(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
2018年11月1日(01.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/199193 A1

(51) 国際特許分類:
B21B 37/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/016878

(22) 国際出願日： 2018年4月25日(25.04.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-086112 2017年4月25日(25.04.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社ＵＡＣＪ (**UACJ CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目７番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 堂前 行宏 (**DOHMAE, Yukihiro**); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目７番２号 株式会社ＵＡＣＪ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 名古屋国際特許業務法人 (**NAGOYA INTERNATIONAL PATENT FIRM**); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目２０番１９号 名神ビル Aichi (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, JO, KE, KG, KH, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

(54) **Title:** PLATE THICKNESS CONTROL METHOD BY CONTINUOUS ROLLING MILL

(54) 発明の名称： 連続圧延機による板厚制御方法

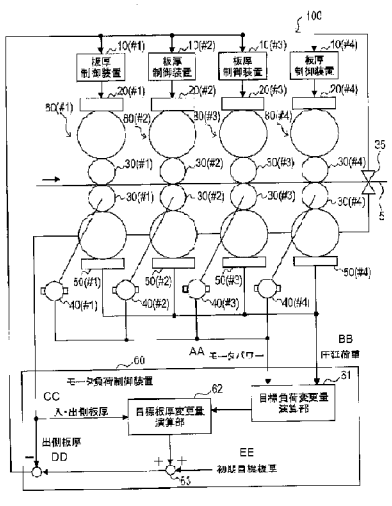


FIG. 1

10(#1), 10(#2), 10(#3), 10(#4) Plate thickness control device
60 Motor load control device
61 Target load change amount calculation unit
62 Target plate thickness change amount calculation unit
AA Motor power
BB Rolling load
CC Entry/exit-side plate thickness
DD Exit-side plate thickness
EE Initial target plate thickness

(57) **Abstract:** In a plate thickness control method by a continuous rolling mill according to one aspect of the present disclosure, in order that load margin values which are differences between loads at the time of rolling and load upper limit values, for respective rolling mills in a continuous rolling mill are brought closer to each other, target plate thicknesses are adjusted within a change limitation range, and target plate thicknesses of other rolling mills, except the most downstream rolling mill of a plurality of rolling mills, are set. Each of the load margin values is a difference between a load at the time of rolling and a load upper limit value. Each of the target plate thicknesses is a target value for an exit-side plate thickness. The change limitation range is set in advance with respect to the target plate thicknesses.

(57) 要約：本開示の１つの局面における連続圧延機による板厚制御方法は、連続圧延機に含まれる圧延機ごとの圧延時負荷と負荷上限値との差である負荷余裕値が、互いに近づくように、目標板厚を変更制限の範囲内で調整して、複数の圧延機のうちの最下流の圧延機を除く他の圧延機の目標板厚を設定する。負荷余裕値は、圧延時負荷と負荷上限値との差である。目標板厚保は、出側板厚の目標値である。変更制限の範囲は、目標板厚に対して予め設定されている。

WO 2018/199193 A1

［続葉有］

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)）

明　細　書

発明の名称 ： 連続圧延機による板厚制御方法

関連出願の相互参照

[0001] 本国際出願は、日本国特許庁に出願された日本国特許出願第２０１７－０８６１１２号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願第２０１７－０８６１１２号の全内容を本国際出願に参照により援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、複数の圧延機を有する連続圧延機において、目標とする製品板厚の圧延材を得られるように、各圧延機の出側板厚を制御する板厚制御の技術である。

背景技術

[0003] 圧延工程において、板厚は製品の品質上で重要な管理項目の１つである。２機以上の圧延機群を含む連続圧延機においては、各圧延機の出側板厚に対して目標板厚が設定され、板厚制御が行われている。

[0004] しかしながら、圧延状況や材料温度の変化などによって、圧延中に特定の圧延機に負荷が集中する場合がある。特定の圧延機に負荷が集中すると、圧延機の負荷を軽減するための調整による効率の低下や、負荷が許容値を超えることによる圧延の中止などのトラブルが発生することがあった。

[0005] 下記の特許文献１には、各圧延機の圧延時負荷と各圧延機に対して設定された負荷上限値との差がすべて等しくなるように、各圧延機の出側板厚に対して目標板厚を設定して、過負荷を抑制する技術が開示されている。また、下記の特許文献２には、各圧延機の圧延時負荷を監視し、圧延時負荷が負荷上限値を超える場合には、圧延時負荷が負荷上限値以下になるように、一つ上流側の圧延機の目標板厚を補正する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平１１－７７１２６号公報

特許文献2：特許第３４８１７８０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、目標板厚の変更量が大きすぎると、板面品質へ望ましくない影響を及ぼすため、目標板厚の変更量に制限を加えることが望まれる。しかしながら、本発明者は、特許文献１の技術を適用して設定された目標板厚に対して、単に変更量を制限するだけでは、適切な目標板厚が設定できず、かえって圧延機の負荷を増大させることがあるとの課題を見出した。また、本発明者は、特許文献２の技術には、最上流の圧延機における圧延時負荷が負荷上限値を超えた場合に、過負荷を抑制できないという課題を見出した。

[0008] 本開示の一局面では、上記実情に鑑みてなされたものであり、目的とする製品板厚を達成しながら、板面品質への望ましくない影響を抑制しつつ圧延機の過負荷を抑制して、圧延の操業安定化を達成する技術を提供できることが望ましい。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一局面は、複数の圧延機を有する連続圧延機において前記複数の圧延機の各々の出側板厚を制御する、連続圧延機による板厚制御方法であって、前記複数の圧延機の各々の負荷余裕値が、互いに近づくように、前記複数の圧延機の各々の目標板厚を変更制限の範囲内で調整して、前記複数の圧延機のうちの最下流の圧延機を除く他の圧延機の前記目標板厚を設定する。前記負荷余裕値は、圧延時負荷と負荷上限値との差である。前記目標板厚は、前記出側板厚の目標値である。前記変更制限の範囲は、前記目標板厚に対して予め設定されている。そして、前記他の圧延機の各々において、設定された前記目標板厚が得られるように、対応する前記圧延機のロール圧下位置を調整する。

