(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
2023年8月24日(24.08.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/157144 A1

(51) 国際特許分類:
B21B 37/00 (2006.01) *B21B 37/20* (2006.01)
B21B 37/18 (2006.01) *B21B 37/46* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/006245

(22) 国際出願日： 2022年2月16日(16.02.2022)

(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).

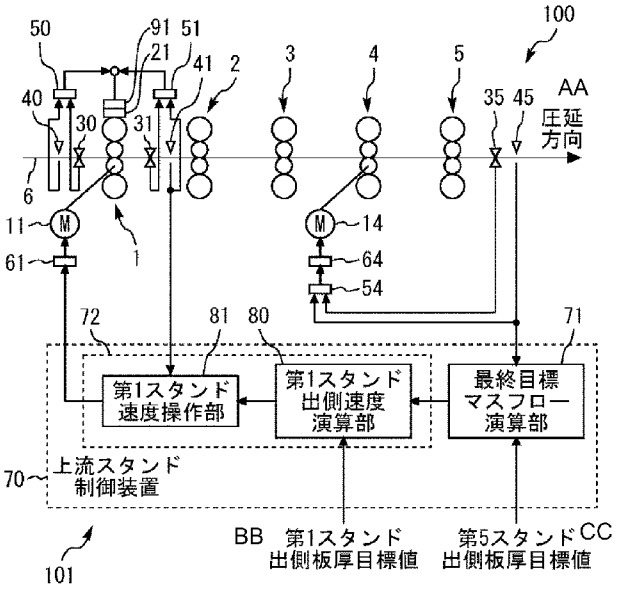
(72) 発明者: 手塚 知幸 (**TEZUKA, Tomoyuki**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所(**TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS**); 〒1040045 東京都中央区築地１丁目１２番２２号コンワビル７階 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) **Title:** TANDEM ROLLING SYSTEM

(54) 発明の名称： タンデム圧延システム



70 Upstream stand control device
71 Final target mass flow computation unit
80 First-stand-outlet-side speed computation unit
81 First stand speed operation unit
AA Rolling direction
BB First-stand-outlet-side plate thickness target value
CC Fifth-stand-outlet-side plate thickness target value

(57) **Abstract:** A tandem rolling system according to the present invention makes it possible to reduce fluctuations in the plate thickness on the outlet side of the final stand. The tandem rolling system comprises a final target mass flow computation unit and an upstream mass flow control unit. The final target mass flow computation unit multiplies the actual value of the speed of a material to be rolled, measured on the outlet side of an Nth stand ($N \geq 3$) that is the final stand, by a final-stand-outlet-side plate thickness target value defined in advance according to product specifications of the material to be rolled, and calculates a final target mass flow, which is the outlet-side mass flow of the final stand. The upstream mass flow control unit controls an actuator provided to an ith stand ($1 \leq i \leq N - 2$) or an actuator provided upstream relative to the ith stand, such that the outlet-side mass flow for the ith stand matches the final target mass flow.

WO 2023/157144 A1

［続葉有］

KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明に係るタンデム圧延システムは、最終スタンド出側の板厚変動を低減できる。タンデム圧延システムは、最終目標マスフロー演算部と上流マスフロー制御部を備える。最終目標マスフロー演算部は、最終スタンドである第Ｎスタンド（Ｎ≧３）の出側において計測された前記被圧延材の速度実績値と、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた最終スタンド出側板厚目標値とを乗算して、前記最終スタンドの出側マスフローである最終目標マスフローを算出する。上流マスフロー制御部は、第ｉスタンド（１≦ｉ≦Ｎ－２）の出側マスフローを前記最終目標マスフローと一致させるように、前記第ｉスタンドに設けられたアクチュエータまたは前記第ｉスタンドよりも上流に設けられたアクチュエータを制御する。

明　細　書

発明の名称 ： タンデム圧延システム

技術分野

[0001] 本発明は、タンデム圧延機システムに関する。

背景技術

[0002] 複数のスタンドにより金属等の材料（以下、「被圧延材」と称す）を連続的に圧延する冷間圧延が知られている。冷間圧延では、被圧延材の板厚が所望の板厚となるように板厚制御が実施される。板厚制御方式としてスタンド入側の計測値に基づいてスタンド出側の板厚を制御するマスフローＡＧＣが知られている。マスフローＡＧＣは、スタンド入側および出側の板速度と、入側板厚とから出側板厚推定値を演算し、出側板厚偏差がゼロになるようにロールギャップ、あるいはひとつ上流スタンドの速度を変化させる。

[0003] 最終スタンド出側板厚に関する板厚制御は、被圧延材の品質に直接、影響を与えるものであるため重要である。一般に、最終スタンド出側板厚に関する板厚制御は、最終スタンド出側の板厚偏差に基づいて、最終スタンドのひとつ上流スタンドのロール速度を操作することによって行われる。ここで、「板厚偏差」は、最終スタンドの出側に設けられた板厚計により計測された板厚実績値と、予め定められた最終スタンド出側板厚目標値との偏差である。

[0004] そのため、母材の板厚変動を上流スタンドの板厚制御で十分に低減できなかった場合、あるいは加減速による板厚変動が大きかった場合に、最終スタンド出側の板厚偏差を抑制するよう、最終スタンドのひとつ上流スタンドのロール速度を大きく操作することになる。その結果、最終スタンドのひとつ上流スタンドのロール速度が制約にかかり、制御が行えなくなる、あるいはロール速度の急激な変化により、最終スタンドとひとつ上流スタンドの間の張力が緩み、圧延が不安定になるなど、トラブルにつながることがあった。

[0005] このような問題を解決するために、特許文献１では、最終スタンドのひと

つ上流スタンドのロール速度だけでなく、最終スタンドのロール速度も操作し、ロール速度が制約にかかることを回避している。特許文献２では、板厚偏差の大きさに基づいて制御ゲインを調整し、ロール速度の急激な変化を抑制している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本特開２００２－２９２４１５号公報

特許文献2：日本特開２００４－２６８０８４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、いずれの方法においても、最終スタンド出側の板厚偏差が大きかった場合に板厚を修正するのに時間がかかる。またロール速度の操作量は大きくなるため、最終スタンドとひとつ上流スタンドの間の張力が過大、あるいは過小となってしまう恐れがある。張力が過大となった場合は、板破断を引き起こし、張力が過小となった場合は、圧延が不安定になる。張力が過大あるいは過小となる前に、張力制御によって張力が適切な範囲に制御されることもあるが、張力制御は最終スタンドのギャップの開閉によって行われる。そのため、過大な操作をすると形状に影響を及ぼしてしまう。形状が乱れると圧延の継続が困難となることがある。このような事態を避けるため、より確実に最終スタンド出側の板厚変動を低減できることが望まれる。

[0008] 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、最終スタンド出側の板厚変動を低減できるタンデム圧延システム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

[0009] 本願発明者は、鋭意研究を進めた結果、最終スタンド（第Ｎスタンド）出側における被圧延材の製品仕様を満たす最終目標マスフローを計算し、より上流スタンド（第１～第Ｎ－２スタンド）出側のマスフローを当該最終目標

マスフローに一致させるように板厚を制御することを見出した。これによれば、マスフロー一定の法則を利用して、被圧延材の製品仕様に応じた最終スタンド出側板厚目標値を満たすために、上流スタンドにおいて板厚、あるいは被圧延材の速度が調整される。そのため、最終スタンド（第Ｎスタンド）とひとつ上流スタンド（第Ｎ－１スタンド）との板厚偏差を極力低減することができる。なお、マスフローは、被圧延材の板厚と幅と速度の積（体積流量）で表され、圧延機内での幅変化はないものとすると被圧延材の板厚と速度の積で表される。

[0010] 第１の観点は、タンデム圧延システムに関連する。

タンデム圧延システムは、Ｎ（Ｎ≧３）基の圧延スタンドを有し、被圧延材を連続圧延する。

タンデム圧延システムは、最終目標マスフロー演算部と上流マスフロー制御部を備える。

最終目標マスフロー演算部は、最終スタンドである第Ｎスタンドの出側において計測された前記被圧延材の速度実績値と、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた最終スタンド出側板厚目標値とを乗算して、前記最終スタンドの出側マスフローである最終目標マスフローを算出する。

上流マスフロー制御部は、第ｉスタンド（１≦ｉ≦Ｎ－２）の出側マスフローを前記最終目標マスフローと一致させるように、前記第ｉスタンドに設けられたアクチュエータまたは前記第ｉスタンドよりも上流に設けられたアクチュエータを制御する。

[0011] 第２の観点は、第１の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロール速度アクチュエータを含む。

前記上流マスフロー制御部は、前記最終目標マスフローを、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値または前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値で除算して第ｉスタンド出側速度目標値を算出する。

前記上流マスフロー制御部は、前記第ｉスタンドの出側における前記被圧延材の速度実績値を前記第ｉスタンド出側速度目標値に一致させるように、前記ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドのワークロール速度を制御する。

[0012] 第３の観点は、第２の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータをさらに含む。

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部、を備える。

[0013] 第４の観点は、第２又は第３の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンド出側板厚実績値は、前記第ｉスタンドにおけるロールギャップ実績値および圧延荷重実績値に基づいて計算されたゲージメータ板厚である。

[0014] 第５の観点は、第１の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータを含む。

前記上流マスフロー制御部は、前記最終目標マスフローを、前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出する。

前記上流マスフロー制御部は、前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値を、前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドのロールギャップを制御する。

[0015] 第６の観点は、第５の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンド出側板厚実績値は、前記第ｉスタンドにおけるロールギャップ実績値および圧延荷重実績値に基づいて計算されたゲージメータ板厚

である。

[0016] 第７の観点は、第１の観点のいずれかに加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドよりも上流に設けられた前記アクチュエータは、第ｉ－１スタンド（２≦ｉ≦Ｎ－２）に設けられたワークロール速度を制御するロール速度アクチュエータを含む。

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記第ｉ－１スタンドの前記ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備える。

前記上流マスフロー制御部は、前記最終目標マスフローを前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出する。

前記上流マスフロー制御部は、前記板厚制御部が用いる前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値を前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に更新する。

[0017] 第８の観点は、第１の観点のいずれかに加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータをさらに含む。

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値と一致させるように、前記第ｉスタンドの前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備える。

前記上流マスフロー制御部は、前記最終目標マスフローを前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出する。

前記上流マスフロー制御部は、前記板厚制御部が用いる前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値を前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に更新する。

[0018] 第９の観点は、第１の観点のいずれかに加えて、次の特徴を更に有する。

前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ワークロール速度を制御する第ｉロール速度アクチュエータを含む。

前記第ｉスタンドよりも上流に設けられた前記アクチュエータは、第ｉ－１スタンド（２≦ｉ≦Ｎ－２）に設けられたワークロール速度を制御する第ｉ－１ロール速度アクチュエータを含む。

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記第ｉ－１ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備える。

前記上流マスフロー制御部は、前記最終目標マスフローを、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値または前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値で除算して第ｉスタンド出側速度目標値を算出する。

前記上流マスフロー制御部は、前記第ｉスタンドの出側における前記被圧延材の速度実績値を前記第ｉスタンド出側速度目標値に一致させるように、前記第ｉロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドのワークロール速度を制御する。

発明の効果

[0019] 本開示に係るタンデム圧延システムは、被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた最終スタンド出側板厚目標値と、最終スタンド（第Ｎスタンド）出側の被圧延材の速度実績値との積から最終目標マスフローを計算する。そして、タンデム圧延システムは、上流スタンド（第１～第Ｎ－２スタンド）出側のマスフローを当該最終目標マスフローに一致させるように板厚を制御する。これによれば、被圧延材の製品仕様に応じた最終スタンド出側板厚目標値を満たすために、上流スタンドの出側における板厚、あるいは被圧延材の速度が調整される。すなわち、最終スタンド出側板厚を速やかに修正できる。そのため、最終スタンド出側の板厚偏差を低減でき、最終スタンド出側板厚

を良好に制御できる。また最終スタンドのひとつ上流スタンドのロール周速の操作量が小さくなるため、トラブルを回避することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンド１の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図2]第３スタンド３の出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図3]第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンド１の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図4]第３スタンド３の出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図5]図４の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。

[図6]第３スタンドの出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

[図7]図６の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。

[図8]第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御している場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図9]第１スタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

[図10]第３スタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第３スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

[図11]第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御している場合に、（板厚制御の目標値を変更しないで）第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図12]第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御している場合に、（板厚制御の目標値を変更しないで）第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[図13]制御装置１０１のハードウェア構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 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。

[0022] 各実施の形態の説明に先立って、図１を参照して各実施の形態のタンデム冷間圧延システムにおいて共通する基本構成について説明する。

[0023] １．タンデム冷間圧延機の基本構成

図１に示すタンデム冷間圧延システムは、タンデム冷間圧延機１００を備える。

[0024] タンデム冷間圧延機１００は、被圧延材６を連続圧延するＮ（Ｎ≧３）基の圧延スタンドを有する。本明細書では、「圧延スタンド」を単に「スタンド」と称する。図１には、タンデムに配置された５基のスタンド（第１スタンド１～第５スタンド５）が例示されている。各スタンドは、ワークロールとバックアップロールを備える。

