平

10

20

30

40

50



均値との差  $P_{ij}$  を、圧延荷重のロール偏芯等に起因する変動成分とみなす。この方法の利点は、圧延荷重の実績値の採取を  $(n - 1)$  区分目までに行うことができ、ノイズ等による圧延荷重の変動にも強いことである。なお、圧延荷重の実績値にフィルタリング処理を施すことにより、ノイズ成分を低減させることも有効な手段である。

【0046】

図5及び図6は図1に示す圧延機の制御装置の要部詳細図である。具体的に、図5は荷重上下配分手段10及び荷重上下変動同定手段11の各詳細を、図6は上下同定荷重変動記憶手段12及び操作量演算手段13の各詳細を示している。

【0047】

荷重上下配分手段10は、荷重検出装置6によって検出された荷重（例えば、圧延荷重の実績値）を2つの値に分離する機能を有している。荷重検出装置6では、1スタンド分の荷重としては1つの値しか採ることができない。例えば、荷重上下配分手段10には、荷重検出装置6Dによって検出された荷重と荷重検出装置6Oによって検出された荷重との和であるトータル荷重Pが入力される。荷重上下配分手段10は、荷重検出装置6によって検出されたこのトータル荷重Pが、上バックアップロール4aと下バックアップロール4bとに個別に発生するものと仮定し、トータル荷重Pを上側荷重 $P_T$ と下側荷重 $P_B$ とに分割する。具体的に、荷重上下配分手段10は、次式によってトータル荷重Pの配分を行う。

【0048】

【数2】

$$P_T = R \cdot P \quad \dots(2)$$

【0049】

【数3】

$$P_B = (1 - R) \cdot P \quad \dots(3)$$

【0050】

ここで、

$P_T$  : 上バックアップロールに発生する荷重（上側荷重）

$P_B$  : 下バックアップロールに発生する荷重（下側荷重）

P : トータル荷重の実績値（荷重検出装置による検出値）

R : 上側荷重 $P_T$ に配分すべきトータル荷重Pに対する比

である。

【0051】

そして、荷重上下配分手段10は、トータル荷重Pを上下2つに配分した値 $P_T$ 及び $P_B$ を、荷重上下変動同定手段11に対して出力する。

【0052】

荷重上下変動同定手段11は、上側荷重変動同定手段16と下側荷重変動同定手段17とを備えている。上側荷重変動同定手段16は、荷重上下配分手段10によって配分された上側荷重 $P_T$ から、ロールの回転位置に関連して発生する上側荷重の変動成分を同定する機能と、その同定データ（上側変動成分）を適切なタイミングで操作量演算手段13に出力する機能とを有している。また、下側荷重変動同定手段17は、荷重上下配分手段10によって配分された下側荷重 $P_B$ から、ロールの回転位置に関連して発生する下側荷重の変動成分を同定する機能と、その同定データ（下側変動成分）を適切なタイミングで操作量演算手段13に出力する機能とを有している。

以下に、図5を参照し、上側荷重変動同定手段16及び下側荷重変動同定手段17の各構成及び機能について、具体的に説明する。

【0053】

上側荷重変動同定手段16は、偏差演算手段18a、同定手段19a、スイッチ20aにより、その要部が構成されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 4 】

偏差演算手段 1 8 a は、荷重上下配分手段 1 0 からの入力値である上側荷重  $P_T$  から、ロールの回転位置に関連して発生する上側変動成分を抽出する機能を有している。

具体的に、偏差演算手段 1 8 a は、荷重上下配分手段 1 0 から上側荷重  $P_T$  が入力されると、その上側荷重  $P_T$  を、バックアップロール 4 の回転角度番号毎に記録する。例えば、偏差演算手段 1 8 a には  $n$  個 ( $j = 0, 1, 2 \dots n - 1$ ) の記録エリア 2 1 a が備えられており、バックアップロール 4 の回転に伴い、上側荷重  $P_T$  が、対応の記録エリア 2 1 a に順次記録される。即ち、バックアップロール 4 の回転角度番号が 0 の時の上側荷重  $P_T$  が、荷重  $P_0$  として記録エリア 2 1 a に記録される。同様に、バックアップロール 4 の回転角度番号が  $j$  の時の上側荷重  $P_T$  が、荷重  $P_j$  として記録エリア 2 1 a に記録される。

10

## 【 0 0 5 5 】

荷重上下配分手段 1 0 からの上側荷重  $P_T$  は、バックアップロール 4 が 1 回転する間、記録エリア 2 1 a 内に保持される。そして、バックアップロール 4 が 1 回転して、全ての記録エリア 2 1 a に荷重  $P_j$  が記録されると (例えば、回転角度番号が  $n - 1$  の時の上側荷重  $P_T$  が記録エリア 2 1 a に荷重  $P_{n-1}$  として記録されると)、各記録エリア 2 1 a に記録されている荷重の平均値が、平均値演算手段 2 2 a によって演算される。また、上記平均値の演算が終了すると、減算器 2 3 a により、回転角度番号毎に、記録エリア 2 1 a 内の荷重  $P_j$  と平均値演算手段 2 2 a によって演算された平均値との差  $P_j$  が演算される。

20

## 【 0 0 5 6 】

減算器 2 3 a の演算結果 (上記差) は、図 4 に示す偏差  $P_{ij}$ 、即ち、荷重のロール偏芯等に起因する変動成分に相当する。図 5 は、平均値演算手段 2 2 a によって平均値を演算する場合の構成を示しているが、図 4 で説明した直線を求めることにより、上記偏差の算出を行っても良い。かかる場合、偏差演算手段 1 8 a は、荷重  $P_0$  を始点、荷重  $P_n$  を終点として直線の式を演算し、その直線と各回転角度番号における荷重  $P_j$  との差を計算する。

## 【 0 0 5 7 】

減算器 2 3 a から出力された偏差  $P_j$ 、即ち、荷重のロール偏芯等に起因する変動成分は、同定手段 1 9 a に入力され、リミット 2 4 a で上下限がチェックされる。そして、各回転角度番号の偏差  $P_j$  の上下限チェックが終了した時点で各スイッチ 2 5 a が同時に ON となり、各加算器 2 6 a に偏差  $P_j$  が一斉に送り込まれる。各加算器 2 6 a では、次式に基づき、偏差  $P_j$  の加算を行う。