[0010] 本開示の一局面によれば、設定された変更制限の範囲内で、各圧延機の負荷余裕値が互いに近づくように目標板厚が設定される。その際、最下流の圧延機における圧延時負荷は、上流の圧延機における目標板厚を変更すること

により調整されるため、最下流の圧延機のロール圧下位置は変更されない。つまり、目標とする製品板厚が達成される。したがって、特定の圧延機における圧延時負荷が増大した場合でも、目的とする製品板厚を達成しながら、板面品質への望ましくない影響を抑制しつつ圧延機の過負荷を抑制して、圧延の操業安定化を実現することができる。

[0011] 上述の方法では、前記負荷余裕値が前記複数の圧延機の間で等しくなるように、前記複数の圧延機の各々における目標負荷変更量を設定してもよい。前記目標負荷変更量は、前記圧延時負荷の変更量の目標値である。そして、前記他の圧延機の中からいずれかの前記圧延機を選択し、選択した前記圧延機の前記目標負荷変更量を実現するように、選択した前記圧延機または選択した前記圧延機の１つ上流の前記圧延機の前記目標板厚の変更量を算出してもよい。算出した前記目標板厚の変更量が前記変更制限の範囲を超える場合に、前記目標板厚の変更量を前記変更制限の範囲内に収まるように補正してもよい。そして、前記目標板厚の変更量に基づいて、対応する前記圧延機の前記目標板厚を設定してもよい。前記目標板厚の変更量を補正した場合に、前記選択した圧延機の前記目標負荷変更量のうちの前記目標板厚の変更量を補正したことによって生じる目標未到達分を算出してもよい。算出した前記目標未到達分を、前記複数の圧延機のうちのまだ選択していない前記圧延機の前記目標負荷変更量に対して分配して、分配した前記目標未到達分を付加するように前記まだ選択していない圧延機の目標負荷変更量を補正してもよい。前記他の圧延機のすべての前記目標板厚を設定するまで、前記圧延機の選択から前記目標負荷変動量を補正するまでの工程を繰り返してもよい。

[0012] このような方法によれば、選択した圧延機において、算出した目標板厚の変更量が変更制限の範囲を超えた場合には、目標板厚の変更量が変更制限の範囲内に制限される。そのため、板面品質への望ましくない影響を抑制することができる。また、算出された目標板厚の変更量が制限されたことによって生じる目標負荷変更量の目標未到達分が、まだ選択されていない圧延機の目標負荷変更量に対して分配される。したがって、目標板厚の変更量を制限

しつつ、各圧延機の負荷余裕値を互いに近づけることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]連続圧延機の概略構成を示す図である。

[図2]本実施形態に係るモータ負荷制御を実行する処理手順を示すフローチャートである。

[図3]従来例において目標板厚の変更量を制限した場合における、４つの圧延機のそれぞれのモータパワー及び目標板厚の変更量を示すタイムチャートである。

[図4]本実施形態に係る４つの圧延機のそれぞれのモータパワー及び目標板厚の変更量を示すタイムチャートである。

符号の説明

[0014] ５…圧延材、１０…板厚制御装置、２０…圧下装置、３０…圧延ロール、４０…モータ、６０…モータ負荷制御装置、８０…圧延機、１００…連続圧延機。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しながら、本開示を実施するための例示的な実施形態を説明する。

＜１．構成＞

まず、本実施形態に係る連続圧延機１００の構成について、図１を参照して説明する。連続圧延機１００は、４つの圧延機８０（#１）～８０（#４）と、４つの板厚制御装置１０（#１）～１０（#４）と、板厚計３５と、モータ負荷制御装置６０と、を備える。４つの圧延機８０（#１）～８０（#４）は、最上流の#１から最下流の#４へ、#１，#２，#３，#４の順に配置されている。以下では、圧延機８０（#１）～８０（#４）を総称して、圧延機８０とする。同様に、他の符号についても、（#１）～（#４）を外した符号を総称とする。連続圧延機１００は、圧延材５が各圧延機８０で順次圧延されることで、圧延機８０（#４）の出側にて目的とする製品板厚を得るようになっている。

[0016] 各圧延機８０は、圧延ロール３０と、圧下装置２０と、モータ４０と、荷重計５０と、を備える。各圧延ロール３０は、圧延材５を挟んで圧延する。各圧下装置２０は、圧延ロール３０に対して圧下力を付与する。圧下装置２０の圧下スクリュが調整されることで、圧延ロール３０のロール圧下位置、すなわち出側板厚が設定される。各モータ４０は、圧延ロール３０を駆動する。各荷重計５０は、圧延荷重を計測する。

[0017] 各板厚制御装置１０は、各圧延機８０で設定された目標板厚が得られるように、ゲージメータ式や実測値などにより得られた出側板厚に基づいて、圧下装置２０の圧下スクリュを調整して、圧延ロール３０のロール圧下位置を調整する。板厚計３５は、圧延機８０（#４）の出側板厚すなわち製品板厚を計測する。連続圧延機１００では、板厚計３５で計測された製品板厚の実測値を用いて、出側板厚のフィードバック制御が行われる。

[0018] モータ負荷制御装置６０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、半導体メモリなどを備えるマイクロコンピュータを含み、各モータ４０の負荷制御を実行する制御装置である。モータ負荷制御装置６０は、半導体メモリなどの非遷移的実体的記録媒体に格納されたプログラムを実行することにより、目標負荷変更量演算部６１、目標変更量演算部６２、及び目標板厚設定部６３の機能を実現する。また、モータ負荷制御装置６０は、プログラムに対応する方法を実行する。

[0019] モータ負荷制御装置６０は、モータ４０の負荷制御として、モータ４０の圧延時負荷が負荷上限値を超えないように、４つの圧延機８０の間で圧延時負荷を分散させて、それぞれの目標板厚を設定する。目標板厚は、圧延機８０（#１）～８０（#３）の出側板厚の目標値である。その際、モータ負荷制御装置６０は、各圧延機８０において、目標板厚の初期値または前回の負荷制御時点での目標板厚からの変更量が、予め設定されている変更制限の範囲内となるように目標板厚を設定する。