[0025] 各スタンドは、ワークロール速度を制御するロール速度アクチュエータを備える。ロール速度アクチュエータは例えば電動機を含む。図１には、第１スタンド１のロール速度アクチュエータ１１と、第４スタンド４のロール速度アクチュエータ１４とが例示されている。

[0026] 各スタンドは、ワークロールのロールギャップ（圧下量）を制御するロールギャップアクチュエータを備える。ロールギャップアクチュエータは例えば圧下装置を含む。図１には、第１スタンド１のロールギャップアクチュエータ２１が例示されている。

[0027] 板厚計３０は、第１スタンド１の入側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。板厚計３１は、第１スタンド１の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。板厚計３５は、最終スタンドである第５スタンド５の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。

[0028] 速度計４０は、第１スタンド１の入側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。速度計４１は、第１スタンド１の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。速度計４５は、最終スタンドである第５スタンド５の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0029] なお、本明細書では冷間圧延のタンデム圧延機について例示しているが、熱間圧延のタンデム圧延機であってもよい。

[0030] ２．制御装置の基本構成（板厚制御）

タンデム冷間圧延機１００の制御装置１０１は、後述する各図に示す、速度制御装置、圧下制御装置、ＦＦ制御装置、ＦＢ制御装置、上流スタンド制御装置７０などを含み、板厚制御部および上流マスフロー制御部としての機能を有する。被圧延材６は、図１の左側から右側へ向かって搬送され、板厚制御によって所望の板厚に圧延される。例えば次のような板厚制御が実施される。

[0031] 図１を参照して第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで板厚制御する板厚制御部の構成について説明する。

ＦＦ制御装置５０は、板厚計３０により計測された第１スタンド入側板厚実績値と、速度計４０により計測された第１スタンド入側速度実績値とを入力する。ＦＦ制御装置５０は、板厚が計測された被圧延材６の位置が第１ス

タンド１のワークロール直下に到達するタイミングで第１スタンド入側板厚実績値に応じた操作量を出力する。

[0032] ＦＢ制御装置５１は、板厚計３１により計測された第１スタンド出側板厚実績値と、速度計４１により計測された第１スタンド出側速度実績値とを入力する。ＦＢ制御装置５１は、第１スタンド出側板厚実績値と被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第１スタンド出側板厚目標値との差にゲイン（係数）を乗算した値に相関するＦＢ補正操作量を出力する。ここで、ゲインは、速度計４１により計測された第１スタンド出側速度実績値、または、ロール速度アクチュエータ１１による第１スタンド１の圧延速度が大きいほど大きく設定される。

[0033] ＦＦ制御装置５０およびＦＢ制御装置５１のそれぞれから出力された操作量は、足し合わされた後、第１圧下制御装置９１へ入力される。第１圧下制御装置９１は、ロールギャップアクチュエータ２１を駆動して、上下ワークロール間のロールギャップを調整することにより、第１スタンド１の出側板厚を制御する。

[0034] このように、板厚制御部は、第１スタンド出側板厚実績値を予め定めた第１スタンド出側板厚目標値に一致させるように、ロールギャップアクチュエータ２１で第１スタンド１の出側板厚を制御する。

[0035] また、高度な板厚制御方法として、入側および出側の板厚計と速度計それぞれの測定値から第１スタンド１直下の被圧延材６の板厚を推定演算し（マスフロー板厚と呼ぶ）、これに基づいて板厚を制御するマスフロー板厚制御（図示省略）がある。さらに、ロールギャップアクチュエータ２１を動かすことで第１スタンド１の入側の張力が変動することを抑えるため、同時に入側張力を測定し、入側ブライドル（図示省略）を操作する多変数制御、あるいは非干渉制御が適用されることもある。これらによれば，出側に設置された板厚計までの搬送によるむだ時間を無視することができ、高応答の板厚制御を実現できる。

[0036] 次に、図１を参照して第５スタンド５の出側板厚を速度で板厚制御する板

厚制御部の構成について説明する。

ＦＢ制御装置５４は、板厚計３５により計測された第５スタンド出側板厚実績値と、速度計４５により計測された第５スタンド出側速度実績値とを入力する。ＦＢ制御装置５４は、第５スタンド出側板厚実績値と被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第５スタンド出側板厚目標値との差にゲイン（係数）を乗算した値に相関するＦＢ補正操作量を出力する。ここで、ゲインは、速度計４５により計測された第５スタンド出側速度実績値が大きいほど大きく設定される。

[0037] 第４速度制御装置６４は、ＦＢ制御装置５４から入力したＦＢ補正操作量に基づいて、ロール速度アクチュエータ１４を駆動して、第４スタンド４のワークロール速度を調整することにより、第５スタンド５の出側板厚を制御する。

[0038] このように、板厚制御部は、第５スタンド出側板厚実績値を予め定めた第５スタンド出側板厚目標値に一致させるように、第４スタンドのロール速度アクチュエータ１４で第５スタンド５の出側板厚を制御する。

[0039] 実施の形態１.

図１および図２を参照して実施の形態１について説明する。

実施の形態１では、第ｉスタンドの出側板厚を速度で板厚制御していない場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明する。実施の形態１では、第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと、第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御に用いられるアクチュエータは別である（図１）。

[0040] 図１は、第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンド１の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

図２は、第３スタンド３の出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

[0041] １－１．図１（板厚制御：ロールギャップ　／　上流マスフロー制御：速度）

まず、図１に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図１に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、上述した通りであるため説明は省略する。

[0042] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。

[0043] 最終目標マスフロー演算部７１は、最終スタンドである第５スタンド５（第Ｎスタンド）の出側において計測された被圧延材６の速度実績値と、被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた最終スタンド出側板厚目標値とを乗算して、最終スタンドの出側マスフローである最終目標マスフローを算出する。

ここで、速度実績値は、速度計４５により計測された計測値であってもよいし、最終スタンドの出側に設置される張力計ロールまたは形状計ロールの回転速度と、該当するロールのロール径の積から計算した計算値であってもよい。

[0044] 上流マスフロー制御部７２は、第ｉスタンド（１≦ｉ≦Ｎ－２）の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第ｉスタンドに設けられたアクチュエータを制御する。

図１における上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド１の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第１スタンド１に設けられたロール速度アクチュエータ１１を制御する。

[0045] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド出側速度演算部８０、第１スタンド速度操作部８１を含む。上流マスフロー制御部７２は、第１速度制御装置６１を含んでもよい。

[0046] 第１スタンド出側速度演算部８０は、最終目標マスフロー演算部７１から

最終目標マスフローを入力する。第１スタンド出側速度演算部８０は、最終目標マスフローを、被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第１スタンド出側板厚目標値で除算して第１スタンド出側速度目標値を算出する。

[0047] 第１スタンド速度操作部８１は、速度計４１から第１スタンド１の出側における被圧延材６の速度実績値を、第１スタンド出側速度演算部８０から第１スタンド出側速度目標値を、入力する。第１スタンド速度操作部８１は、第１スタンド１の出側における被圧延材６の速度実績値を第１スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第１スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第１速度制御装置６１へ出力する。第１速度制御装置６１は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュエータ１１で第１スタンド１のワークロール速度を制御する。

[0048] 以上説明したように、図１に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第１スタンド１の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。最上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0049] ところで、上述した図１の説明では、第５スタンド５の出側における被圧延材６の速度実績値を、速度計４５により計測された計測値、または最終スタンドの出側に設置される張力計ロール又は形状計ロールの回転速度と該当するロールのロール径の積から計算した計算値とした。この点、以降の説明において、他のスタンド（１～４）の出側および第１スタンド１の入側における被圧延材６の速度実績値についても同様である。

[0050] １－２．図２（板厚制御：なし ／ 上流マスフロー制御：速度）

次に、図２に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図２は、第３スタンドの出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンドの出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。図２に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0051] 図２に示すタンデム冷間圧延機１００は、速度計４３を備える。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0052] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0053] 図２における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロール速度アクチュエータ１３を制御する。

[0054] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側速度演算部８２、第３スタンド速度操作部８３を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３速度制御装置６３を含んでもよい。

[0055] 第３スタンド出側速度演算部８２は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを入力する。第３スタンド出側速度演算部８２は、最終目標マスフローを、被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値で除算して第３スタンド出側速度目標値を算出する。

[0056] 第３スタンド速度操作部８３は、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、第３スタンド出側速度演算部８２から第３スタンド出側速度目標値を、入力する。第３スタンド速度操作部８３は、第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を第３スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第３スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第３速度制御装置６３へ出力する。第３速度制御装置６３は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュエータ１３で第３スタンド３のワークロール速度を制御する。

[0057] 以上説明したように、図２に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフ

ローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0058] 実施の形態２．

図３乃至図５を参照して実施の形態２について説明する。

実施の形態２では、第ｉスタンドの出側板厚を速度で板厚制御していない場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明する。この点、実施の形態１と同じである。しかしながら、実施の形態１では、第１スタンド出側速度演算部８０（第３スタンド出側速度演算部８２）が、第１スタンド出側板厚目標値（第３スタンド出側板厚目標値）を用いているのに対して、実施の形態２では、第１スタンド出側速度演算部８０ａ（第３スタンド出側速度演算部８２ａ）が板厚実績値を用いている点で異なっている。

[0059] なお、実施の形態２では、実施の形態１と同様に、第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと、第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御に用いられるアクチュエータは別である（図３）。

[0060] 図３は、第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンド１の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

図４は、第３スタンド３の出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

図５は、図４の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。

[0061] ２－１．図３（板厚制御：ロールギャップ ／ 上流マスフロー制御：速度）

まず、図３に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。図３に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、

図１と同様であるため説明は省略する。

[0062] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0063] 図３における上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド１の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第１スタンド１に設けられたロール速度アクチュエータ１１を制御する。

[0064] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド出側速度演算部８０ａ、第１スタンド速度操作部８１を含む。上流マスフロー制御部７２は、第１速度制御装置６１を含んでもよい。

[0065] 第１スタンド出側速度演算部８０ａは、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、板厚計３１から第１スタンド出側板厚実績値を、入力する。第１スタンド出側速度演算部８０ａは、最終目標マスフローを、第１スタンド１の出側において計測された第１スタンド出側板厚実績値で除算して第１スタンド出側速度目標値を算出する。

[0066] 上述した図１と同様に、第１スタンド速度操作部８１は、速度計４１から第１スタンド１の出側における被圧延材６の速度実績値を、第１スタンド出側速度演算部８０ａから第１スタンド出側速度目標値を、入力する。第１スタンド速度操作部８１は、第１スタンド１の出側における被圧延材６の速度実績値を第１スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第１スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第１速度制御装置６１へ出力する。第１速度制御装置６１は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュエータ１１で第１スタンド１のワークロール速度を制御する。

[0067] 以上説明したように、図３に示すタンデム冷間圧延システムによれば、上述した図１と同様に、第１スタンド１の出側のマスフローを第５スタンド５

の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。そのため、同様の効果を発揮することができる。

[0068] ２－２．図４（板厚制御：なし　／　上流マスフロー制御：速度）

次に、図４に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図４は、第３スタンド３の出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。図４に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0069] 図４に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0070] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0071] 図４における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロール速度アクチュエータ１３を制御する。

[0072] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側速度演算部８２ａ、第３スタンド速度操作部８３を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３速度制御装置６３を含んでもよい。

[0073] 第３スタンド出側速度演算部８２ａは、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、板厚計３３から第３スタンド出側板厚実績値を、入力する。第３スタンド出側速度演算部８２ａは、最終目標マスフローを、第３スタンド３の出側において計測された第３スタンド出側板厚実績値で除算して第３スタンド出側速度目標値を算出する。

[0074] 上述した図２と同様に、第３スタンド速度操作部８３は、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、第３スタンド出側速度演算部８２ａから第３スタンド出側速度目標値を、入力する。第３スタンド速度操作部８３は、第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を第３スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第３スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第３速度制御装置６３へ出力する。第３速度制御装置６３は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュエータ１３で第３スタンド３のワークロール速度を制御する。

[0075] 以上説明したように、図４に示すタンデム冷間圧延システムによれば、上述した図２と同様に、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。そのため、同様の効果を発揮することができる。

[0076] ２－３．図５（板厚制御：なし ／ 上流マスフロー制御：速度）

次に、図５に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図５は、図４の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。図５に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0077] 図５に示すタンデム冷間圧延機１００は、速度計４３を備える。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0078] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0079] 図５における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられ

たロール速度アクチュエータ１３を制御する。

[0080] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側速度演算部８２ａ、第３スタンド速度操作部８３、第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３速度制御装置６３を含んでもよい。

[0081] 第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４は、第３スタンド３のロールギャップ実績値および圧延荷重実績値を入力する。第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４は、次式（１）を用いてゲージメータ板厚を算出する。

$$h = S + P / M \quad \cdots (1)$$

ここで、ｈは出側板厚（ゲージメータ板厚）、Ｓはロールギャップ実績値、Ｐは圧延荷重実績値、Ｍは予め与えられたミル定数である。

[0082] 第３スタンド出側速度演算部８２ａは、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４からゲージメータ板厚を、入力する。ゲージメータ板厚は、第３スタンド出側板厚実績値に相当する。第３スタンド出側速度演算部８２ａおよび第３スタンド速度操作部８３の処理内容は、上述した図４と同様である。