30

## 【 0 0 5 8 】

## 【数 4】

$$Z_j[k+1] = Z_j[k] + \Delta P_j \quad \dots(4)$$

## 【 0 0 5 9 】

ここで、

$Z_j$  : 加算器  $j$  の値

$k$  : 加算回数 (一般に、バックアップロールの回転数に一致)

$j = 1 \sim n - 1$

である。

40

## 【 0 0 6 0 】

各加算器 2 6 a は、圧延材 1 が圧延される前にゼロクリアされている。そして、加算器 2 6 a は、バックアップロール 4 が 1 回転して上記平均値演算手段 2 2 a による平均値の演算が終了する度に、一回ずつ偏差  $P_j$  の加算を行う。なお、回転角度番号毎に偏差  $P_j$  を加算することは、一般的な制御則から簡単に説明することができる。即ち、本制御対象のように、制御対象に積分系がない場合、制御器側に積分器を入れて定常偏差を除去することは、制御則上からも妥当である。本発明では、制御対象が連続系ではなく離散値

50

系であるため、積分器ではなく加算器を用いている。

【0061】

スイッチ20aは、バックアップロール4の回転角度毎に加算された荷重の偏差（即ち、同定データ）を、バックアップロール4の回転位置に応じて取り出す手段を構成する。例えば、バックアップロール4の基準位置4cが固定側の基準位置15a（ $j = 0$ ）を通過した時点で、スイッチ20aのうち、対応する $SW_0$ のみがONとなり、加算器26aの $0$ から $P_{AT0}$ が取り出される。同様に、基準位置4cが回転角度番号1に達すると、 $SW_1$ のみがONとなり、 $1$ から $P_{AT1}$ が取り出される。そして、このような動作が各回転角度番号において行われ、荷重変動値 $P_{AT}$ の取り出しが繰り返し実施される。

10

【0062】

一方、下側荷重変動同定手段17には、偏差演算手段18b、同定手段19b、スイッチ20bが備えられている。下側荷重変動同定手段17は、上側荷重変動同定手段16と実質的に同じ機能を有するため、各構成の具体的な説明は省略する。なお、偏差演算手段18bは、記録エリア21b、平均値演算手段22b、減算器23bにより、その要部が構成される。また、同定手段19bには、リミット24b、スイッチ25b、加算器26bが備えられている。

【0063】

上下同定荷重変動記憶手段12は、ある時点における加算器26a及び26bの値（加算値）を、バックアップロール4の回転角度番号毎に記憶しておき、必要に応じて、適切なタイミングで出力する機能を有している。なお、上下同定荷重変動記憶手段12の具体的な構成及び機能については後述する。

20

【0064】

操作量演算手段13は、荷重のロール偏芯等に起因する変動成分を低減させるようにロールギャップ指令値を演算し、その演算結果をロールギャップ操作手段14に出力する機能を有している。具体的に、操作量演算手段13は、荷重上下変動同定手段11から入力された上下の荷重変動値（ $P_{AT}$ 、 $P_{AB}$ ）と、上下同定荷重変動記憶手段12の記憶内容（出力値）とに基づいて、上記指令値の演算を行う。

【0065】

< 圧延材1の圧延を開始してから所定期間経過した後の制御 >

30

操作量演算手段13は、荷重上下変動同定手段11によって同定された圧延荷重の上側変動成分と下側変動成分とに基づいて、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、圧延材1の板厚変動を低減させる。具体的に、操作量演算手段13は、下記各式に基づいて、ロールの各回転位置におけるロールギャップ修正量 $S$ （mm）を演算する。

【0066】

【数5】

$$\Delta S_T = \frac{-(M+Q)}{MQ} \cdot K_{T1} \cdot \Delta P_{AT} \quad \dots(5)$$

40

【0067】

【数6】

$$\Delta S_B = \frac{-(M+Q)}{MQ} \cdot K_{B1} \cdot \Delta P_{AB} \quad \dots(6)$$

【0068】

ロールギャップは、上下別々に操作することはできない。このため、操作量演算手段13は、ロールギャップ操作手段14に対する指令値として、上下分を加算して出力する必要がある。

【0069】

50

## 【数7】

$$\Delta S = K_T \cdot (\Delta S_T + \Delta S_B) \quad \dots(7)$$

## 【0070】

ここで、

M：ミル定数

Q：圧延材の塑性係数

$K_T$ 、 $K_{T1}$ 、 $K_{B1}$ ：調整係数

$S_T$ ：上バックアップロール用ロールギャップ修正量

$S_B$ ：下バックアップロール用ロールギャップ修正量

S：ロールギャップ修正量

$P_{AT}$ ：上バックアップロールによる圧延荷重の偏差（上側荷重変動同定手段16の出力）

$P_{AB}$ ：下バックアップロールによる圧延荷重の偏差（下側荷重変動同定手段17の出力）

である。操作量演算手段13は、演算したロールギャップ修正量 S (mm) を、ロールギャップ操作手段14に出力する。

なお、ロールギャップは、開方向で正の値、閉方向で負の値とする。以下も同様である。

## 【0071】

操作量演算手段13の出力であるロールギャップ修正量 S は、荷重のロール偏芯等に起因する変動成分を補償するためのものである。このため、ロールギャップ操作手段14は、操作量演算手段13からのロールギャップ修正量 S を、MMCやGM-AGC等によって得られたロールギャップ量に加えて圧下装置5に対して出力し、ロールギャップを適切に操作する。

## 【0072】

なお、ロールギャップ操作手段14は、ドライブ側及びオベ側のロールギャップを別々に制御できるように構成されている。これは、圧延材1の圧延中に圧延材1の一方の端部が伸びてしまった場合、伸びた方の端部側のロールギャップが大きくなるようにロールを動かして、矯正するためである。ドライブ側及びオベ側を別々に制御する必要がない場合、ロールギャップ操作手段14は、例えば、同じ値の指令値を、ドライブ側の圧下装置5Dとオベ側の圧下装置5Oとに出力する。