[0020] つまり、モータ負荷制御装置６０は、圧延機８０ごとの負荷余裕値が圧延機８０（#１）～８０（#４）の間で互いに近づき、且つ、目標板厚の変更量

が変更制限の範囲内に収まるように、圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚を設定する。負荷余裕値は、圧延機８０の圧延時負荷と負荷上限値との差である。なお、圧延機８０（#４）の目標板厚は、目的とする製品板厚として決まっているため、圧延機８０（#４）の目標板厚は変更しない。

[0021] ＜２．処理＞

次に、モータ負荷制御装置６０が、モータ４０の負荷制御を実行する処理手順について、図２のフローチャートを参照して説明する。モータ負荷制御装置６０は、本処理手順を所定の時間間隔で繰り返し実行する。

[0022] まず、Ｓ１０では、各圧延機８０の圧延時の負荷値として、各圧延機８０の負荷評価値Pwi（ｉ＝１～Ｋ）を算出する。本実施形態では、圧延機８０は４つあるので、Ｋ＝４とする。具体的には、モータパワー予測値$Pw_{est}i$を、負荷評価値Pwiとして算出する。モータパワー予測値$Pw_{est}i$は、各圧延機８０のモータパワー実績値や、一定期間のモータパワー実績値の二乗平均値、あるいは、今回の制御周期での制御開始時点までのモータパワー実績値に基づいて、将来の負荷値を予測した値である。モータパワー予測値$Pw_{est}i$は、次の式（１）により算出される。ここで、pwikは、制御開始時点以前のサンプリング周期（例えば１０秒）ごとのモータパワー実績値である。pwifは、制御開始時点以降のモータパワー実績値であり、制御開始時点のモータパワー実績値が継続されるものと仮定して、同一の値が採用される。また、ｍは負荷値の評価に用いるサンプリング点の数（例えば３０点）であり、ｊは制御開始時点以降のサンプリング点の数である。

[0023] [数1]

$$Pw_{est}i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{m-j} pwik^{2} + pwif^{2} \cdot j}{m}} \quad \cdots(1)$$

[0024] 続いて、Ｓ２０では、圧延機８０の各々の負荷上限値$Pw_{max}i$を設定する。具体的には、負荷制限値$Pw_{maxm}i$と、負荷制限値$Pw_{maxp}i$のうちの小さい方を、負荷

上限値$Pw_{max}i$として設定する。負荷制限値$Pw_{maxm}i$は、圧延機８０の各々におけるモータ４０の仕様上の制限により定められている。負荷制限値$Pw_{maxp}i$は、圧延機８０の各々における圧延荷重制限から決定される。

[0025] 続いて、Ｓ３０では、圧延機８０ごとの負荷余裕値が、すべての圧延機８０の間で等しくなるように、各圧延機８０の目標負荷変更量ΔPwiを算出する。負荷余裕値は、負荷上限値$Pw_{max}i$と負荷評価値Pwiとの差である。目標負荷変更量ΔPwiは、負荷評価値Pwiからの圧延時負荷の変更量の目標値である。具体的には、式（２）を用いて、目標負荷変更量ΔPwiを算出する。Ｓ１０で算出した負荷評価値Pwiが、ここで算出した目標負荷変更量ΔPwiの分だけ変更されると、モータ４０の各々の負荷が適当に調整され、すべての圧延機８０の負荷余裕値が等しくなる。

[0026] [数2]

$$\Delta Pwi=\left\{\left(Pw_{\max}i-Pwi\right)-\sum_{i=1}^{4}\frac{Pw_{\max}i-Pwi}{4}\right\} \quad \cdots(2)$$

[0027] 続いて、Ｓ４０では、変数ｎに１を設定する。

続いて、Ｓ５０では、圧延機８０（＃１）について、目標負荷変更量ΔPw1を実現するための目標板厚の変更量である目標板厚変更量Δh1を算出する。ここで、モータ４０の負荷評価値Pwiは、ｉ番目の圧延機８０の入側板厚Hiとｉ番目の圧延機８０の出側板厚hiとの差に比例し、出側板厚hiに反比例すると近似できる。よって、負荷評価値Pwiは、式（３）で表すことができる。

[0028] [数3]

$$Pwi \propto \frac{Hi-hi}{hi} \quad \cdots(3)$$

[0029] さらに、式（３）に基づいて、圧延機８０（＃１）の目標板厚変更量Δh1は、式（４）により表される。そして、式（４）に基づいて、目標板厚変更量

Δh1は、式（５）により算出される。

[0030] [数4]

$$\frac{Pw1+\Delta Pw1}{Pw1}=\frac{H1-(h1+\Delta h1)}{h1+\Delta h1}\Big/\frac{H1-h1}{h1} \quad \cdots(4)$$

[0031] [数5]

$$\Delta h1=\frac{H1}{1+\dfrac{Pw1+\Delta Pw1}{Pw1}\cdot\dfrac{H1-h1}{h1}}-h1 \quad \cdots(5)$$

[0032] Ｓ５０で算出した目標板厚変更量Δh1の大きさが大きすぎると、板面品質に望ましくない影響を及ぼす可能性がある。望ましくない影響とは、色調の変化やピックアップインクルージョンなどの異常の発生などである。よって、Ｓ６０では、Ｓ５０で算出した目標板厚変更量Δh1が、変更制限の範囲Δh1$_{ll}$～Δh1$_{ul}$内か否か判定する。変更制限の範囲Δh1$_{ll}$～Δh1$_{ul}$は、圧延機８０（＃１）の目標板厚に対して、経験的に予め設定されている範囲であり、板面品質に望ましくない影響を与えない範囲である。Ｓ５０において、目標板厚変更量Δh1が変更制限の範囲Δh1$_{ll}$～Δh1$_{ul}$内である場合には、目標板厚変更量Δh1を制限することなく、Ｓ１２０へ進む。