[0083] 以上説明したように、図５に示すタンデム冷間圧延システムによれば、上述した図４と同様に、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。そのため、同様の効果を発揮することができる。

[0084] 実施の形態３．

図６および図７を参照して実施の形態３について説明する。

実施の形態３では、第ｉスタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御していない場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明する。上述した実施の形態１および実施の形態２では、第ｉスタンドの出側のマスフローを速度で制御しているのに対して、実施の形態３では、第ｉスタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御している点で異なっている。

[0085] 図６は、第３スタンドの出側板厚を板厚制御していない場合に、第３スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

図７は、図６の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。

[0086] ３－１．図６（板厚制御：なし ／ 上流マスフロー制御：ロールギャップ）

まず、図６に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。図６に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0087] 図６に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0088] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0089] 図６における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロールギャップアクチュエータ２３を制御する。

[0090] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５、第３スタンド圧下操作量演算部８６、第３スタンド圧下操作部８７を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３圧下制御装置９３を含んでもよい。

[0091] 第３スタンド出側板厚目標値演算部８５は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、入力する。第３スタンド出側板厚目標値演算

部８５は、最終目標マスフローを、第３スタンドの出側において計測された被圧延材６の第３スタンド出側速度実績値で除算して新たな第３スタンド出側板厚目標値を算出する。

[0092] 第３スタンド圧下操作量演算部８６は、板厚計３３から第３スタンド出側板厚実績値を、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５から新たな第３スタンド出側板厚目標値を入力する。第３スタンド圧下操作量演算部８６は、第３スタンドの出側において計測された第３スタンド出側板厚実績値を新たな第３スタンド出側板厚目標値に一致させるように、第３スタンド出側板厚実績値と新たな第３スタンド出側板厚目標値との差に相当する補正操作量を算出する。第３スタンド圧下操作部８７は、当該補正操作量を第３圧下制御装置９３へ出力する。第３圧下制御装置９３は、当該補正操作量に応じてロールギャップアクチュエータ２３で第３スタンド３のロールギャップを制御する。

[0093] 以上説明したように、図６に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第３スタンド３のロールギャップアクチュエータ２３を用いて、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0094] ３－２．図７（板厚制御：なし ／ 上流マスフロー制御：ロールギャップ）

次に、図７に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図７は、図６の変形例であり、板厚計３３により計測された板厚の代わりにゲージメータ板厚を代用するケースについて説明するための図である。図７に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0095] 図７に示すタンデム冷間圧延機１００は、速度計４３を備える。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送

速度を計測する。

[0096] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0097] 図７における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロールギャップアクチュエータ２３を制御する。

[0098] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５、第３スタンド圧下操作量演算部８６ａ、第３スタンド圧下操作部８７を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３圧下制御装置９３を含んでもよい。

[0099] 第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４の処理内容は、上述した図５と同様である。すなわち、第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４は、第３スタンド３のロールギャップ実績値および圧延荷重実績値を入力する。第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４は、上述した式（１）を用いてゲージメータ板厚を算出する。

[0100] 第３スタンド出側板厚目標値演算部８５の処理内容は、上述した図６と同様である。

[0101] 第３スタンド圧下操作量演算部８６ａは、第３スタンドゲージメータ板厚演算部８４からゲージメータ板厚を、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５から新たな第３スタンド出側板厚目標値を、入力する。ゲージメータ板厚は、第３スタンド出側板厚実績値に相当する。第３スタンド圧下操作量演算部８６ａは、第３スタンドの出側において計測された第３スタンド出側板厚実績値を新たな第３スタンド出側板厚目標値に一致させるように、第３スタンド出側板厚実績値と新たな第３スタンド出側板厚目標値との差に相当する補正操作量を算出する。第３スタンド圧下操作部８７は、当該補正操作量を

第３圧下制御装置９３へ出力する。第３圧下制御装置９３は、当該補正操作量に応じてロールギャップアクチュエータ２３で第３スタンド３のロールギャップを制御する。

[0102] 以上説明したように、図７に示すタンデム冷間圧延システムによれば、図６と同様に、第３スタンド３のロールギャップアクチュエータ２３を用いて、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。そのため、同様の効果を発揮することができる。

[0103] 実施の形態４．

図８を参照して実施の形態４について説明する。

実施の形態４では、第ｉスタンドの出側板厚を速度で板厚制御している場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明する。

[0104] 実施の形態４では、実施の形態１～３と異なり、第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御に用いられるアクチュエータと、は同じである。

[0105] ４－１．図８（板厚制御：速度 ／ 上流マスフロー制御：速度）

図８に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。図８は、第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御している場合に、第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。図８に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0106] 図８に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0107] 図８を参照して第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御する板厚制御部の構成について説明する。

制御装置１０１のＦＢ制御装置５２は、板厚計３３により計測された第３スタンド出側板厚実績値と、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値とを入力する。ＦＢ制御装置５２は、第３スタンド出側板厚実績値と被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値との差にゲイン（係数）を乗算した値に相関するＦＢ補正操作量を出力する。ここで、ゲインは、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値が大きいほど大きく設定される。

[0108] 第２速度制御装置６２は、ＦＢ制御装置５２から入力したＦＢ補正操作量に基づいて、第２スタンド２のロール速度アクチュエータ１２を駆動して、第２スタンド２のワークロール速度を調整することにより、第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0109] このように、板厚制御部は、第３スタンド出側板厚実績値を被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値に一致させるように、第２スタンド２のロール速度アクチュエータ１２で第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0110] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0111] 実施の形態４に係る上流マスフロー制御部７２は、第ｉスタンド（１≦ｉ≦Ｎ－２）の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第ｉスタンドよりも上流に設けられたアクチュエータを制御する。

図８における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第２スタンド２に設けられたロール速度アクチュエータ１２を制御する。

[0112] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５を含む。上流マスフロー制御部７２は、第２速度制御装置６２を含んでもよい。

[0113] 第３スタンド出側板厚目標値演算部８５の処理内容は、上述した図６と同様である。すなわち、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、入力する。第３スタンド出側板厚目標値演算部８５は、最終目標マスフローを、第３スタンド３の出側において計測された被圧延材６の第３スタンド出側速度実績値で除算して新たな第３スタンド出側板厚目標値を算出する。

[0114] 上流マスフロー制御部７２は、ＦＢ制御装置５２（板厚制御部）が用いる予め定めた第３スタンド出側板厚目標値を、新たな第３スタンド出側板厚目標値に更新する。

[0115] ＦＢ制御装置５２は、第３スタンド出側板厚実績値を新たな第３スタンド出側板厚目標値に一致させるＦＢ補正操作量を出力する。第２速度制御装置６２は、ＦＢ補正操作量に基づいて第２スタンド２のロール速度アクチュエータ１２を駆動して、第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0116] 以上説明したように、図８に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第ｉスタンド出側の板厚制御および第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御に、同じアクチュエータ（第ｉ－１スタンドのロール速度アクチュエータ）が用いられる場合に、第ｉスタンド出側のマスフローを最終目標マスフローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0117] 実施の形態５.

図９および図１０を参照して実施の形態５について説明する。

実施の形態５では、第ｉスタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明する。

[0118] 実施の形態５では、実施の形態１～３と異なり、第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御

に用いられるアクチュエータと、は同じである。

[0119] 図９は、第１スタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第１スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

図１０は、第３スタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第３スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。

[0120] ５－１．図９（板厚制御：ロールギャップ ／ 上流マスフロー制御：ロールギャップ）

図９に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。図９に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成（第１スタンド１の出側板厚をロールギャップで制御する板厚制御部（ＦＢ制御装置５１）の構成を含む）については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0121] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0122] 図９における上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド１の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第１スタンド１に設けられたロールギャップアクチュエータ２１を制御する。

[0123] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第１スタンド出側板厚目標値演算部８８を含む。上流マスフロー制御部７２は、第１圧下制御装置９１を含んでもよい。

[0124] 第１スタンド出側板厚目標値演算部８８は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、速度計４１から第１スタンド１の出側における被圧延材６の速度実績値を、入力する。第１スタンド出側板厚目標値演算部８８は、最終目標マスフローを、第１スタンド１の出側において計測された被圧延材６の第１スタンド出側速度実績値で除算して新たな第１スタンド

出側板厚目標値を算出する。

[0125] 上流マスフロー制御部７２は、ＦＢ制御装置５１（板厚制御部）が用いる予め定めた第１スタンド出側板厚目標値を、新たな第１スタンド出側板厚目標値に更新する。

[0126] ＦＢ制御装置５１は、第１スタンド出側板厚実績値を新たな第１スタンド出側板厚目標値に一致させるＦＢ補正操作量を出力する。第１圧下制御装置９１は、ＦＢ補正操作量に基づいて第１スタンド１のロールギャップアクチュエータ２１を駆動して、第１スタンド１の出側板厚を制御する。

[0127] 以上説明したように、図９に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第ｉスタンド出側の板厚制御および第ｉスタンド出側の上流マスフロー制御に、同じアクチュエータ（第ｉスタンドのロールギャップアクチュエータ）が用いられる場合に、第ｉスタンド出側のマスフローを最終目標マスフローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0128] ５－２．図１０（板厚制御：ロールギャップ ／ 上流マスフロー制御：ロールギャップ）

次に、図１０に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図１０は、第３スタンドの出側板厚をロールギャップで板厚制御している場合に、第３スタンドの出側のマスフローをロールギャップで制御するケースについて説明するための図である。図１０に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0129] 図１０に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0130] 図１０を参照して第３スタンド３の出側板厚をロールギャップで板厚制御

する板厚制御部の構成について説明する。

制御装置１０１のＦＢ制御装置５３は、板厚計３３により計測された第３スタンド出側板厚実績値と、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値とを入力する。ＦＢ制御装置５３は、第３スタンド出側板厚実績値と被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値との差にゲイン（係数）を乗算した値に相関するＦＢ補正操作量を出力する。ここで、ゲインは、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値が大きいほど大きく設定される。

[0131] 第３圧下制御装置９３は、ＦＢ制御装置５３から入力したＦＢ補正操作量に基づいて、ロールギャップアクチュエータ２３を駆動して、第３スタンド３の上下ワークロール間のロールギャップを調整することにより、第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0132] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0133] 図１０における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロールギャップアクチュエータ２３を制御する。

[0134] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３圧下制御装置９３を含んでもよい。

[0135] 第３スタンド出側板厚目標値演算部８５の処理内容は、上述した図６と同様である。すなわち、第３スタンド出側板厚目標値演算部８５は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、入力する。第３スタンド出側板厚目標値演算部８５は、最終目標マスフローを、第３スタンドの出側において計測された被圧延材６の第３スタンド出側速度実績値で除算して新

たな第３スタンド出側板厚目標値を算出する。

[0136] 上流マスフロー制御部７２は、ＦＢ制御装置５３（板厚制御部）が用いる予め定めた第３スタンド出側板厚目標値を、新たな第３スタンド出側板厚目標値に更新する。

[0137] ＦＢ制御装置５３は、第３スタンド出側板厚実績値を新たな第３スタンド出側板厚目標値に一致させるＦＢ補正操作量を出力する。第３圧下制御装置９３は、ＦＢ補正操作量に基づいて第３スタンド３のロールギャップアクチュエータ２３を駆動して、第１スタンド１の出側板厚を制御する。

[0138] 以上説明したように、図１０に示すタンデム冷間圧延システムによれば、第ｉスタンド出側における板厚制御および上流マスフロー制御に、同じアクチュエータ（第ｉスタンドのロールギャップアクチュエータ）が用いられる場合に、第ｉスタンド出側のマスフローを最終目標マスフローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0139] 実施の形態６．

図１１および図１２を参照して実施の形態６について説明する。

実施の形態６では、第ｉスタンドの出側板厚を速度で板厚制御している場合に、第ｉスタンドの出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明する。この点、実施の形態４と同じである。しかしながら、実施の形態４では板厚制御の目標値を変更するのに対して、実施の形態６では板厚制御の目標値を変更しない点で異なっている。

[0140] また、実施の形態６では、実施の形態１～３と異なり、第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと第ｉスタンド出側の板厚制御に用いられるアクチュエータと、は同じである。また、板厚制御とマスフロー制御に用いるアクチュエータ（ロール速度）は実施の形態４と同じであるが、実施の形態６では板厚制御とマスフロー制御で用いるアクチュエータのスタンドが異なる。

[0141] 図１１は、第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御している場合に、（板厚制御の目標値を変更しないで）第３スタンド３の出側のマスフローを速度で制御するケースについて説明するための図である。

図１２は、図１１の変形例であり、予め定めた第３スタンド出側板厚目標値の代わりに板厚計３３により計測された第３スタンド出側板厚実績値を代用するケースについて説明するための図である。

[0142] ６－１．図１１（板厚制御：速度　／　上流マスフロー制御：速度）

まず、図１１に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。図１１に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0143] 図１１に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0144] 図１１を参照して第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御する板厚制御部の構成について説明する。