## 【0073】

< 圧延材1の圧延を開始してから所定期間経過するまでの制御 >

上述したように、荷重上下変動同定手段11の加算器26a及び26bは、圧延材1が圧延される前にゼロクリアされている。荷重上下変動同定手段11では、圧延材1の圧延を開始してからバックアップロール4が1回転するまでの間は、加算器26a及び26b内に同定データが蓄積されていないため、荷重変動値（ $P_{AT}$ 、 $P_{AB}$ ）の出力を行うことができない。また、バックアップロール4が1回転した後でも、圧延材1の開始直後（即ち、圧延材1の圧延を開始してから所定期間が経過するまで）は、検出された圧延荷重に多くのノイズが乗っているため、圧延荷重のみを使用して板厚制御を行うことは好ましくない。

## 【0074】

このため、本制御装置では、圧延材1の圧延を開始してから所定期間が経過するまでの間は、事前に準備した同定データも使用して、板厚制御を行う。

以下に、上記所定期間が経過するまでの具体的な制御方法について説明する。

## 【0075】

本制御装置では、圧延材1の圧延を開始する前に、キスロール状態でロールを一定速度で回転させ、荷重を発生させる制御を行う。そして、この時に、荷重上下変動同定手段11に、圧延材1を圧延する時と同様の制御（図5を用いて説明した上記制御）を行わせ、

10

20

30

40

50

同定したキスロール時荷重の上側変動成分  $P_{AT}$  と下側変動成分  $P_{AB}$  とを、操作量演算手段 1 3 に出力させる。即ち、本制御において、図 5 に示す  $P$  はキスロール時荷重となる。操作量演算手段 1 3 では、その入力値  $P_{AT}$ 、 $P_{AB}$  に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重の変動成分が低減するように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、ロールギャップ操作手段 1 4 に圧下装置 5 の制御を行わせる。

【 0 0 7 6 】

図 7 はキスロール状態で荷重を発生させた時の加算器の値を説明するための図である。キスロール状態でロールを回転させた時に、操作量演算手段 1 3 による演算及びロールギャップ操作手段 1 4 による操作（即ち、ロールギャップの調整）を行わない場合、荷重上下変動同定手段 1 1 の加算器 2 6 a 及び 2 6 b には、ロールの回転毎に一定値が加算される。そのため、加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値は、時間とともに右肩上がりに大きくなる。一方、上記ロールギャップの調整を行う場合は、ロールギャップが上記外乱成分につきあうように操作されるため、上記加算値の増加量は徐々に小さくなり、ある時間が経過後は一定の値となる。

10

【 0 0 7 7 】

かかる状態は、ロール偏芯等に起因する荷重の変動成分が加算器 2 6 a 及び 2 6 b 内に適切に同定されたものと見なすことができる。このため、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 は、この時の加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値、即ち、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定されたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを、バックアップロール 4 の回転角度番号毎に記憶する。例えば、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 は、キスロール状態による上記制御を開始してから所定時間経過後の加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値を、バックアップロール 4 の回転角度番号毎に記憶する。また、例えば、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 は、加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値を監視し、その変動（例えば、所定時間内における増加量）が所定の範囲に収まった時の加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値を、バックアップロール 4 の回転角度番号毎に記憶する。

20

【 0 0 7 8 】

そして、操作量演算手段 1 3 は、図 8 に示すように、圧延材 1 の圧延を開始してからの一定期間は、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 の記憶内容も考慮して、ロールギャップ修正量  $S$  (mm) の演算を行う。なお、図 8 は圧延を開始してから所定の遷移期間が経過するまでの操作量演算手段の制御内容を説明するための図である。

30

【 0 0 7 9 】

上述したように、圧延材 1 の圧延を開始してからバックアップロール 4 が 1 回転するまでの間は、加算器 2 6 a 及び 2 6 b 内に同定データが蓄積されていない。このため、操作量演算手段 1 3 は、少なくともバックアップロール 4 が 1 回転するまでの間は、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分を使用することなく、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 の記憶内容（即ち、キスロール時荷重の上側変動成分及び下側変動成分）のみを使用して、上記修正量  $S$  (mm) の演算を行う。

【 0 0 8 0 】

また、操作量演算手段 1 3 は、圧延材 1 の圧延を開始した後の所定の遷移期間は、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分、即ち、加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値と、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 の記憶内容との双方を使用して、上記修正量  $S$  (mm) の演算を行う。この時、操作量演算手段 1 3 は、上記修正量  $S$  (mm) の演算において、時間の経過とともに、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分を利用する比率を高めていき、実際の圧延荷重の影響が大きく現れるようにする。なお、図 8 では、上記利用比率の変化を直線で示しているが、この時の変化は、2 時曲線や E X P 曲線で示されるようにしても良い。

40

【 0 0 8 1 】

そして、上記遷移期間が経過すると、操作量演算手段 1 3 は、上下同定荷重変動記憶手

50

段 1 2 の記憶内容を使用することなく、上述したように、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定された圧延荷重の上側変動成分及び下側変動成分のみを使用して、上記修正量  $S$  (mm) の演算を行う。

【 0 0 8 2 】

上記構成を有する制御装置によれば、金属材料を圧延する際の板厚制御において、ロール偏芯等に起因する周期性外乱を適切に抑制することができる。なお、本制御装置であれば、上記 (A) ロール偏芯制御 1 の課題や (B) ロール偏芯制御 2 の課題も解決することができる。更に、本制御装置であれば、圧延材 1 の最先端においても、高精度な板厚制御を実現することができ、高品質な製品の提供が可能となる。

【 0 0 8 3 】

なお、本実施の形態では、荷重上下配分手段 1 0 において、荷重  $P_T$  に配分すべきトータル荷重  $P$  に対する比  $R$  を、0.5 の近傍の値に設定することが好ましい。即ち、トータル荷重  $P$  の  $1/2$  に近い値を、上バックアップロール 4 a に発生する荷重と下バックアップロール 4 b に発生する荷重とにそれぞれ配分すれば良い。これにより、上下一方の加算器 2 6 a、2 6 b によって、他方のバックアップロール 4 a、4 b によるロール偏芯等による圧延荷重変動成分をほぼ打ち消すことができる。また、同定した結果である加算器 2 6 a 及び 2 6 b の値を比較し、 $R$  の値を調整することも可能である。例えば、加算器 2 6 a の値が加算器 2 6 b の値の 0.9 倍の時には、 $R = 0.45$  程度に設定することは妥当である。出願人が試した結果では、 $R$  は 0.4 以上 0.6 以下の範囲が好適である。

【 0 0 8 4 】

実施の形態 2 .