[0033] 一方、Ｓ６０において、目標板厚変更量Δh1が変更制限の範囲Δh1$_{ll}$～Δh1$_{ul}$外の場合には、Ｓ７０へ進み、目標板厚変更量Δh1を変更制限の範囲Δh1$_{ll}$～Δh1$_{ul}$内に収まるように制限する。具体的には、Ｓ７０において、式（６）に示すように、目標板厚変更量Δh1が変更制限の範囲の上限値Δh1$_{ul}$よりも大きい場合は、目標板厚変更量Δh1を上限値Δh1$_{ul}$に補正する。また、目標板厚変更量Δh1が変更制限の範囲の下限値Δh1$_{ll}$よりも小さい場合は、目標板厚変更量Δh1を下限値Δh1$_{ll}$に補正する。

[0034]

[数6]

$$\begin{aligned} \Delta h1 > \Delta h1_{ul} &\rightarrow \Delta h1 = \Delta h1_{ul} \\ \Delta h1 < \Delta h1_{ll} &\rightarrow \Delta h1 = \Delta h1_{ll} \end{aligned} \quad \cdots(6)$$

[0035] 続いて、Ｓ８０では、ｎ＝Ｋ－１か否か判定する。Ｓ８０において、ｎ＝Ｋ－１である場合は、Ｓ１２０へ進み、ｎ＝Ｋ－１でない場合は、Ｓ９０へ進む。ここでは、ｎ＝１であるため、Ｓ９０へ進む。

[0036] Ｓ９０では、Ｓ７０で制限した目標板厚変更量Δh1に対応した負荷変化量$\Delta Pw_{cal}1$を式（７）から算出する。

[0037] [数7]

$$\Delta Pw_{cal}1 = Pw1 \cdot \left(\frac{H1 - h1 - \Delta h1}{H1 - h1} \cdot \frac{h1}{h1 + \Delta h1} - 1 \right) \quad \cdots(7)$$

[0038] 続いて、Ｓ１００では、Ｓ３０で算出した目標負荷変更量ΔPw1のうち、目標板厚変更量Δh1を制限したことによって生じる目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$を算出する。目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$は、式（８）に示すように、Ｓ４０で算出した目標負荷変更量ΔPw1と、Ｓ９０で算出した負荷変化量$\Delta Pw_{cal}1$の差となる。

[0039] [数8]

$$\Delta Pw_{rem}1 = \Delta Pw1 - \Delta Pw_{cal}1 \quad \cdots(8)$$

[0040] 続いて、Ｓ１１０では、目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$を、今回の制御周期で目標板厚変更量を算出する対象としてまだ選択していない、つまり、圧延機８０（#１）よりも下流の圧延機８０（#２）～（#４）の目標負荷変更量ΔPwi（ｉ＝２～４）に対して分配する。具体的には、式（９）で示すように、目標負荷変更量ΔPwi（ｉ＝２～４）を、Ｓ３０で算出した目標負荷変化量ΔPwi（ｉ＝２～４）に目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$を３等分した値を付加した値に補正する。

[0041] [数9]

$$\Delta Pwi = \Delta Pwi + \frac{\Delta Pw_{rem}1}{3} \quad (i = 2 \sim 4) \qquad \cdots(9)$$

[0042] 続いて、Ｓ１２０において、圧延機８０（#１）における目標板厚を設定する。具体的には、目標板厚の初期値に、Ｓ５０で算出した目標板厚変更量Δh1、または、Ｓ７０で補正した目標板厚変更量Δh1を付加した値を目標板厚とする。今回の制御周期以前に負荷制御を実施している場合には、初期値の代わりに前回の負荷制御で設定した目標板厚を用いてもよい。

[0043] 続いて、Ｓ１３０において、ｎ＝ｎ＋１とする。

続いて、Ｓ１４０において、ｎ＝Ｋか否か判定する。Ｓ１４０において、ｎ＝Ｋの場合は本処理を終了し、ｎ＝Ｋでない場合はＳ５０へ戻る。ここでは、ｎ＝２であるためＳ５０へ戻る。

[0044] そして、Ｓ５０に戻ると、圧延機８０（#１）の目標板厚変更量Δh1と同様にして、式（１０）により圧延機８０（#２）の目標板厚変更量Δh2を算出する。ただし、式（１０）では、圧延機８０（#１）について算出した目標板厚更量Δh1を用いて、圧延機８０（#２）の入側板厚H2をH2+Δh1に補正する。また、Ｓ１１０で目標負荷変更量ΔPw2を補正している場合、補正した目標負荷変更量ΔPw2を用いる。

[0045] [数10]

$$\Delta h2 = \frac{H2 + \Delta h1}{1 + \dfrac{Pw2 + \Delta Pw2}{Pw2} \cdot \dfrac{H2 + \Delta h1 - h2}{h2}} - h2 \qquad \cdots(10)$$

[0046] 続いて、Ｓ６０及びＳ７０では、目標板厚変更量Δh1と同様に、目標板厚変更量Δh2が、変更制限の範囲$\Delta h2_{ll}$～$\Delta h2_{ul}$内か否か判定する。そして、目標板厚変更量Δh2が変更制限の範囲$\Delta h2_{ll}$～$\Delta h2_{ul}$外である場合には、式（１１）に示すように、目標板厚変更量Δh2を変更制限の範囲$\Delta h2_{ll}$～$\Delta h2_{ul}$内に

収まるように補正する。変更制限の範囲$\Delta h2_{ll}$～$\Delta h2_{ul}$は、圧延機８０（#２）の目標板厚に対して予め設定されている範囲である。

[0047] [数11]

$$\begin{aligned} \Delta h2 > \Delta h2_{ul} &\rightarrow \Delta h2 = \Delta h2_{ul} \\ \Delta h2 < \Delta h2_{ll} &\rightarrow \Delta h2 = \Delta h2_{ll} \end{aligned} \qquad \cdots(11)$$

[0048] 続いて、Ｓ８０では、ｎ＝２であるためＳ９０へ進む。

続いて、Ｓ９０では、負荷変化量$\Delta Pw_{cal}1$と同様に、Ｓ７０で制限した目標板厚変更量Δh2に対応した負荷変化量$\Delta Pw_{cal}2$を式（１２）から算出する。ただし、式（１２）では、圧延機８０（#２）の入側板厚H2をH2+Δh1に補正する。