制御装置１０１のＦＢ制御装置５２は、板厚計３３により計測された第３スタンド出側板厚実績値と、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値とを入力する。ＦＢ制御装置５２は、第３スタンド出側板厚実績値と被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値との差にゲイン（係数）を乗算した値に相関するＦＢ補正操作量を出力する。ここで、ゲインは、速度計４３により計測された第３スタンド出側速度実績値が大きいほど大きく設定される。

[0145] 第２速度制御装置６２は、ＦＢ制御装置５２から入力したＦＢ補正操作量に基づいて、第２スタンド２のロール速度アクチュエータ１２を駆動して、第２スタンド２のワークロール速度を調整することにより、第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0146] このように、板厚制御部は、第３スタンド出側板厚実績値を被圧延材６の

製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値に一致させるように、第２スタンド２のロール速度アクチュエータ１２で第３スタンド３の出側板厚を制御する。

[0147] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0148] 図１１における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロール速度アクチュエータ１３を制御する。

[0149] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド出側速度演算部８２、第３スタンド速度操作部８３を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３速度制御装置６３を含んでもよい。

[0150] 第３スタンド出側速度演算部８２の処理内容は、上述した図２と同様である。すなわち、第３スタンド出側速度演算部８２は、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを入力する。第３スタンド出側速度演算部８２は、最終目標マスフローを、被圧延材６の製品仕様に応じて予め定めた第３スタンド出側板厚目標値で除算して第３スタンド出側速度目標値を算出する。

[0151] 第３スタンド速度操作部８３の処理内容は、上述した図２と同様である。すなわち、第３スタンド速度操作部８３は、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、第３スタンド出側速度演算部８２から第３スタンド出側速度目標値を、入力する。第３スタンド速度操作部８３は、第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を第３スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第３スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第３速度制御装置６３へ出力する。第３速度制御装置６３は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュ

エータ１３で第３スタンド３のワークロール速度を制御する。

[0152] 以上説明したように、図１１に示すタンデム冷間圧延システムによれば、板厚制御の目標値を変更しないで第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。上流スタンドの出側のマスフローを早期に調整することで、最終スタンドにおける板厚変動を低減でき、迅速かつ良好に最終スタンドの出側板厚を制御することができる。

[0153] ６－２．図１２（板厚制御：速度 ／ 上流マスフロー制御：速度）

次に、図１２に示すタンデム冷間圧延システムについて説明する。

図１２は、図１１の変形例であり、予め定めた第３スタンド出側板厚目標値の代わりに板厚計３３により計測された第３スタンド出側板厚実績値を代用するケースについて説明するための図である。図１２に示すタンデム冷間圧延機１００および制御装置１０１の基本構成については、図１と同様であるため説明は省略する。

[0154] 図１２に示すタンデム冷間圧延機１００は、板厚計３３、速度計４３を備える。板厚計３３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の板厚を計測する。速度計４３は、第３スタンド３の出側に設けられ、直下を通過した被圧延材６の搬送速度を計測する。

[0155] 第３スタンド３の出側板厚を速度で板厚制御する板厚制御部の構成および処理内容については、上述した図１１と同様であるため説明は省略する。

[0156] 制御装置１０１の特徴である上流マスフロー制御について説明する。制御装置１０１は、上流スタンド制御装置７０を含む。上流スタンド制御装置７０は、最終目標マスフロー演算部７１、上流マスフロー制御部７２を含む。最終目標マスフロー演算部７１の処理内容は、上述した図１と同様である。

[0157] 図１２における上流マスフロー制御部７２は、第３スタンド３の出側マスフローを最終目標マスフローと一致させるように、第３スタンド３に設けられたロール速度アクチュエータ１３を制御する。

[0158] 上流マスフロー制御部７２の処理について具体的に説明する。上流マスフ

ロー制御部７２は、第３スタンド出側速度演算部８２ａ、第３スタンド速度操作部８３を含む。上流マスフロー制御部７２は、第３速度制御装置６３を含んでもよい。

[0159] 第３スタンド出側速度演算部８２ａの処理内容は、上述した図４と同様である。すなわち、第３スタンド出側速度演算部８２ａは、最終目標マスフロー演算部７１から最終目標マスフローを、板厚計３３から第３スタンド出側板厚実績値を、入力する。第３スタンド出側速度演算部８２ａは、最終目標マスフローを、第３スタンド３の出側において計測された第３スタンド出側板厚実績値で除算して第３スタンド出側速度目標値を算出する。

[0160] 第３スタンド速度操作部８３の処理内容は、上述した図２（図１１）と同様である。すなわち、第３スタンド速度操作部８３は、速度計４３から第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を、第３スタンド出側速度演算部８２ａから第３スタンド出側速度目標値を、入力する。第３スタンド速度操作部８３は、第３スタンド３の出側における被圧延材６の速度実績値を第３スタンド出側速度目標値に一致させるように、当該速度実績値と第３スタンド出側速度目標値との差に相当する補正操作量を第３速度制御装置６３へ出力する。第３速度制御装置６３は、当該補正操作量に応じてロール速度アクチュエータ１３で第３スタンド３のワークロール速度を制御する。

[0161] 以上説明したように、図１２に示すタンデム冷間圧延システムによれば、上述した図１１と同様に、第３スタンド３の出側のマスフローを第５スタンド５の出側の最終目標マスフローに一致させることができる。そのため、同様の効果を発揮することができる。

[0162] ＜ハードウェア構成例＞

図１３は、上述した各実施の形態における制御装置１０１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。制御装置の機能は処理回路により実現される。一態様として、処理回路は、少なくとも１つのプロセッサ１１１と少なくとも１つのメモリ１１２とを備える。他の態様として、処理回路は、少なくとも１つの専用のハードウェア１１３を備える。

[0163] 処理回路がプロセッサ１１１とメモリ１１２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１１２に格納される。プロセッサ１１１は、メモリ１１２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。

[0164] 処理回路が専用のハードウェア１１３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、又はこれらを組み合わせたものである。各機能は処理回路で実現される。

[0165] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。上述した実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数にこの発明が限定されるものではない。また、上述した実施の形態において説明する構造等は、特に明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、この発明に必ずしも必須のものではない。

符号の説明

[0166] １　第１スタンド
２　第２スタンド
３　第３スタンド
４　第４スタンド
５　第５スタンド
６　被圧延材
１１～１４　ロール速度アクチュエータ
２１，２３　ロールギャップアクチュエータ
３０，３１，３３，３５　板厚計

４０，４１，４３，４５　速度計

５０　ＦＦ制御装置

５１～５４　ＦＢ制御装置

６１　第１速度制御装置

６２　第２速度制御装置

６３　第３速度制御装置

６４　第４速度制御装置

７０　上流スタンド制御装置

７１　最終目標マスフロー演算部

７２　上流マスフロー制御部

８０，８０ａ　第１スタンド出側速度演算部

８１　第１スタンド速度操作部

８２，８２ａ　第３スタンド出側速度演算部

８３　第３スタンド速度操作部

８４　第３スタンドゲージメータ板厚演算部

８５　第３スタンド出側板厚目標値演算部

８６，８６ａ　第３スタンド圧下操作量演算部

８７　第３スタンド圧下操作部

８８　第１スタンド出側板厚目標値演算部

９１　第１圧下制御装置

９３　第３圧下制御装置

１００　タンデム冷間圧延機

１０１　制御装置

１１１　プロセッサ

１１２　メモリ

１１３　ハードウェア

請求の範囲

[請求項1] Ｎ（Ｎ≧３）基の圧延スタンドを有し、被圧延材を連続圧延するタンデム圧延システムであって、

最終スタンドである第Ｎスタンドの出側において計測された前記被圧延材の速度実績値と、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた最終スタンド出側板厚目標値とを乗算して、前記最終スタンドの出側マスフローである最終目標マスフローを算出する最終目標マスフロー演算部と、

第ｉスタンド（１≦ｉ≦Ｎ－２）の出側マスフローを前記最終目標マスフローと一致させるように、前記第ｉスタンドに設けられたアクチュエータまたは前記第ｉスタンドよりも上流に設けられたアクチュエータを制御する上流マスフロー制御部と、

を備えることを特徴とするタンデム圧延システム。

[請求項2] 前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ワークロール速度を制御するロール速度アクチュエータを含み、

前記上流マスフロー制御部は、

前記最終目標マスフローを、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値または前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値で除算して第ｉスタンド出側速度目標値を算出し、

前記第ｉスタンドの出側における前記被圧延材の速度実績値を前記第ｉスタンド出側速度目標値に一致させるように、前記ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドのワークロール速度を制御すること、

を特徴とする請求項１に記載のタンデム圧延システム。

[請求項3] 前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータをさらに含み、

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を

前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部、を備えること、

を特徴とする請求項２に記載のタンデム圧延システム。

[請求項4] 前記第ｉスタンド出側板厚実績値は、前記第ｉスタンドにおけるロールギャップ実績値および圧延荷重実績値に基づいて計算されたゲージメータ板厚であること、

を特徴とする請求項２又は３に記載のタンデム圧延システム。

[請求項5] 前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータを含み、

前記上流マスフロー制御部は、

前記最終目標マスフローを、前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出し、

前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値を、前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドのロールギャップを制御すること、

を特徴とする請求項１に記載のタンデム圧延システム。

[請求項6] 前記第ｉスタンド出側板厚実績値は、前記第ｉスタンドにおけるロールギャップ実績値および圧延荷重実績値に基づいて計算されたゲージメータ板厚であること、

を特徴とする請求項５に記載のタンデム圧延システム。

[請求項7] 前記第ｉスタンドよりも上流に設けられた前記アクチュエータは、第ｉ－１スタンド（２≦ｉ≦Ｎ－２）に設けられたワークロール速度を制御するロール速度アクチュエータを含み、

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目

標値に一致させるように、前記第ｉ－１スタンドの前記ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備え、

前記上流マスフロー制御部は、

前記最終目標マスフローを前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出し、

前記板厚制御部が用いる前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値を前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に更新すること、

を特徴とする請求項１に記載のタンデム圧延システム。

[請求項8] 前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ロールギャップを制御するロールギャップアクチュエータをさらに含み、

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値と一致させるように、前記第ｉスタンドの前記ロールギャップアクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備え、

前記上流マスフロー制御部は、

前記最終目標マスフローを前記第ｉスタンドの出側において計測された前記被圧延材の第ｉスタンド出側速度実績値で除算して新たな第ｉスタンド出側板厚目標値を算出し、

前記板厚制御部が用いる前記予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値を前記新たな第ｉスタンド出側板厚目標値に更新すること、

を特徴とする請求項１に記載のタンデム圧延システム。

[請求項9] 前記第ｉスタンドに設けられた前記アクチュエータは、ワークロール速度を制御する第ｉロール速度アクチュエータを含み、

前記第ｉスタンドよりも上流に設けられた前記アクチュエータは、第ｉ－１スタンド（２≦ｉ≦Ｎ－２）に設けられたワークロール速度

を制御する第ｉ－１ロール速度アクチュエータを含み、

前記タンデム圧延システムは、前記第ｉスタンド出側板厚実績値を前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値に一致させるように、前記第ｉ－１ロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドの出側板厚を制御する板厚制御部をさらに備え、

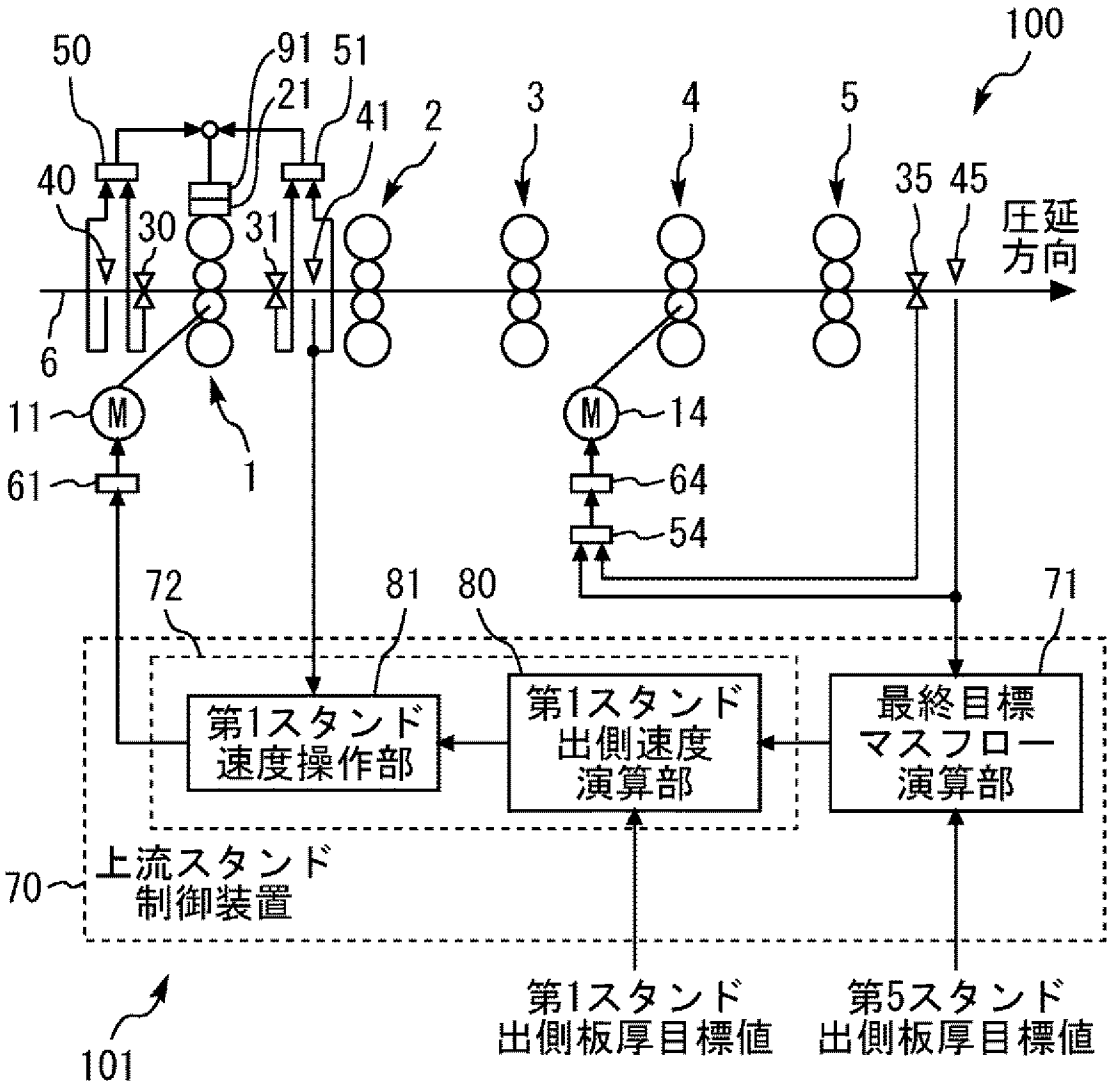
前記上流マスフロー制御部は、

前記最終目標マスフローを、前記被圧延材の製品仕様に応じて予め定めた第ｉスタンド出側板厚目標値または前記第ｉスタンドの出側において計測された第ｉスタンド出側板厚実績値で除算して第ｉスタンド出側速度目標値を算出し、