図 9 はこの発明の実施の形態 2 における圧延機の制御装置の全体構成を示す図である。

図 9 において、27 はロールギャップ上下変動同定手段、28 は上下同定ロールギャップ変動記憶手段、29 は操作量演算手段である。

【 0 0 8 5 】

実施の形態 1 では、荷重上下変動同定手段 1 1 の加算器 2 6 a 及び 2 6 b に、荷重信号を蓄える場合について説明した。しかし、圧延荷重は、圧延材 1 の幅や変形抵抗 (硬さ) 等により、変動の振幅が変化することがある。そこで、本実施の形態では、荷重信号をロールギャップ相当の値に変換した後に、加算器への蓄積を行う場合について説明する。かかる構成であれば、圧延材 1 の寸法や硬さ等の特性に依存しない、圧延機の構造に依存する量として、信号の保存・記憶を行うことが可能となる。

【 0 0 8 6 】

以下に、図 1 0 及び図 1 1 を参照し、本実施の形態に特有の機能について具体的に説明する。図 1 0 及び図 1 1 は図 9 に示す圧延機の制御装置の要部詳細図であり、それぞれ図 5 及び図 6 に相当する部分を示している。具体的に、図 1 0 は荷重上下配分手段 1 0 及びロールギャップ上下変動同定手段 2 7 の各詳細を、図 1 1 は上下同定ロールギャップ変動記憶手段 2 8 及び操作量演算手段 2 9 の各詳細を示している。

【 0 0 8 7 】

ロールギャップ上下変動同定手段 2 7 は、上側ロールギャップ変動同定手段 3 0 と下側ロールギャップ変動同定手段 3 1 とを備えている。上側ロールギャップ変動同定手段 3 0 は、荷重上下配分手段 1 0 によって配分された上側荷重  $P_T$  から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分を同定する機能と、その同定データ (上側変動成分) を適切なタイミングで操作量演算手段 2 9 に出力する機能とを有している。また、下側ロールギャップ変動同定手段 3 1 は、荷重上下配分手段 1 0 によって配分された下側荷重  $P_B$  から、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分を同定する機能と、その同定データ (下側変動成分) を適切なタイミングで操作量演算手段 2 9 に出力する機能とを有している。

【 0 0 8 8 】

具体的に、上側ロールギャップ変動同定手段 3 0 は、偏差演算手段 3 2 a、変換手段 3 3 a、同定手段 3 4 a、スイッチ 3 5 a により、その要部が構成されている。なお、偏差

10

20

30

40

50

演算手段 3 2 a、同定手段 3 4 a、スイッチ 3 5 a の各機能は、上記偏差演算手段 1 8 a、同定手段 1 9 a、スイッチ 2 0 a の各機能と実質的に同じである。即ち、偏差演算手段 3 2 a には、記録エリア 3 6 a、平均値演算手段 3 7 a、減算器 3 8 a が備えられている。また、同定手段 3 4 a には、リミット 3 9 a、スイッチ 4 0 a、加算器 4 1 a が備えられている。

【 0 0 8 9 】

変換手段 3 3 a は、偏差演算手段 3 2 a によって抽出された荷重の上側変動成分を、ロールギャップの変位に変換する機能を有している。例えば、変換手段 3 3 a は、偏差演算手段 3 2 a と同定手段 3 4 a との間に設けられ、減算器 3 8 a から出力された偏差  $P_j$ 、即ち、荷重のロール偏芯等に起因する変動成分を、次式に基づいて、ロールギャップ相当の値に変換する。

10

【 0 0 9 0 】

【 数 8 】

$$\Delta S_j = \frac{-MQ}{M+Q} \cdot \Delta P_j \quad \dots(8)$$

【 0 0 9 1 】

変換手段 3 3 a によって変換された値  $S_j$  は、同定手段 3 4 a に入力され、リミット 3 9 a で上下限がチェックされる。そして、各回転角度番号の変換値  $S_j$  の上下限チェックが終了した時点で各スイッチ 4 0 a が同時に ON となり、各加算器 4 1 a に、上記変換値  $S_j$  が一斉に送り込まれる。各加算器 4 1 a では、上記式 4 と同様の演算を行って、変換値  $S_j$ 、即ち、ロールギャップの上側変位を加算する。

20

【 0 0 9 2 】

なお、変換手段 3 3 a は、リミット 3 9 a とスイッチ 4 0 a との間、或いは、スイッチ 4 0 a と加算器 4 1 a との間に設置されていても構わない。

また、下側ロールギャップ変動同定手段 3 1 は、上側ロールギャップ変動同定手段 3 0 と同様の構成を有するため、その具体的な説明については省略する。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態においても、本制御装置は、圧延材 1 の圧延を開始してから所定期間が経過するまでの間は、事前に準備した同定データも使用して、板厚制御を行う。このため、本制御装置では、圧延材 1 の圧延を開始する前に、キスロール状態でロールを一定速度で回転させ、荷重を発生させる制御を行う。そして、操作量演算手段 2 9 に、ロールの回転位置に関連して発生するロールギャップの変動成分が低減するように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算させ、ロールギャップ操作手段 1 4 に圧下装置 5 の制御を行わせる。

30

【 0 0 9 4 】

なお、キスロール状態では、圧延材 1 の塑性係数  $Q$  を考慮する必要が無いため、変換手段 3 3 a 及び 3 3 b は、次式に基づいて、ロールギャップ相当の値への変換を行う。

【 0 0 9 5 】

【 数 9 】

$$\Delta S_j = \frac{-1}{M} \cdot \Delta P_j \quad \dots(9)$$

40

【 0 0 9 6 】

キスロール状態において上記制御が所定時間実施された後、上下同定ロールギャップ変動記憶手段 2 8 は、ロールギャップ上下変動同定手段 2 7 によって同定されたロールギャップの上側変動成分及び下側変動成分（即ち、加算器 4 1 a 及び 4 1 b の値）を、ロールの回転位置毎に記憶する。そして、圧延材 1 の圧延を開始した後、操作量演算手段 2 9 は、実施の形態 1 と同様に、ロールギャップ上下変動同定手段 2 7 から入力された上下のロールギャップ変動値（ $S_{A T}$ 、 $S_{A B}$ ）と、上下同定ロールギャップ変動記憶手段 2

50

8の記憶内容(出力値)とに基づいて、ロールギャップ操作手段14に対する指令値の演算を行う。

【0097】

本実施の形態において詳説しなかった構成及び機能については、実施の形態1と同様である。

【0098】

上記構成を有する制御装置であっても、上記実施の形態1と同様の効果を奏することが可能である。更に、本実施の形態における制御装置であれば、加算器41a及び41b、並びに上下同定ロールギャップ変動記憶手段28に、圧延材1の材料特性に依存せず、圧延機の特性のみ依存する値を格納することができる。このため、制御対象となる圧延材1の特性が変化した場合であっても、制御性能に与える悪影響を最小限に抑えることができ、高品質な製品を提供することが可能となる。

【0099】

実施の形態3.