[0049] [数12]

$$\Delta Pw_{cal}2 = Pw2 \cdot \left(\frac{H2 + \Delta h1 - h2 - \Delta h2}{H2 + \Delta h1 - h2} \cdot \frac{h2}{h2 + \Delta h2} - 1 \right) \qquad \cdots(12)$$

[0050] 続いて、Ｓ１００では、目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$と同様に、目標板厚変更量Δh2を制限したことによって生じる目標未到達分$\Delta Pw_{rem}2$を式（１３）から算出する。

[0051] [数13]

$$\Delta Pw_{rem}2 = \Delta Pw2 - \Delta Pw_{cal}2 \qquad \cdots(13)$$

[0052] 続いて、Ｓ１１０では、目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$の分配と同様に、目標未到達分$\Delta Pw_{rem}2$を、今回の制御周期で目標板厚変更量を算出する対象としてまだ選択していない、圧延機８０（#３）～８０（#４）の目標負荷変更量ΔPwi（ｉ＝３～４）に対して分配する。具体的には、式（１４）に示すように、目標負荷変更量ΔPwi（ｉ＝３～４）を、現在の目標負荷変化量ΔPwi(ｉ=３～４)に目標未到達分$\Delta Pw_{rem}2$を２等分した値を付加した値に補正する。現在の目標

負荷変化量ΔPwi（ｉ=３～４）は、Ｓ３０で算出された値、または、目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$の分配分が付加されて補正された値である。

[0053] [数14]

$$\Delta Pwi = \Delta Pwi + \frac{\Delta Pw_{rem}2}{2} \quad (i=3\sim4) \qquad \cdots(14)$$

[0054] 続いて、Ｓ１２０で圧延機８０（#２）における目標板厚を設定し、Ｓ１３０でｎ＝ｎ＋１とする。

続いて、Ｓ１４０では、ｎ＝３であるためＳ５０へ戻る。

[0055] そして、Ｓ５０に戻ると、圧延機８０（#２）の目標板厚変更量Δh2と同様にして、式（１５）により圧延機８０（#３）の目標板厚変更量Δh3を算出する。ただし、式（１５）では、圧延機８０（#２）について算出した目標板厚更量Δh2を用いて、圧延機８０（#３）の入側板厚H3をH3+Δh2に補正する。

[0056] [数15]

$$\Delta h3 = \frac{H3+\Delta h2}{1+\dfrac{Pw3+\Delta Pw3}{Pw3}\cdot\dfrac{H3+\Delta h2-h3}{h3}} - h3 \qquad \cdots(15)$$

[0057] 続いて、Ｓ６０及びＳ７０では、目標板厚変更量Δh1と同様に、目標板厚変更量Δh3が、変更制限の範囲$\Delta h3_{ll}$～$\Delta h3_{ul}$内か否か判定する。そして、目標板厚変更量Δh3が変更制限の範囲$\Delta h3_{ll}$～$\Delta h3_{ul}$外である場合には、式（１６）に示すように、目標板厚変更量Δh3を変更制限の範囲$\Delta h3_{ll}$～$\Delta h3_{ul}$内に収まるように補正する。変更制限の範囲$\Delta h3_{ll}$～$\Delta h3_{ul}$は、圧延機８０（#３）の目標板厚に対して予め設定されている範囲である。

[0058] [数16]

$$\begin{aligned} \Delta h3 > \Delta h3_{ul} &\rightarrow \Delta h3 = \Delta h3_{ul} \\ \Delta h3 < \Delta h3_{ll} &\rightarrow \Delta h3 = \Delta h3_{ll} \end{aligned} \qquad \cdots(16)$$

[0059] 続いて、Ｓ８０では、ｎ＝３であるためＳ１２０へ進む。圧延機８０（#４）の目標板厚は、目的とする製品板厚として決まっているため、目標板厚変更量を算出する対象とはならない。よって、Ｓ９０～Ｓ１１０の処理を行う必要はない。目標負荷変更量ΔPw4は、圧延機８０（#３）の目標板厚と製品板厚とに応じた値となる。

[0060] 続いて、Ｓ１２０で圧延機８０（#３）における目標板厚を設定し、Ｓ１３０でｎ＝ｎ＋１とする。

続いて、Ｓ１４０では、ｎ＝４であるため本処理を終了する。

[0061] 各板厚制御装置１０は、各圧延機８０の出側板厚に基づいて、設定された圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚、及び、製品板厚として決められている圧延機８０（#４）の目標板厚を実現するように、各圧延ロール３０の圧下位置を調整する。各圧延機８０の出側板厚は、ゲージメータ式や実測値などにより得られる。

[0062] なお、圧延機８０ごとに、１回の処理あたりの目標板厚変更量に対して変更制限の範囲を設定するだけでなく、所定回数または所定期間の処理における目標板厚変更量の合計に対して変更制限の範囲を設定してもよい。つまり、圧延機８０ごとに、１回の負荷制御あたりの目標板厚変更量と、所定回数または所定期間の負荷制御における目標板厚変更量の合計の両方を制限するようにしてもよい。

[0063] ＜３．効果＞

以上説明した本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

（１）圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚変更量Δh1～Δh3に対して設定された変更制限の範囲内で、圧延機８０（#１）～８０（#４）の負荷余裕値が互いに近づくように、圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚が調整される。これにより、目的とする製品板厚を達成しながら、板面品質への望ましくない影響を抑制しつつ、圧延機８０の各々の負荷を適切に分配することができる。ひいては、過負荷によるトラブル発生などを未然に防ぎ、圧延の操業安定化を実現することができる。

[0064] （２）算出した目標板厚変更量Δh1～Δh3が、変更制限の範囲を超えた場合に、目標板厚変更量Δh1～Δh3を変更制限の範囲内に制限することで、板面品質への望ましくない影響を抑制することができる。また、目標板厚変更量Δh1～Δh3を制限した場合ことによって生じる目標負荷変化量ΔPw1～ΔPw3の目標未到達分$\Delta Pw_{rem}1$～$\Delta Pw_{rem}3$を、下流の圧延機８０に分配することで、目標板厚変更量を制限しつつ、圧延機８０の各々の負荷余裕値を互いに近づけることができる。