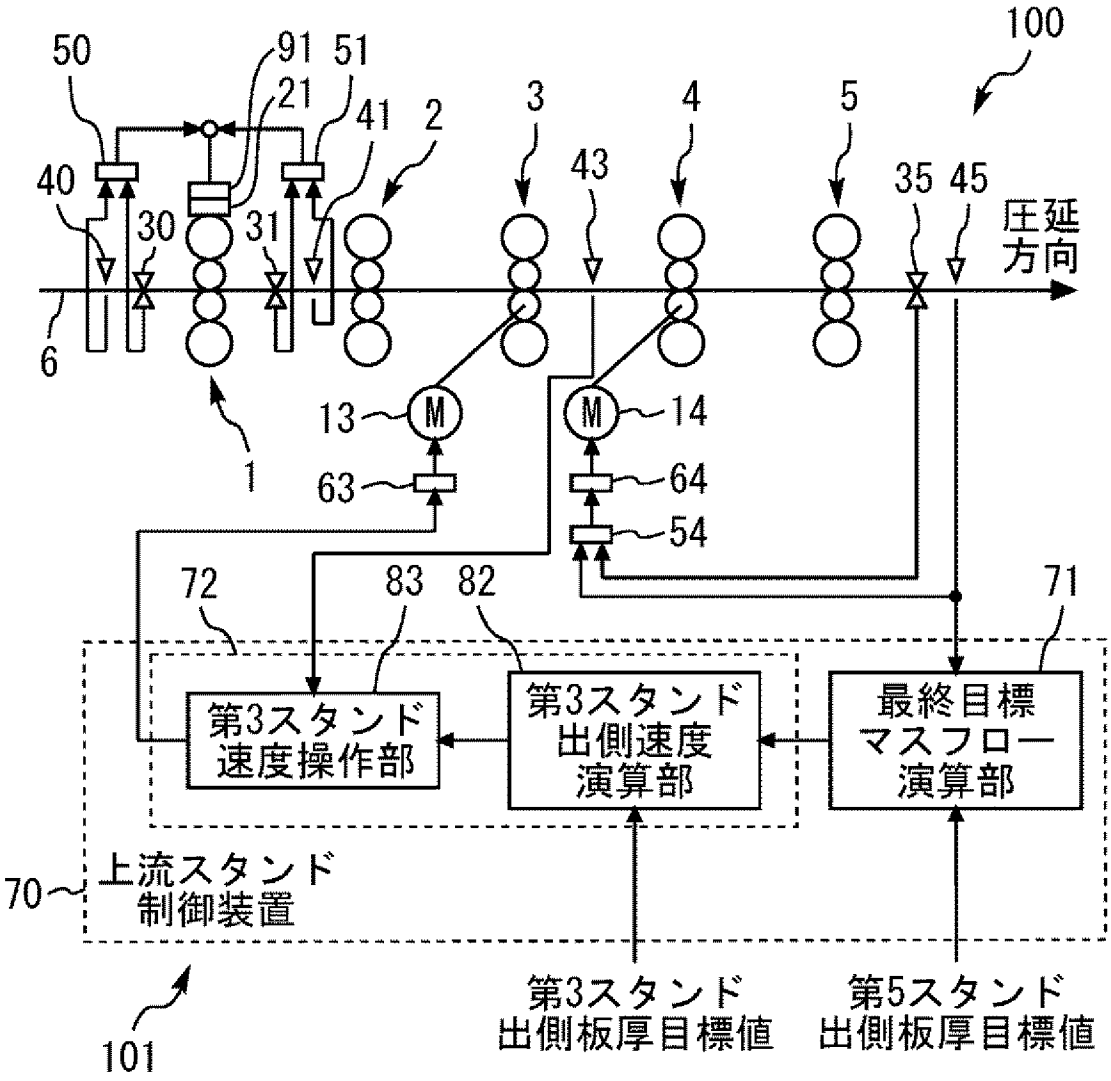
前記第ｉスタンドの出側における前記被圧延材の速度実績値を前記第ｉスタンド出側速度目標値に一致させるように、前記第ｉロール速度アクチュエータで前記第ｉスタンドのワークロール速度を制御すること、

を特徴とする請求項１に記載のタンデム圧延システム。

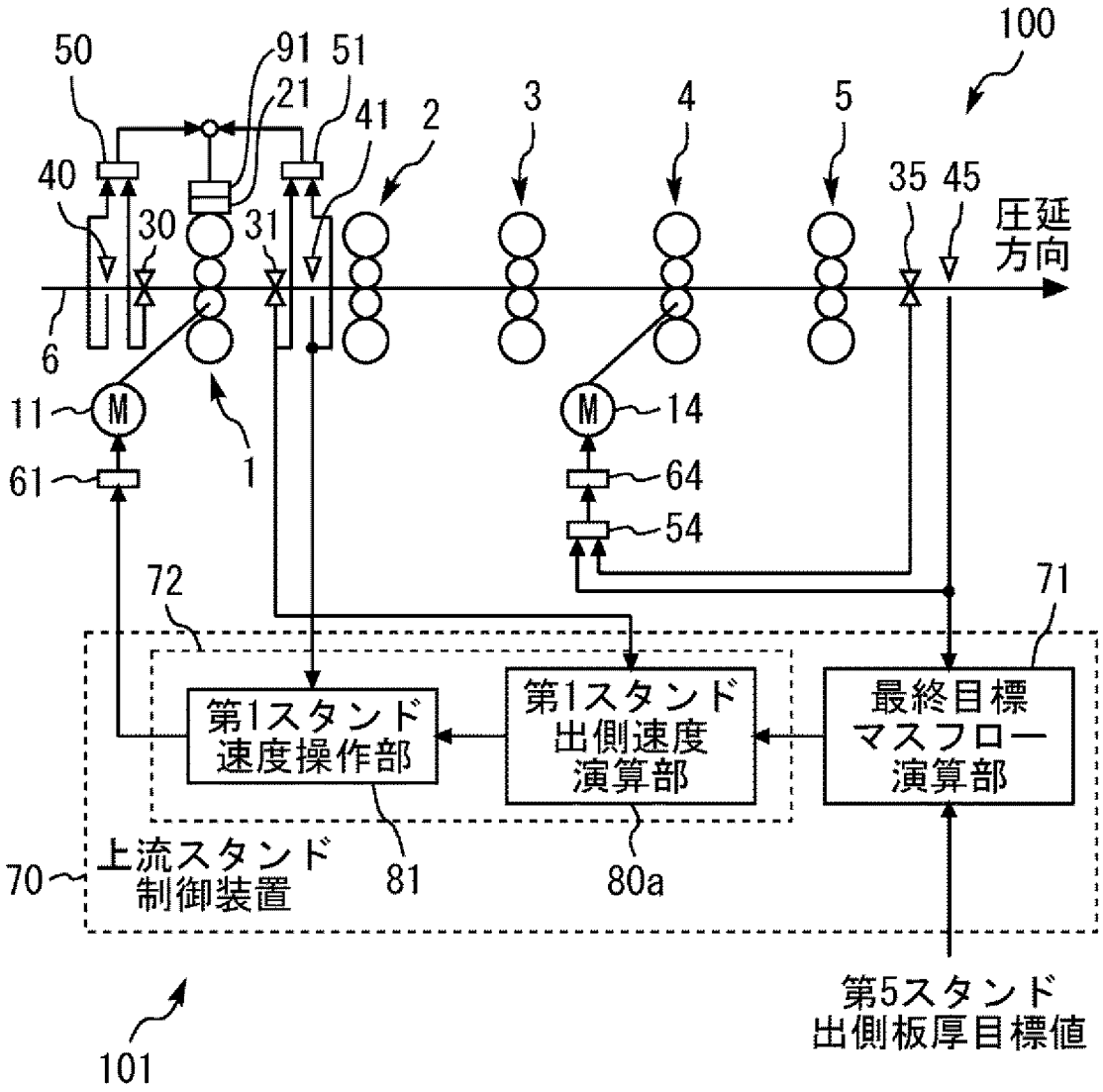
[図1]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
35
45
圧延方向
40
30
31
6
11
M
1
61
M
14
64
54
72
81
80
71
第1スタンド速度操作部
第1スタンド出側速度演算部
最終目標マスフロー演算部
70
上流スタンド制御装置
101
第1スタンド出側板厚目標値
第5スタンド出側板厚目標値

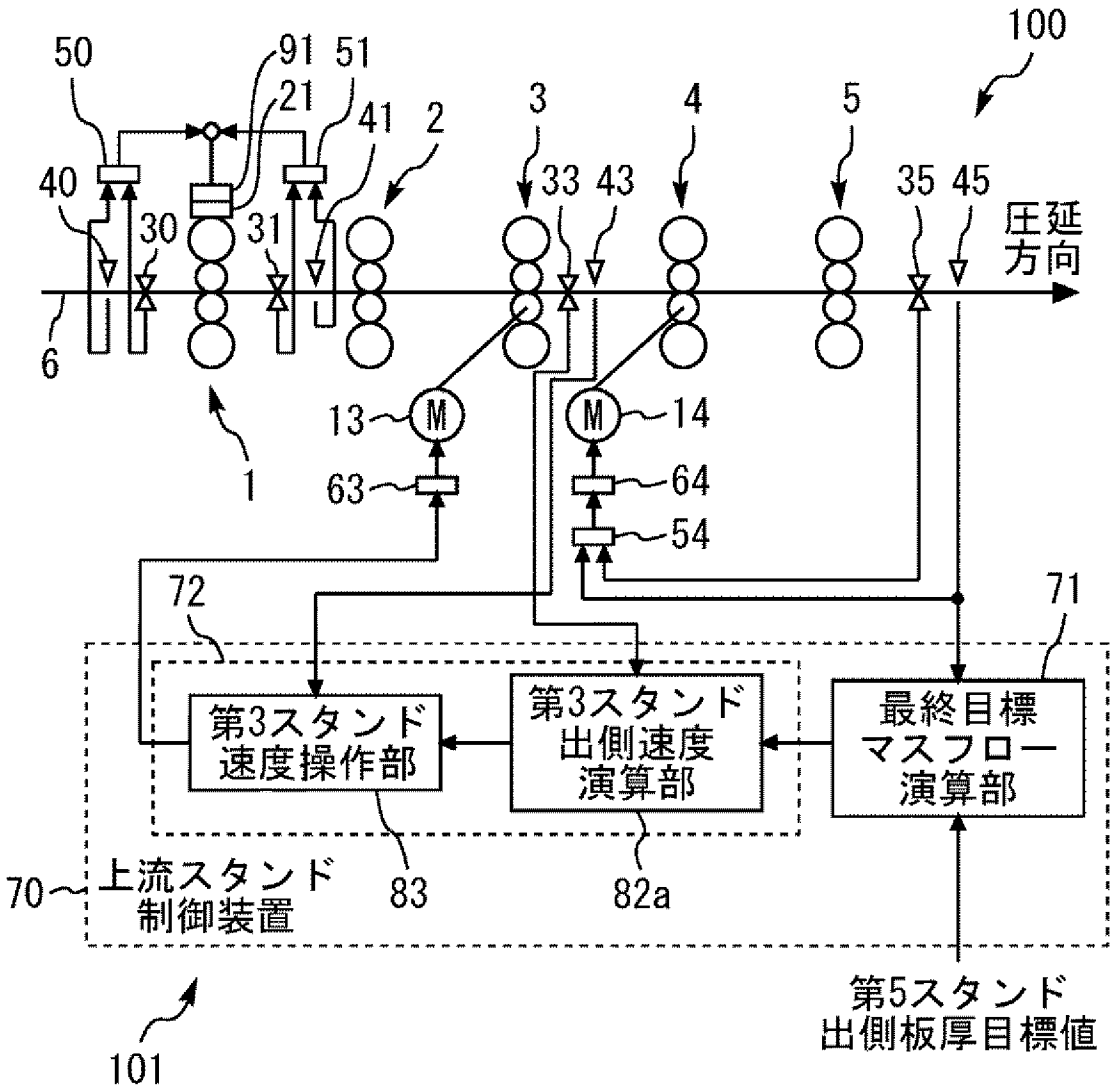
[図2]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
40
30
31
43
35
45
圧延
方向
6
1
13
M
63
M
14
64
54
72
83
82
71
第3スタンド
速度操作部
第3スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
101
第3スタンド
出側板厚目標値
第5スタンド
出側板厚目標値