図12は図1に示す圧延機を圧延材の圧延方向から見た図である。

バックアップロール4に使用されているオイルペアリングの構造が左右対称ではない場合等、ロールギャップのロール偏芯等に起因する変動成分が、圧延材1の左右、即ち、ドライブ側とオベ側とにおいて異なる場合がある。本制御装置には、圧下装置5、荷重検出装置6、ロールギャップ検出器9がドライブ側及びオベ側の双方に設置されており、ロールギャップをドライブ側とオベ側とにおいて別々に制御できる仕組みが備えられている。このため、本実施の形態では、ドライブ側とオベ側とにおいて、周期性外乱による変動成分を別々に同定し、その同定データに合わせてロールギャップの調整を行う場合について説明する。

なお、外乱は、同じロールによって発生していると考えられることから、その周期は変化せず、振幅が両側でことなるものとして、以下の説明を行う。

【0100】

本制御装置では、圧延材1の圧延を開始する前に、キスロール状態でロールを一定速度で回転させ、荷重を発生させる制御を行う。

具体的には、まず、キスロール状態でロールを一定速度で回転させ、ドライブ側の荷重検出装置6Dによって検出されたキスロール時荷重を荷重上下配分手段10に入力する。かかる場合、図5に示すPは、ドライブ側の荷重検出装置6Dによって検出されたキスロール時荷重となる。荷重上下配分手段10は、荷重検出装置6Dによって検出されたキスロール時荷重Pを上側荷重 $P_T$ と下側荷重 $P_B$ とに分割し、荷重上下変動同定手段11に対して出力する。なお、この時の配分比Rについても、0.5の近傍の値(例えば、0.4以上0.6以下である所定値)が設定される。

【0101】

荷重上下変動同定手段11は、入力された上側荷重 $P_T$ 及び下側荷重 $P_B$ に基づいて、ロールの各回転位置に応じたキスロール時荷重の上側変動成分と下側変動成分とを同定し、適切なタイミングで操作量演算手段13に対して出力する。そして、操作量演算手段13は、その入力値 $P_{AT}$ 、 $P_{AB}$ に基づいて、ロールの回転位置に関連して発生するキスロール時荷重の変動成分が低減するように、ロールの各回転位置に応じたロールギャップ指令値を演算し、ロールギャップ操作手段14に圧下装置5の制御を行わせる。

【0102】

ロールギャップの調整制御を開始してから所定時間が経過し、加算器26a及び26bの値が増加しなくなる(或いは、増加量が所定の範囲内に収まる)と、上下同定荷重変動記憶手段12は、この時の加算器26a及び26bの値、即ち、荷重上下変動同定手段11によって適切に同定されたキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分と下側変動成分とを、バックアップロール4の回転角度番号毎に記憶する。

【0103】

次に、キスロール状態でロールを一定速度で回転させ、オベ側についても、上記と同様

10

20

30

40

50



の制御を行う。これにより、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 に、荷重上下変動同定手段 1 1 によって同定されたキスロール時荷重のオベ側の上側変動成分と下側変動成分とが、バックアップロール 4 の回転角度番号毎に記憶される。

【 0 1 0 4 】

そして、圧延材 1 の圧延が開始されると、操作量演算手段 1 3 は、実施の形態 1 と同様に、荷重上下変動同定手段 1 1 から入力された上下の荷重変動値 (  $P_{AT}$ 、  $P_{AB}$  ) と、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 の記憶内容とに基づいて、ロールギャップ指令値  $S_{RF}$  の演算を行う。なお、演算された上記指令値  $S_{RF}$  は、圧延材 1 の幅方向中央部の板厚を制御するための 1 つの値である。このため、操作量演算手段 1 3 は、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 の記憶内容に基づいて、上記指令値  $S_{RF}$  からドライブ側の指令値とオベ側の指令値とを更に演算し、その演算結果をロールギャップ操作手段 1 4 に対して出力する。

10

【 0 1 0 5 】

図 1 3 はドライブ側及びオベ側のロールギャップ指令値の演算方法を説明するための図である。図 1 3 に示すように、操作量演算手段 1 3 は、次式に基づいて、ロールギャップ指令値  $S_{RF}$  からドライブ側の指令値とオベ側の指令値との演算を行う。

【 0 1 0 6 】

【 数 1 0 】

$$\Delta S_{DR} = K_{TDR} \cdot \frac{2r_{DR}}{r_{OP} + r_{DR}} \cdot \Delta S_{RF} \quad \dots(10)$$

20

【 0 1 0 7 】

【 数 1 1 】

$$\Delta S_{OP} = K_{TOP} \cdot \frac{2r_{OP}}{r_{OP} + r_{DR}} \cdot \Delta S_{RF} \quad \dots(11)$$

【 0 1 0 8 】

ここで、

$r_{DR}$  : 上下同定荷重変動記憶手段 1 2 に記憶されているキスロール時荷重のドライブ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比

30

$r_{OP}$  : 上下同定荷重変動記憶手段 1 2 に記憶されているキスロール時荷重のオベ側の上側変動成分に対する下側変動成分の比

$K_{TDR}$ 、 $K_{TOP}$  : 調整係数

$S_{DR}$  : ドライブ側のロールギャップ指令値

$S_{OP}$  : オベ側のロールギャップ指令値

である。

【 0 1 0 9 】

そして、ロールギャップ操作手段 1 4 は、入力されたドライブ側の指令値  $S_{DR}$  を圧下装置 5 D 側に、オベ側の指令値  $S_{OP}$  を圧下装置 5 O 側に出力し、ロールギャップを左右で適切に操作する。