[0065] ＜４．シミュレーション＞

次に、４つの圧延機８０を備えた連続圧延機１００を用いたアルミニウム合金の熱間仕上げ板圧延モデルにおいて、表１に示された条件下でシミュレーションした結果を図３及び図４に示す。図３は、特許文献１に記載のように、圧延機８０の各々の負荷余裕値が等しくなるように、圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚を設定した後、目標板厚変更量を制限した場合のシミュレーション結果である。また、図４は、本実施形態に係るシミュレーション結果である。なお、これらのシミュレーションでは、最下流の圧延機８０（#４）においてモータパワーが負荷上限値をオーバーしている場合を想定しており、シミュレーション開始から３０秒後にモータ負荷制御を実施するものとした。

[0066] 図３に示すように、圧延機８０（#１）～８０（#３）については、出側板厚が変更された目標板厚に向かって制御されることで、圧延機８０（#１）～８０（#３）の負荷余裕値が互いに近づくように変化している。しかしながら、目標板厚変更量を制限したことに伴う目標未到達分$\Delta Pw_{rem}i$を分配していないため、圧延機８０（#４）については、最初から負荷上限値を超えているにもかかわらず、更に負荷が増加する方向に変化していることがわかる。

[0067] 一方、図４に示すように、本実施形態に係る方法によれば、圧延機８０（#１）～８０（#３）については、出側板厚が変更された目標板厚に向かって制御され、圧延機８０（#４）については、出側板厚が目的とする製品板厚に向かって制御される。その結果、圧延機８０（#１）～８０（#３）での目標板

厚変更により、すべての圧延機８０のモータパワーが負荷上限値を下回っていることがわかる。

[0068] [表1]

圧延機#	#1	#2	#3	#4
初期目標板厚[mm]	16.8	9.4	5.3	3.0
板厚変更制限値[mm]	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2
圧延荷重[kN]	16290	18560	18260	14800
パワー初期値[%]	40	60	80	100
パワー制限値[%]	95	95	95	95

[0069] （他の実施形態）

以上、本開示を実施するための形態について説明したが、本開示は上述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

[0070] （ａ）上記実施形態では、圧延機８０（＃１）から圧延機８０（＃３）まで、上流から順次、目標板厚を設定しているが、目標板厚は、必ずしも上流から順次設定する必要はない。圧延機８０（＃１）～８０（＃３）のうちの任意の圧延機８０から順次選択して、目標板厚を設定してもよい。

[0071] 例えば、下流側から順次目標板厚を設定してもよい。式（４）では、目標負荷変更量ΔPw1を実現するように、目標板厚変更量Δh1を算出した。これに対して、下流側から順次目標板厚を設定する場合は、式（１７）及び式（１８）を用いて、目標負荷変更量ΔPw4を実現するように、圧延機８０（＃４）の入側板厚の変更量ΔH4を算出する。

[0072] [数17]

$$\frac{Pw4+\Delta Pw4}{Pw4}=\frac{(H4+\Delta H4)-h4}{h4}\Big/\frac{H4-h4}{h4} \qquad \cdots(17)$$

[0073] [数18]

$$\Delta H4=\left(H4-h4\right)\cdot\left(\frac{Pw4+\Delta Pw4}{Pw4}-1\right) \qquad \cdots(18)$$

[0074] ここで、圧延機８０（#４）の入側板厚は、一つ上流の圧延機８０（#３）の出側板厚であるため、入側板厚の変更量ΔH4は、圧延機８０（#３）の目標板厚変更量Δh3となる。よって、目標板厚変更量Δh3が制限範囲を超える場合には、目標板厚変更量Δh3、すなわち入側板厚の変更量ΔH4を制限する。そして、制限した入側板厚の変更量ΔH4に対応した負荷変化量$\Delta Pw_{cal}4$を算出するとともに目標未到達分$\Delta Pw_{rem}4$を算出し、上流の圧延機８０の目標負荷変更量ΔPw1～ΔPw3に対して目標未到達分$\Delta Pw_{rem}4$を分配する。同様にして、順次上流の目標板厚変更量Δh2, Δh1を算出すればよい。また、上流から下流あるいは下流から上流へ順番に目標板厚変更量Δhiを算出してなくても、任意の順番で目標板厚変更量Δhiを算出してもよい。任意の順番で目標板厚変更量Δhiを算出する場合は、上述したように、目標負荷変更量ΔPwiを実現するように、入側板厚の変更量ΔHi及び目標板厚変更量Δhiのいずれかを算出すればよい。これにより、任意の順番で目標板厚変更量Δhiを算出することができる。

[0075] （ｂ）上記実施形態は、圧延機８０（#１）～（#４）の負荷余裕値を互いに近づけつつ、圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚変更量Δh1～Δh3がそれぞれの変更制限の範囲に収まるように、圧延機８０（#１）～（#３）の目標板厚を設定する方法の一例であり、目標板厚の設定方法は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、目標板厚変更量Δh1～Δh3の変更制限を考慮せず、圧延機８０（#１）～８０（#４）の負荷余裕値が等しくなるように、最下流以外の圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚変更量Δh1～Δh3を算出する。そして、目標板厚変更量Δh1～Δh3のいずれかが変更制限の範囲を超えていた場合に、すべての目標板厚変更量の比率Δh1:Δh2:Δh

3を維持したまま、目標板厚変更量Δh1～Δh3がそれぞれ変更制限の範囲に収まるように、すべての目標板厚変更量Δh1～Δh3を全体的に小さくしてもよい。このようにしても、圧延機８０（#１）～（#４）の負荷余裕値を互いに近づけつつ、圧延機８０（#１）～８０（#３）の目標板厚変更量Δh1～Δh3をそれぞれの変更制限の範囲に収めることができる。

[0076] （ｃ）上記実施形態では、目標板厚変更量Δhiが変更制限の範囲外の場合に、目標板厚変更量Δhiを変更制限の範囲の上限値または下限値に補正しているが、これに限定されるものではない。変更制限の範囲内の値であれば、上限値及び下限値以外の値に目標板厚変更量Δhiを補正してもよい。

[0077] （ｄ）上記実施形態では、連続圧延機１００は４つの圧延機８０を備えていたが、圧延機８０の数は４つに限定されるものではない。連続圧延機１００は、２つ以上の圧延機８０を備えていれば、圧延機８０をいくつ備えていてもよい。