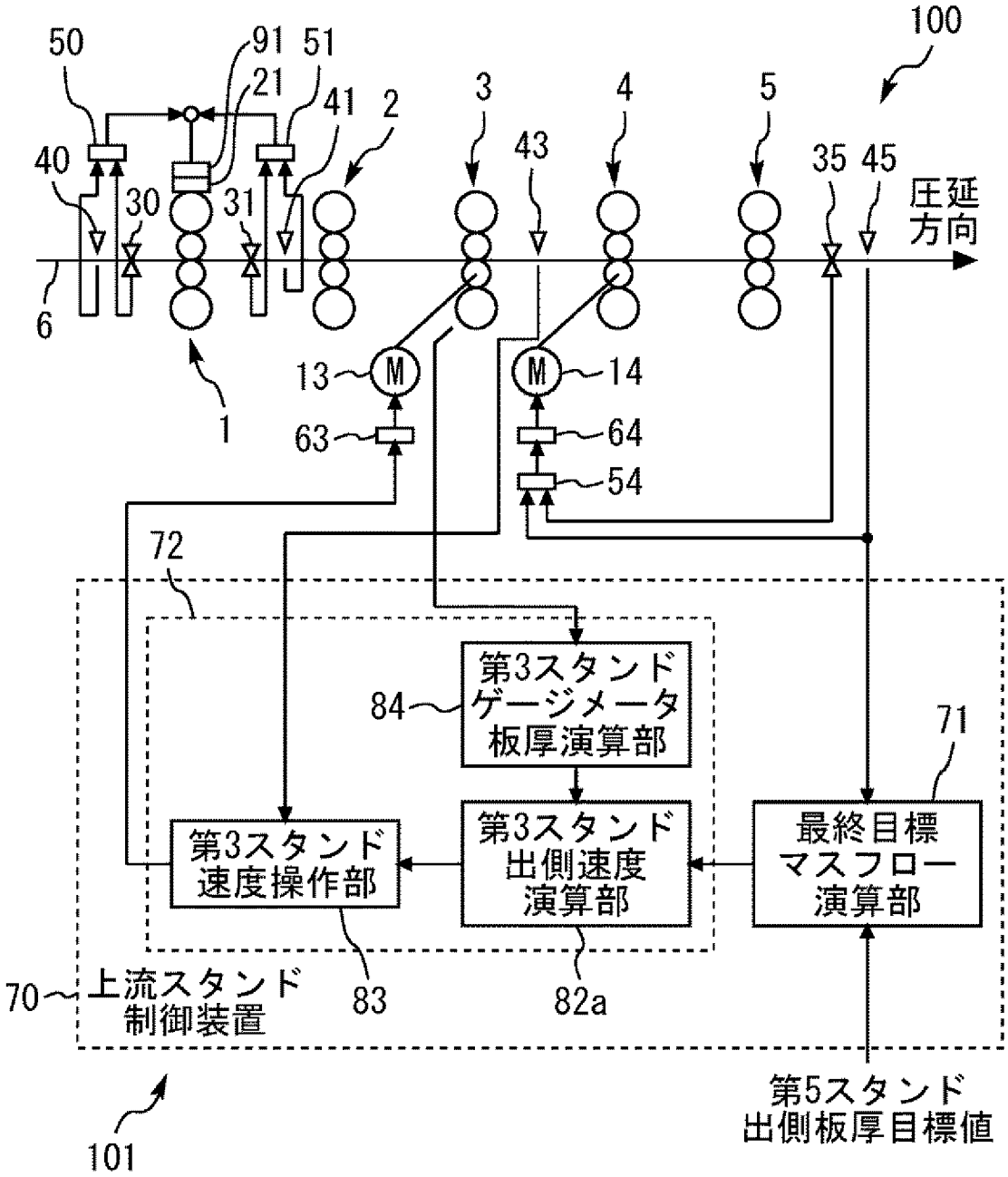
[図3]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
40
30
31
35
45
圧延
方向
6
11
M
1
M
14
61
64
54
72
71
第1スタンド
速度操作部
第1スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
81
80a
第5スタンド
出側板厚目標値
101

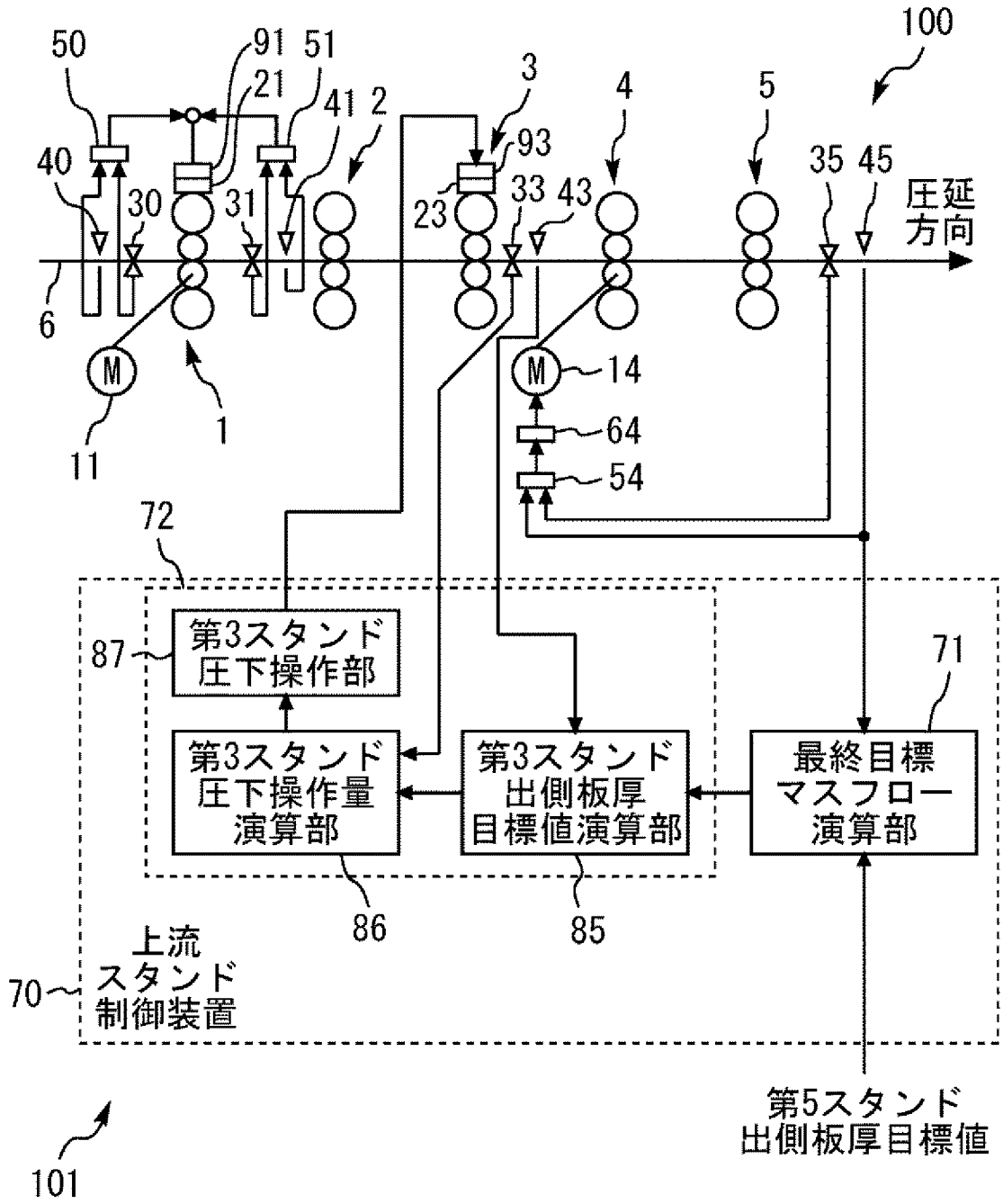
[図4]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
40
30
31
33
43
35
45
圧延
方向
6
1
13
M
63
M
14
64
54
72
71
第3スタンド
速度操作部
第3スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
83
82a
第5スタンド
出側板厚目標値
101

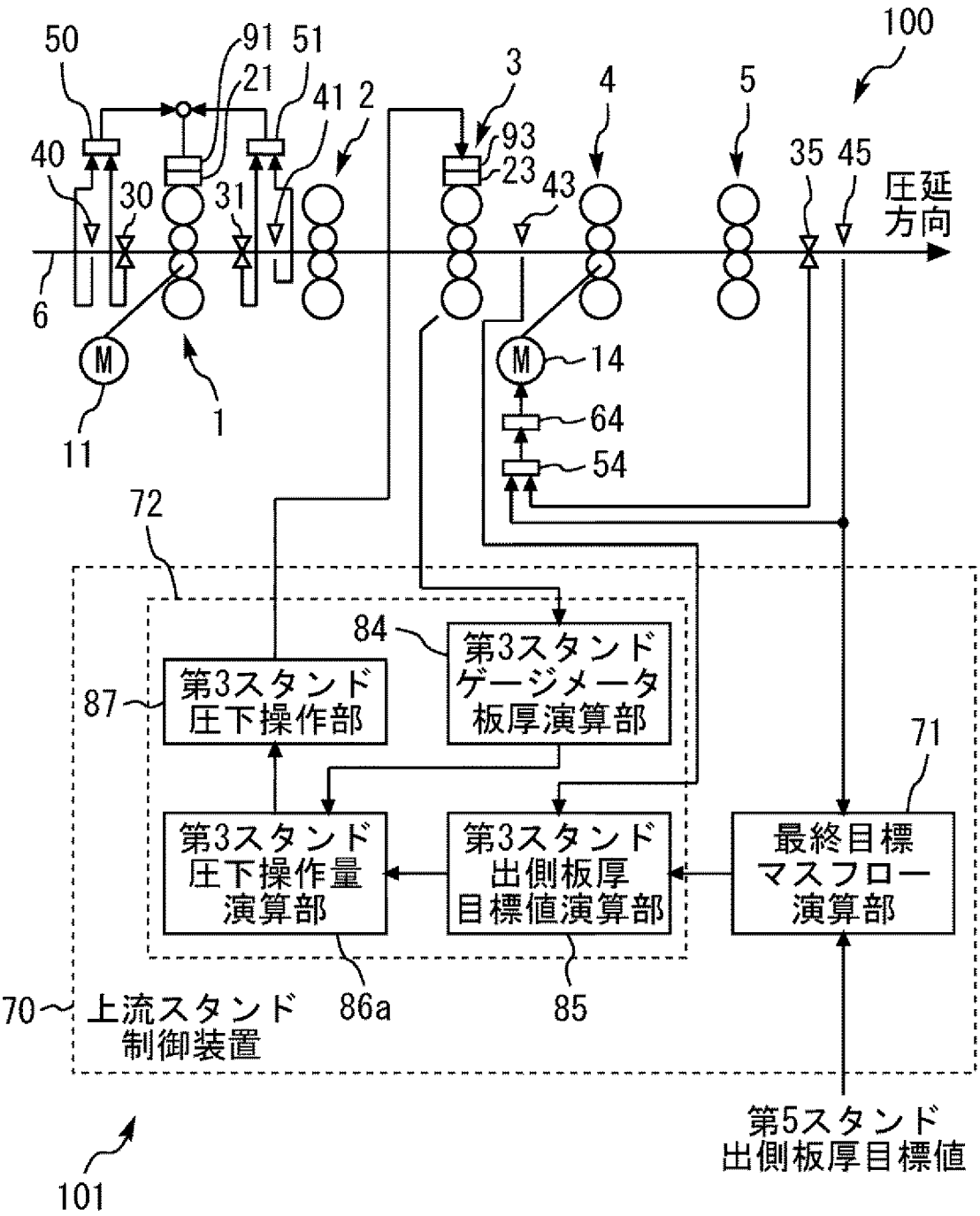
[図5]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
40
30
31
43
35
45
圧延
方向
6
1
13
M
14
63
64
54
72
第3スタンド
ゲージメータ
板厚演算部
84
71
第3スタンド
速度操作部
第3スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
83
82a
第5スタンド
出側板厚目標値
101