40

【 0 1 1 0 】

図 1 4 及び図 1 5 は比  $r_{DR}$  及び  $r_{OP}$  の演算方法を説明するための図である。以下に、比  $r_{DR}$  及び  $r_{OP}$  の演算する二通りの方法について具体的に説明する。なお、図 1 4 及び図 1 5 において、縦軸は、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 に記憶されているキスロール時荷重の変動成分を、横軸は、ロールの回転位置を示している。例えば、図 3 においてバックアップロール 4 を 60 分割にした場合、横軸には、0 乃至 59 の目盛が付される。

【 0 1 1 1 】

図 1 4 は、上記変動成分の最大値及び最小値から、比  $r_{DR}$  及び  $r_{OP}$  を演算する場合を示している。かかる場合、比  $r_{DR}$  及び  $r_{OP}$  は、上下同定荷重変動記憶手段 1 2 に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分のピーク値に対する下側変動成分のピーク

50

値の比として表される。また、図15は、斜線を施した部分の面積から、比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ を演算する場合を示している。かかる場合、比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ は、上下同定荷重変動記憶手段12に記憶されているキスロール時荷重の上側変動成分の絶対値を積算した値に対する、下側変動成分の絶対値を積算した値の比として表される。

#### 【0112】

なお、上記ピーク値から比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ を演算する場合は、処理負荷を軽減させることができるものの、積算値を使用する場合と比較して、ノイズの影響を受けやすい。しかし、本制御装置では、上記比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ の演算のために、ノイズの少ないキスロール状態の時に得た値(変動成分)を使用している。このため、ピーク値から比 $r_{DR}$ 及び $r_{OP}$ を演算した場合であっても、適切な制御が実現できる。

10

#### 【0113】

上記構成を有する制御装置であれば、ドライブ側の周期性外乱とオペ側の周期性外乱との間に振幅の違いがある場合であっても、各振幅に合わせてロールギャップを適切に調整することができ、高品質な製品を提供することが可能となる。

#### 【0114】

また、本実施の形態に特有の上記機能は、実施の形態2において説明した構成にも適用することができる。かかる場合、上下同定ロールギャップ変動記憶手段28には、キスロール状態の時にロールギャップ上下変動同定手段27によって同定されたロールギャップのドライブ側の上側変動成分及び下側変動成分と、オペ側の上側変動成分及び下側変動成分とが、ロールの回転位置毎に記憶される。そして、操作量演算手段29は、圧延材1の圧延時に、上記式10及び式11に基づいて、ドライブ側の指令値とオペ側の指令値とを演算する。なお、本機能を実施の形態2の構成に適用する場合は、図14及び図15の縦軸が、ロールギャップの変動成分となる。

20

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0115】

この発明に係る圧延機の制御装置は、金属材料を圧延する際の板厚制御に適用することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0116】

- 1 圧延材
- 2 ハウジング
- 3 ワークロール
- 3 a 上ワークロール
- 3 b 下ワークロール
- 4 バックアップロール
- 4 a 上バックアップロール
- 4 b 下バックアップロール
- 4 c 基準位置
- 5 圧下装置
- 6 荷重検出装置
- 7 ロール回転数検出器
- 8 ロール基準位置検出器
- 9 ロールギャップ検出器
- 10 荷重上下配分手段
- 11 荷重上下変動同定手段
- 12 上下同定荷重変動記憶手段
- 13、29 操作量演算手段
- 14 ロールギャップ操作手段
- 15 位置目盛
- 15 a 基準位置

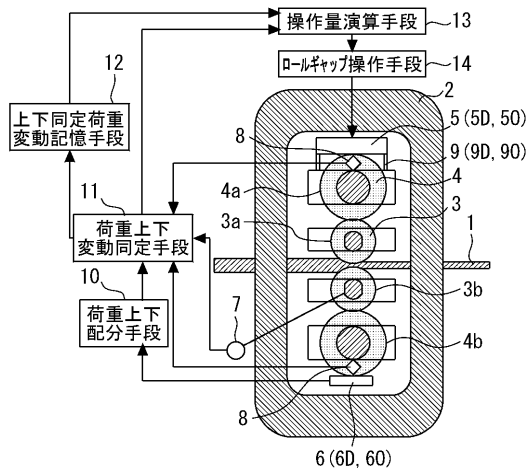
30

40

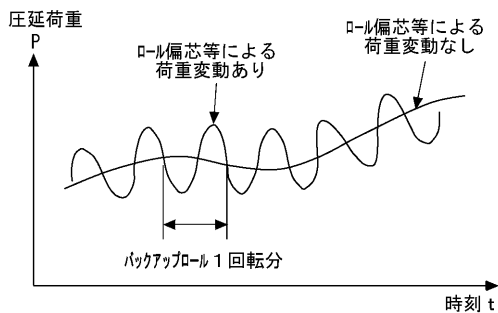
50

- 16 上側荷重変動同定手段
- 17 下側荷重変動同定手段
- 18 a、18 b、32 a、32 b 偏差演算手段
- 19 a、19 b、34 a、34 b 同定手段
- 20 a、20 b、35 a、35 b スイッチ
- 21 a、21 b、36 a、36 b 記録エリア
- 22 a、22 b、37 a、37 b 平均値演算手段
- 23 a、23 b、38 a、38 b 減算器
- 24 a、24 b、39 a、39 b リミット
- 25 a、25 b、40 a、40 b スイッチ
- 26 a、26 b、41 a、41 b 加算器
- 27 ロールギャップ上下変動同定手段
- 28 上下同定ロールギャップ変動記憶手段
- 30 上側ロールギャップ変動同定手段
- 31 下側ロールギャップ変動同定手段
- 33 a、33 b 変換手段