[0078] （ｅ）上記実施形態における１つの構成要素が有する複数の機能を、複数の構成要素によって実現したり、１つの構成要素が有する１つの機能を、複数の構成要素によって実現したりしてもよい。また、複数の構成要素が有する複数の機能を、１つの構成要素によって実現したり、複数の構成要素によって実現される１つの機能を、１つの構成要素によって実現したりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加又は置換してもよい。なお、請求の範囲に記載した文言のみによって特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

[0079] （ｆ）上述した連続圧延機における板厚制御方法の他、連続圧延機、モータ負荷制御装置を構成要素とするシステムなど、種々の形態で本開示を実現することもできる。

請求の範囲

[請求項1] 複数の圧延機を有する連続圧延機において前記複数の圧延機の各々の出側板厚を制御する、連続圧延機による板厚制御方法であって、

前記複数の圧延機の各々の負荷余裕値が、互いに近づくように、前記複数の圧延機の各々の目標板厚を変更制限の範囲内で調整して、前記複数の圧延機のうちの最下流の圧延機を除く他の圧延機の前記目標板厚を設定し、前記負荷余裕値は、圧延時負荷と負荷上限値との差であり、前記目標板厚は、前記出側板厚の目標値であり、前記変更制限の範囲は、前記目標板厚に対して予め設定されており、

前記他の圧延機の各々において、設定された前記目標板厚が得られるように、対応する前記圧延機のロール圧下位置を調整する、

連続圧延機による板厚制御方法。

[請求項2] 前記負荷余裕値が前記複数の圧延機の間で等しくなるように、前記複数の圧延機の各々における目標負荷変更量を設定し、前記目標負荷変更量は、前記圧延時負荷の変更量の目標値であり、

前記他の圧延機の中からいずれかの前記圧延機を選択し、選択した前記圧延機の前記目標負荷変更量を実現するように、選択した前記圧延機または選択した前記圧延機の１つ上流の前記圧延機の前記目標板厚の変更量を算出し、

算出した前記目標板厚の変更量が前記変更制限の範囲を超える場合に、前記目標板厚の変更量を前記変更制限の範囲内に収まるように補正し、

前記目標板厚の変更量に基づいて、対応する前記圧延機の前記目標板厚を設定し、

前記目標板厚の変更量を補正した場合に、前記選択した圧延機の前記目標負荷変更量のうちの前記目標板厚の変更量を補正したことによって生じる目標未到達分を算出し、

算出した前記目標未到達分を、前記複数の圧延機のうちのまだ選択

していない前記圧延機の前記目標負荷変更量に対して分配して、分配した前記目標未到達分を付加するように前記まだ選択していない圧延機の目標負荷変動量を補正し、

前記他の圧延機のすべての前記目標板厚を設定するまで、前記圧延機の選択から前記目標負荷変更量を補正するまでの工程を繰り返す、

請求項１に記載の連続圧延機による板厚制御方法。

[図1]