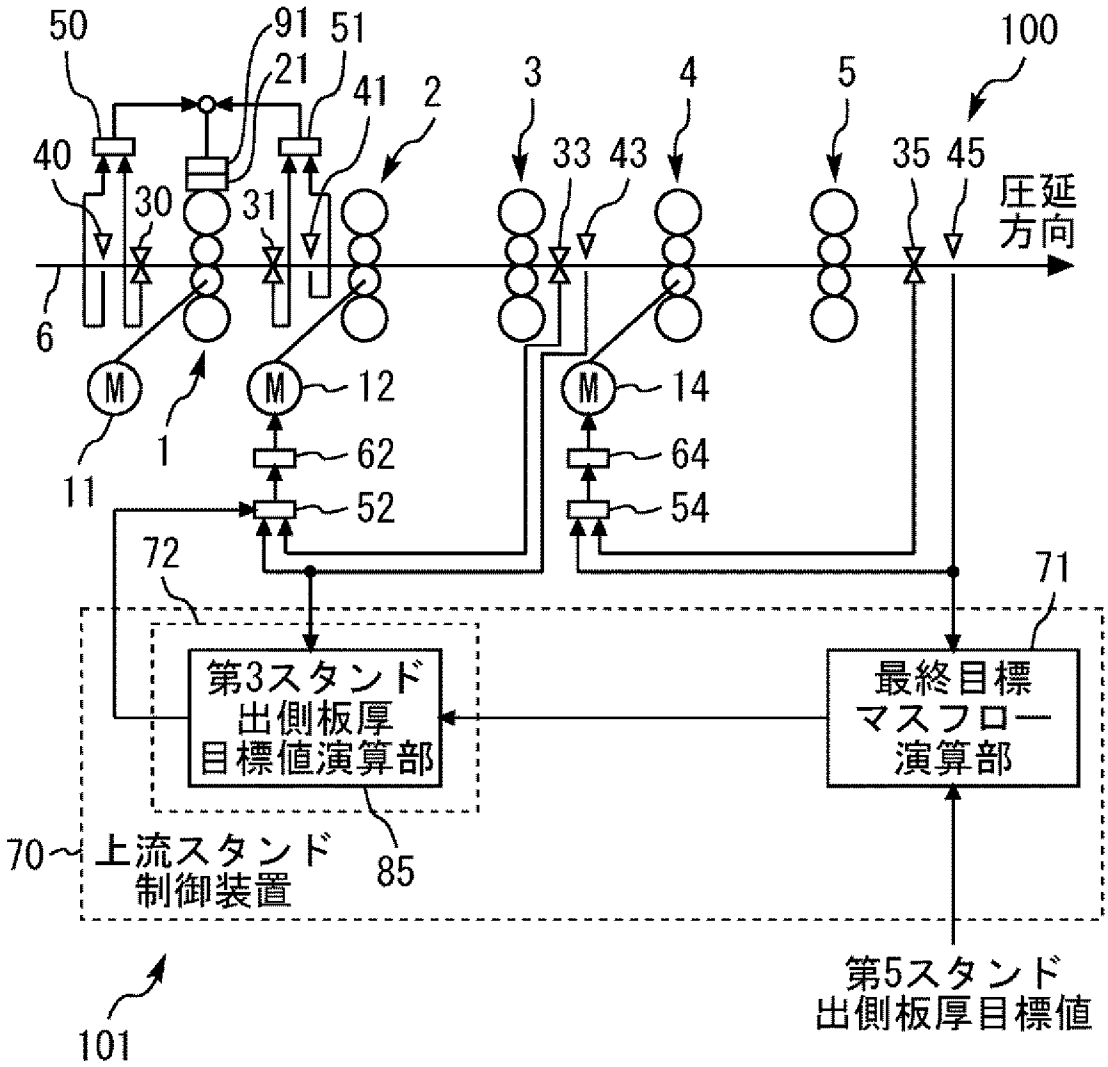
[図6]


100
50
91
51
21
41
2
3
4
5
40
30
31
93
23
33
43
35
45
圧延
方向
6
M
11
1
M
14
64
54
72
87
第3スタンド
圧下操作部
71
第3スタンド
圧下操作量
演算部
第3スタンド
出側板厚
目標値演算部
最終目標
マスフロー
演算部
86
85
上流
スタンド
制御装置
70
第5スタンド
出側板厚目標値
101

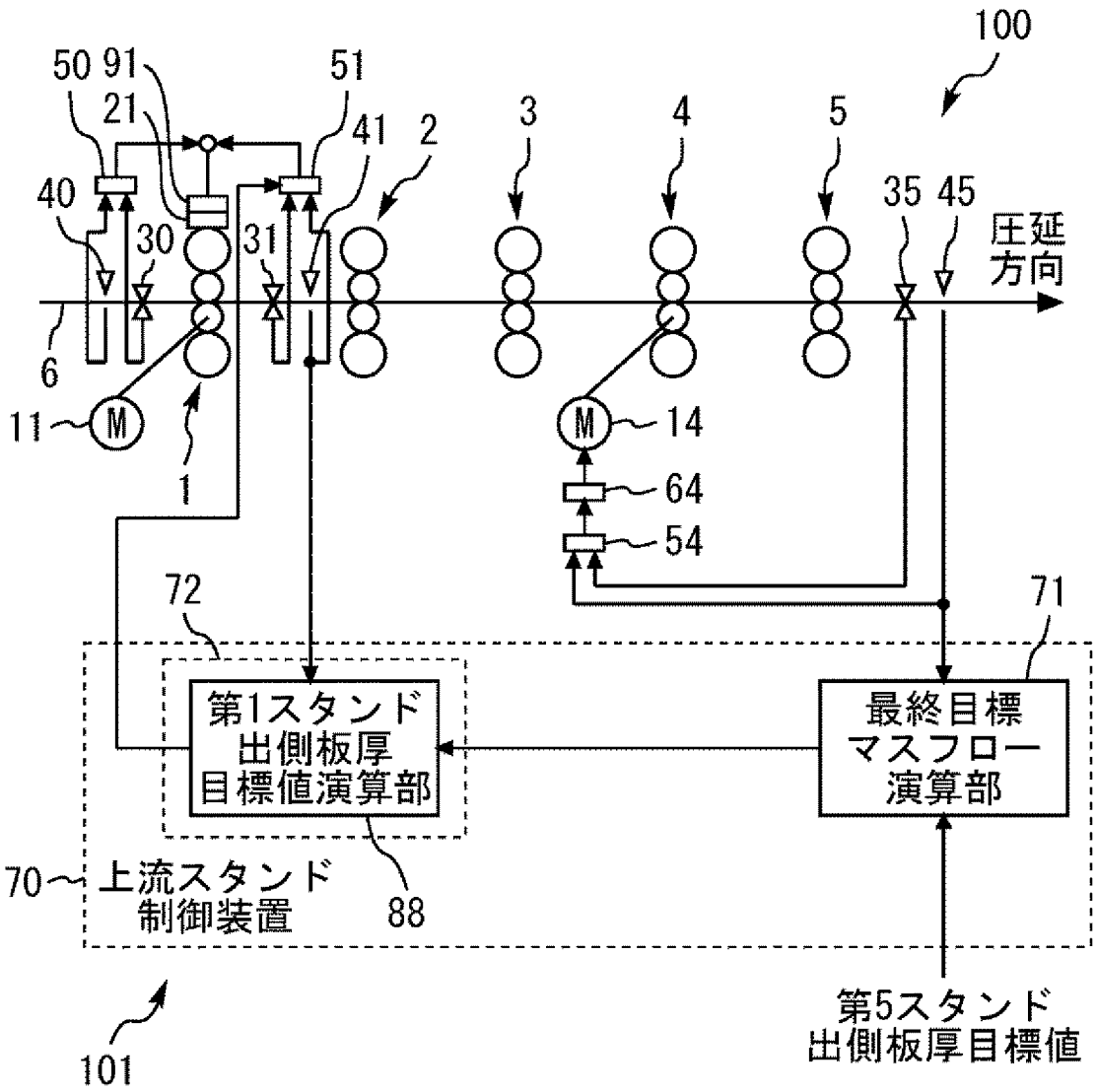
[図7]


50
91
51
21
41
2
3
4
5
100
40
93
23
35
45
30
31
43
圧延
方向
6
M
14
64
54
11
1
72
84
第3スタンド
ゲージメータ
板厚演算部
87
第3スタンド
圧下操作部
71
第3スタンド
圧下操作量
演算部
第3スタンド
出側板厚
目標値演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
86a
85
第5スタンド
出側板厚目標値
101

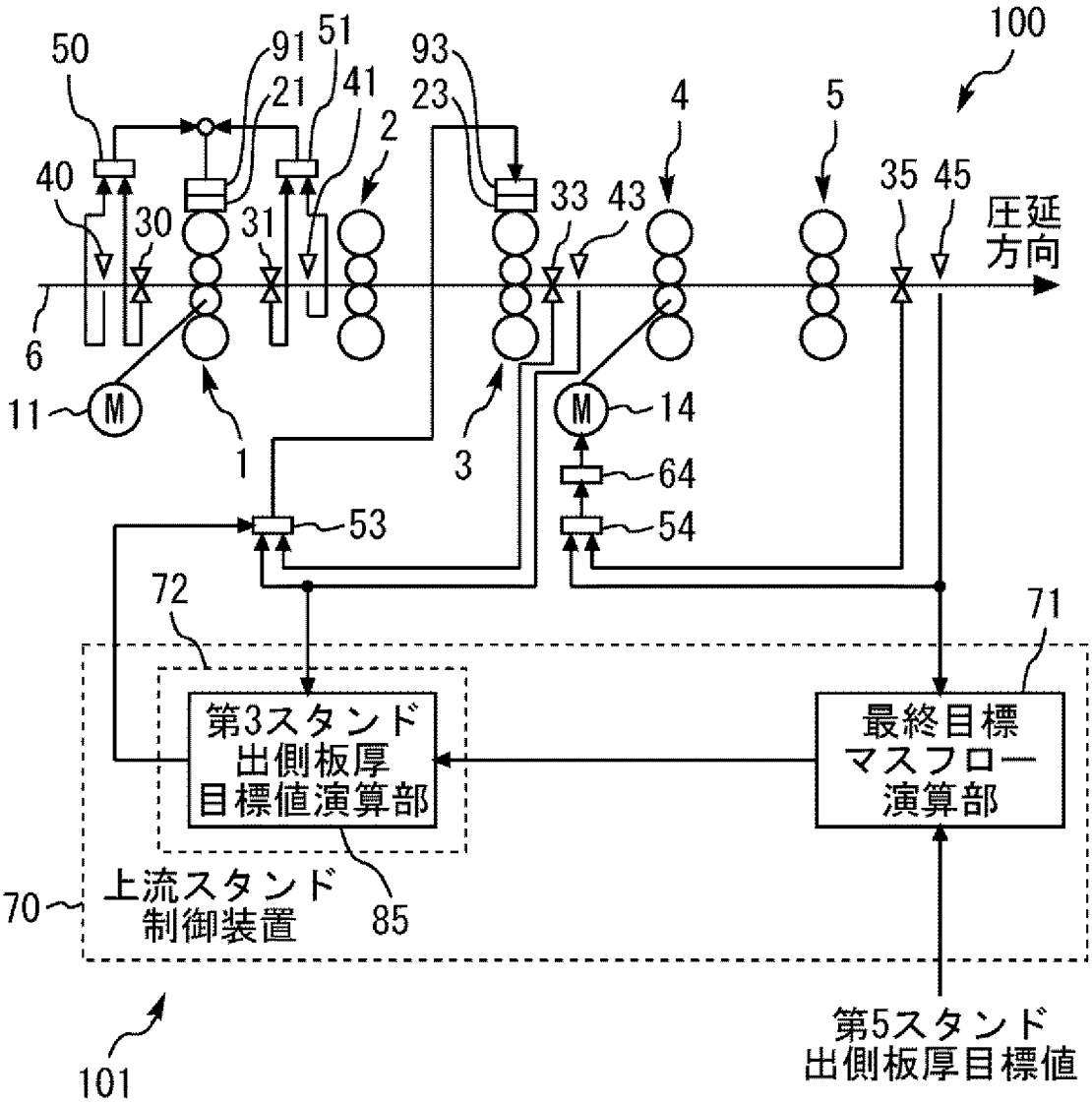
[図8]


50
91
51
21
41
2
3
4
5
100
40
30
31
33
43
35
45
圧延
方向
6
M
11
1
M
12
62
52
M
14
64
54
72
71
第3スタンド
出側板厚
目標値演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
85
101
第5スタンド
出側板厚目標値