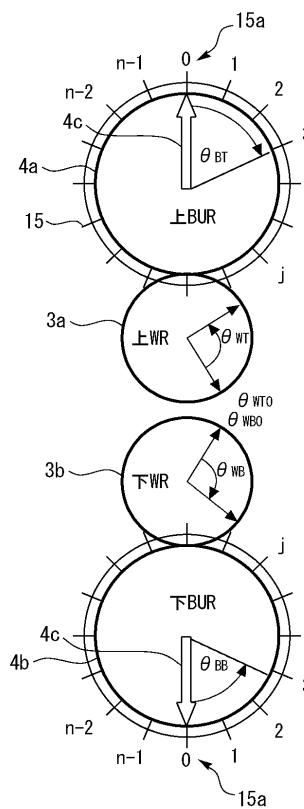
【図1】



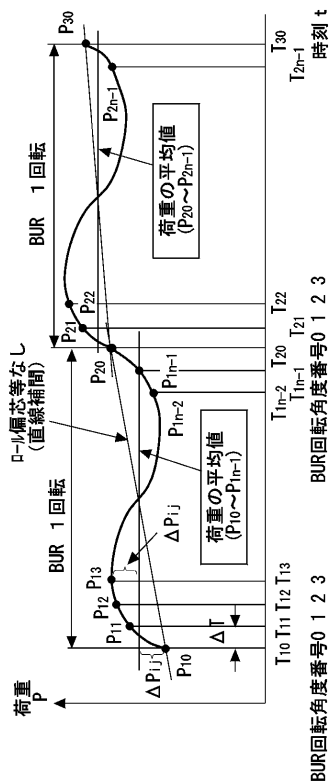
【図2】



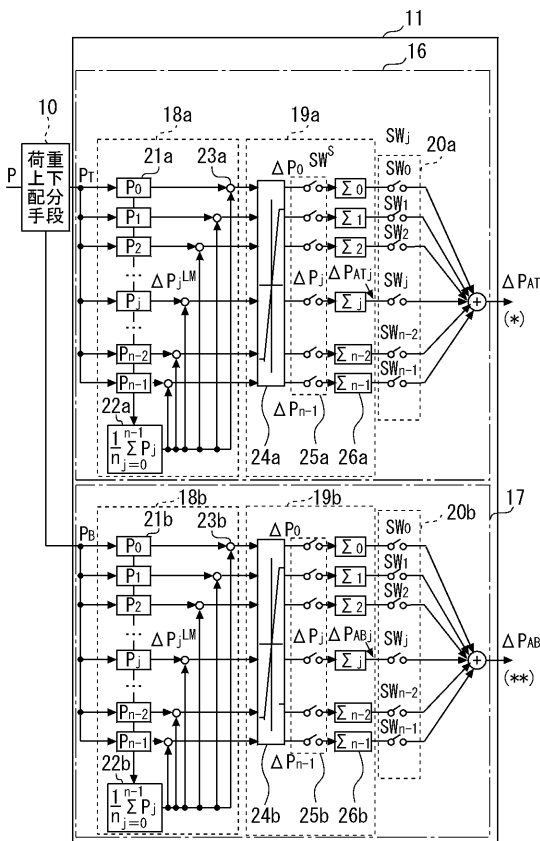
【図3】



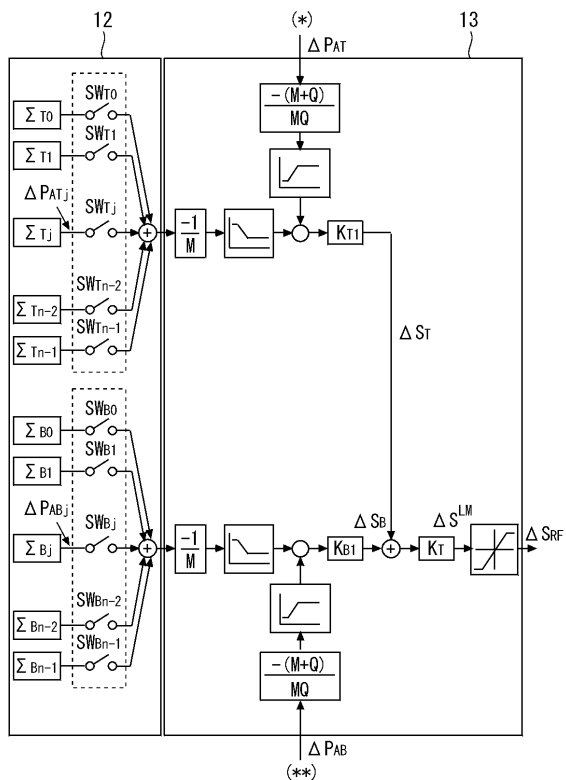
【図4】



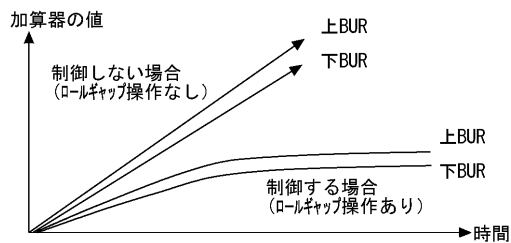
【図5】



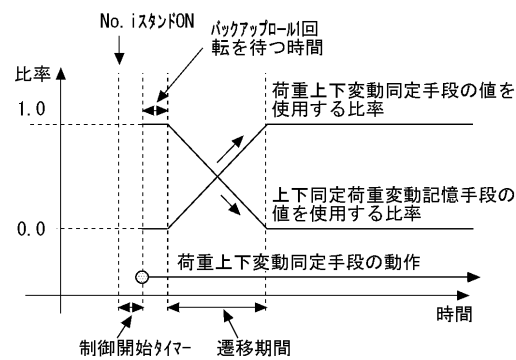
【図6】



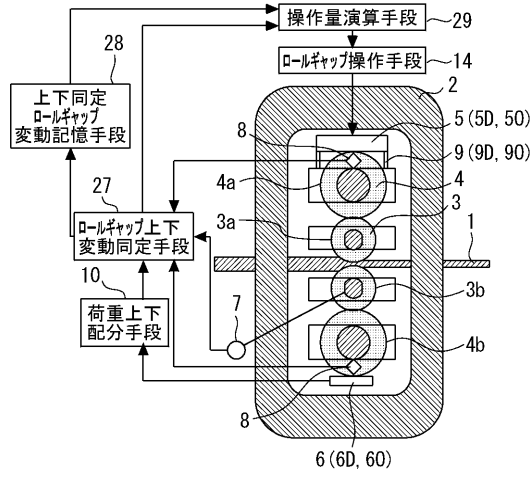
【図7】



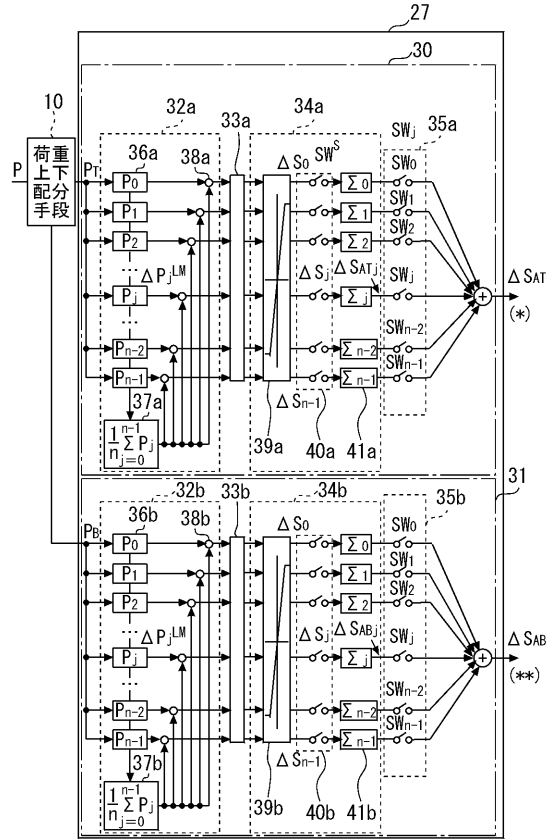
【図8】



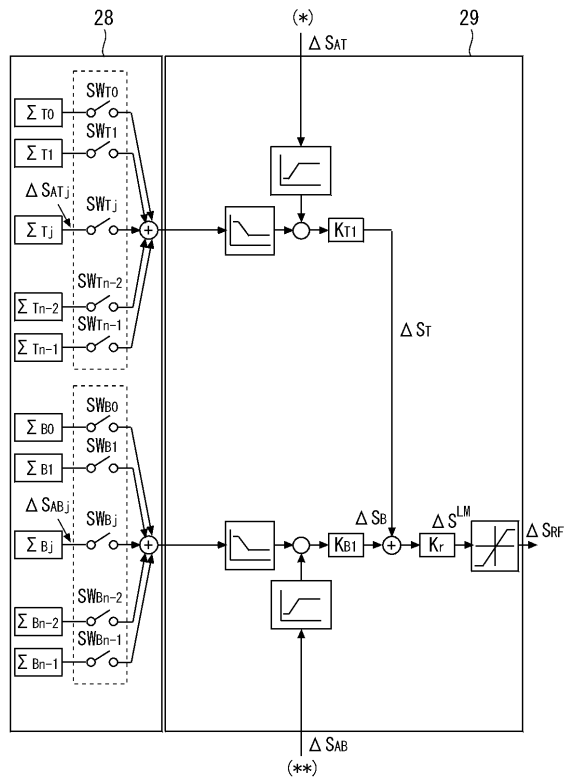
【図9】



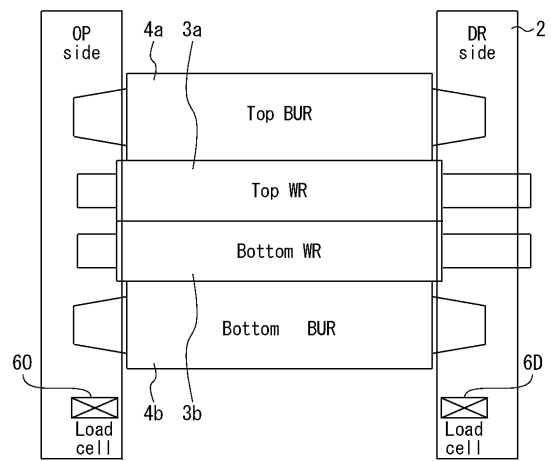
【図10】



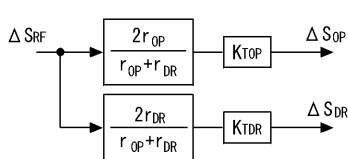
【図11】



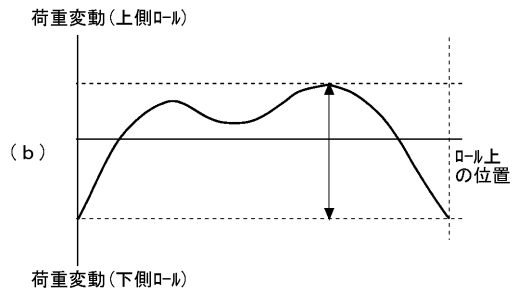
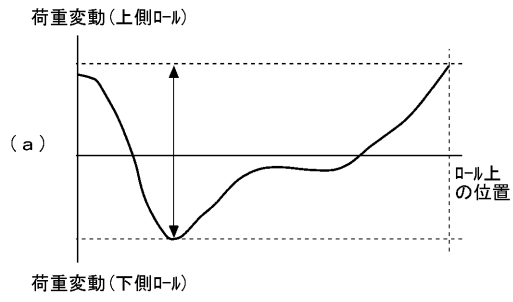
【図12】



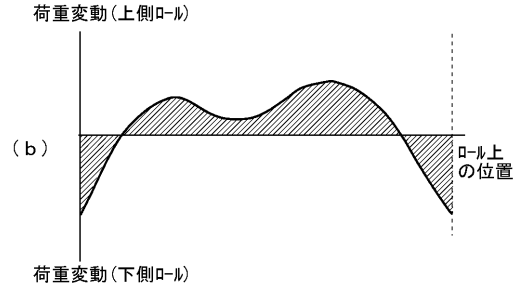
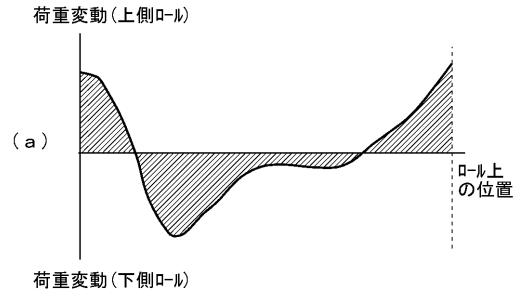
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 丸山 和之

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

審査官 関根 崇

(56)参考文献 国際公開第2008/090596(WO, A1)

特開2002-282917(JP, A)

国際公開第2006/123394(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21B 37/00

B21B 37/18

B21B 37/66