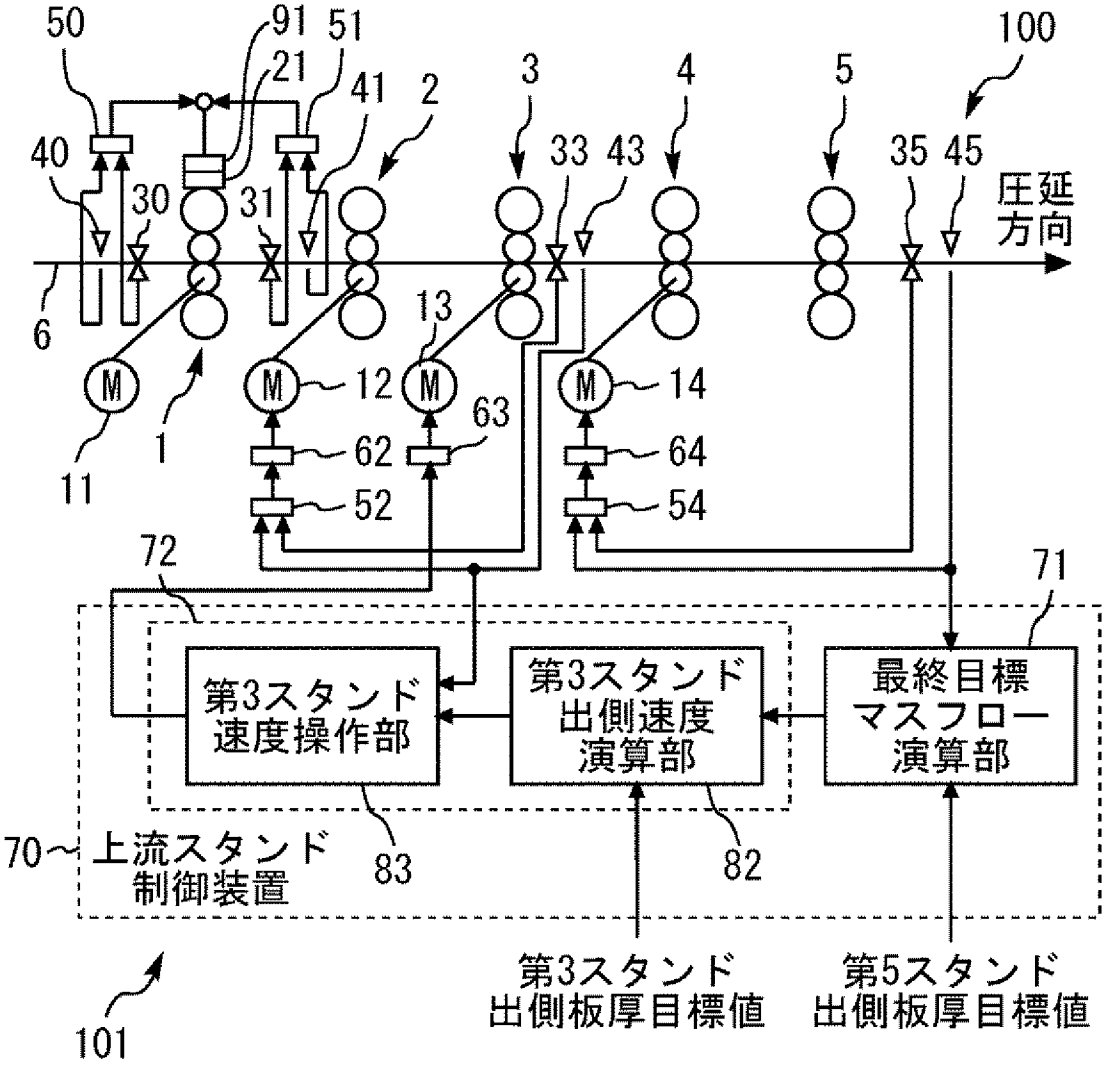
[図9]


100
50
91
21
51
41
2
3
4
5
40
30
31
35
45
圧延
方向
6
11
M
1
M
14
64
54
72
71
第1スタンド
出側板厚
目標値演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
88
101
第5スタンド
出側板厚目標値

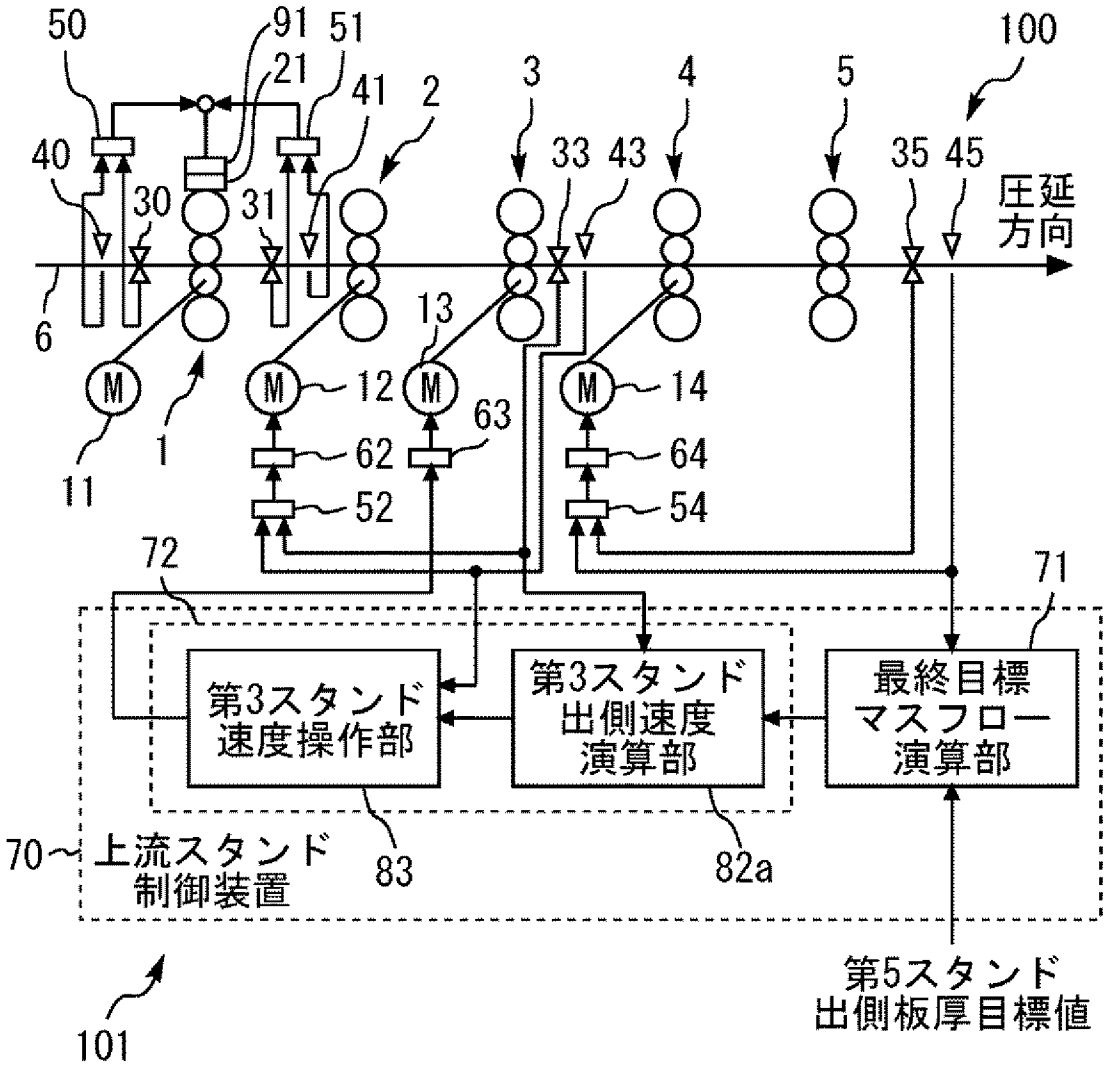
[図10]


100
50
91
51
93
21
41
23
2
4
5
40
30
31
33
43
35
45
圧延
方向
6
11
M
1
3
M
14
64
54
53
72
71
第3スタンド
出側板厚
目標値演算部
最終目標
マスフロー
演算部
上流スタンド
制御装置
85
70
101
第5スタンド
出側板厚目標値

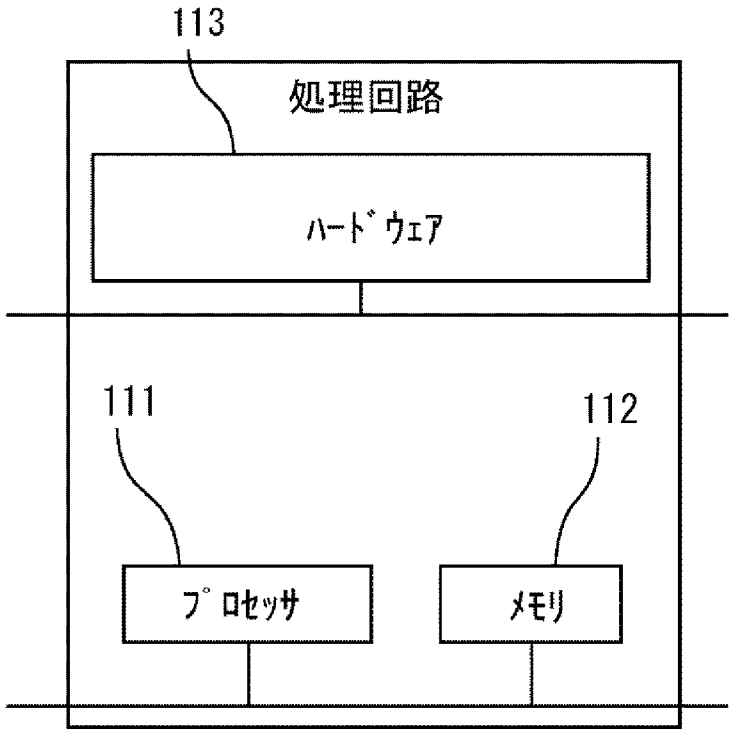
[図11]


50
91
51
21
41
2
3
4
5
100
40
30
31
33
43
35
45
圧延
方向
6
13
M
12
63
14
11
1
62
64
52
54
72
71
第3スタンド
速度操作部
第3スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
83
82
第3スタンド
出側板厚目標値
第5スタンド
出側板厚目標値
101

[図12]


50
91
51
21
41
2
3
4
5
100
40
30
31
33
43
35
45
圧延
方向
6
13
M
12
14
63
62
64
52
54
11
1
72
71
第3スタンド
速度操作部
第3スタンド
出側速度
演算部
最終目標
マスフロー
演算部
70
上流スタンド
制御装置
83
82a
第5スタンド
出側板厚目標値
101

[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/006245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B 37/00(2006.01)i; ***B21B 37/18***(2006.01)i; ***B21B 37/20***(2006.01)i; ***B21B 37/46***(2006.01)i
FI: B21B37/20 110Z; B21B37/46 111; B21B37/18 110Z; B21B37/18 120Z; B21B37/00 221Z

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)

B21B37/00; B21B37/18; B21B37/20; B21B37/46

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	JP 2016-043360 A (HITACHI LTD) 04 April 2016 (2016-04-04) claims 1-8, paragraphs [0015]-[0083], fig. 1-11	1-2, 7, 9
Y		3-6, 8
Y	JP 06-142739 A (HITACHI LTD) 24 May 1994 (1994-05-24) claims 1-5, paragraphs [0008]-[0054], fig. 1	3-6, 8
Y	JP 11-319924 A (SUMITOMO METAL IND LTD) 24 November 1999 (1999-11-24) claims 1-6, paragraphs [0008]-[0043], fig. 1-6	3-6, 8
A	JP 09-057317 A (HITACHI LTD) 04 March 1997 (1997-03-04) entire text	1-9
A	JP 05-015918 A (NIPPON STEEL CORP) 26 January 1993 (1993-01-26) entire text	1-9

☐ 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
11 March 2022	**22 March 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/006245

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2016-043360 A	04 April 2016	CN 105363797 A	
JP 06-142739 A	24 May 1994	(Family: none)	
JP 11-319924 A	24 November 1999	(Family: none)	
JP 09-057317 A	04 March 1997	(Family: none)	
JP 05-015918 A	26 January 1993	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/006245

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B21B 37/00(2006.01)i; B21B 37/18(2006.01)i; B21B 37/20(2006.01)i; B21B 37/46(2006.01)i
FI: B21B37/20 110Z; B21B37/46 111; B21B37/18 110Z; B21B37/18 120Z; B21B37/00 221Z

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））

B21B37/00; B21B37/18; B21B37/20; B21B37/46

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
X	JP 2016-043360 A (株式会社日立製作所) 04.04.2016 (2016-04-04) 請求項1-8, 段落[0015]-[0083], 図1-11	1-2,7,9
Y		3-6,8
Y	JP 06-142739 A (株式会社日立製作所) 24.05.1994 (1994-05-24) 請求項1-5, 段落[0008]-[0054], 図1	3-6,8
Y	JP 11-319924 A (住友金属工業株式会社) 24.11.1999 (1999-11-24) 請求項1-6, 段落[0008]-[0043], 図1-6	3-6,8
A	JP 09-057317 A (株式会社日立製作所) 04.03.1997 (1997-03-04) 全文	1-9
A	JP 05-015918 A (新日本製鐵株式会社) 26.01.1993 (1993-01-26) 全文	1-9

☐ 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抵触するものではなく、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
11.03.2022	22.03.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中西　哲也 4E 1191

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/006245

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-043360 A	04.04.2016	CN 105363797 A	
JP 06-142739 A	24.05.1994	（ファミリーなし）	
JP 11-319924 A	24.11.1999	（ファミリーなし）	
JP 09-057317 A	04.03.1997	（ファミリーなし）	
JP 05-015918 A	26.01.1993	（ファミリーなし）	