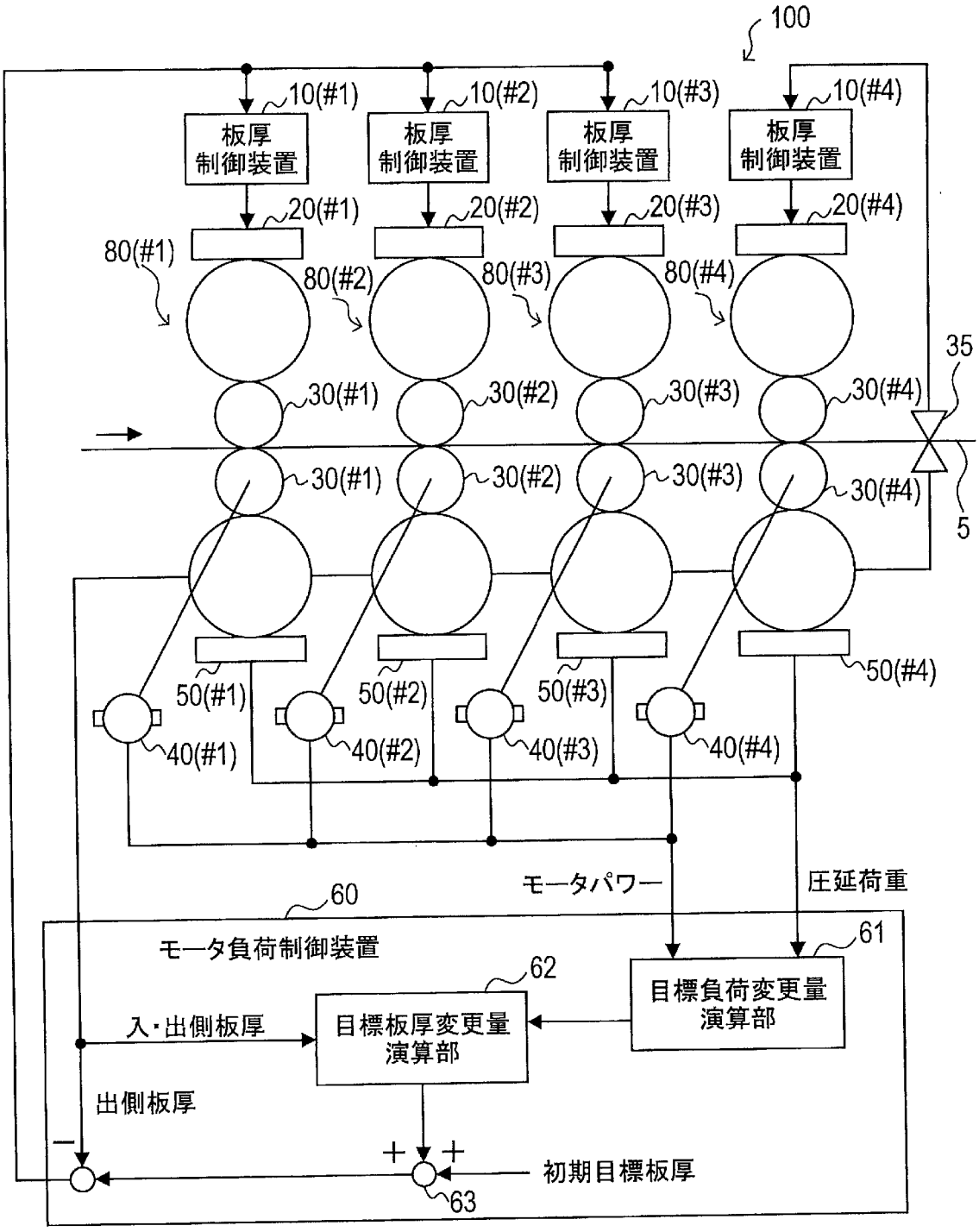

100
10(#1)
10(#2)
10(#3)
10(#4)
板厚
制御装置
20(#1)
20(#2)
20(#3)
20(#4)
80(#1)
80(#2)
80(#3)
80(#4)
35
30(#1)
30(#2)
30(#3)
30(#4)
5
50(#1)
50(#2)
50(#3)
50(#4)
40(#1)
40(#2)
40(#3)
40(#4)
モータパワー
圧延荷重
60
モータ負荷制御装置
61
62
目標負荷変更量
演算部
入・出側板厚
目標板厚変更量
演算部
出側板厚
−
＋
＋
初期目標板厚
63

FIG. 1

[図2]

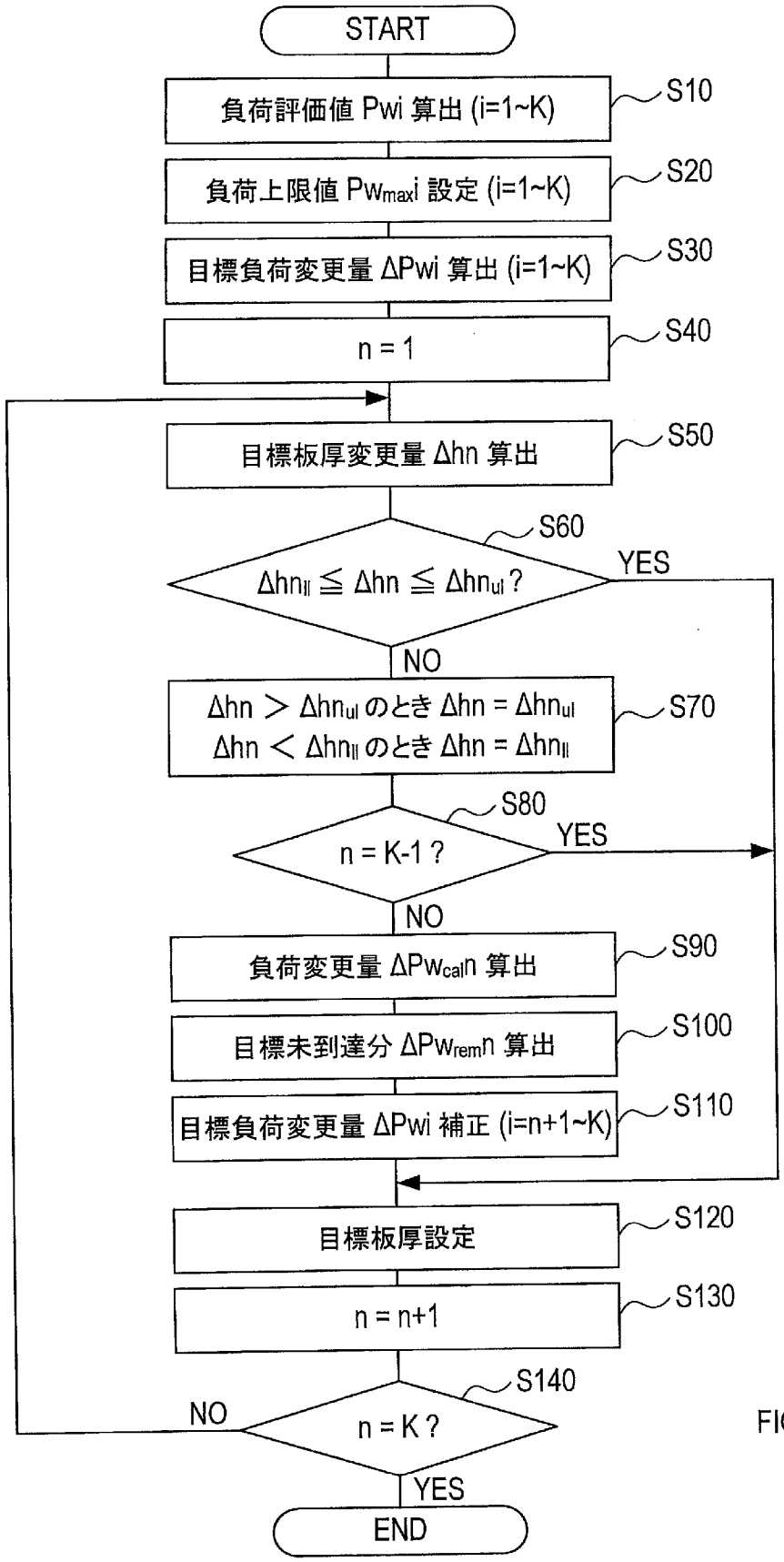

START
負荷評価値 Pwi 算出 (i=1~K)
S10
負荷上限値 Pwmaxi 設定 (i=1~K)
S20
目標負荷変更量 ΔPwi 算出 (i=1~K)
S30
n = 1
S40
目標板厚変更量 Δhn 算出
S50
S60
Δhnll ≦ Δhn ≦ Δhnul ?
YES
NO
Δhn > Δhnul のとき Δhn = Δhnul
Δhn < Δhnll のとき Δhn = Δhnll
S70
S80
n = K-1 ?
YES
NO
負荷変更量 ΔPwcaln 算出
S90
目標未到達分 ΔPwremn 算出
S100
目標負荷変更量 ΔPwi 補正 (i=n+1~K)
S110
目標板厚設定
S120
n = n+1
S130
S140
NO
n = K ?
YES
END

FIG. 2

[図3]

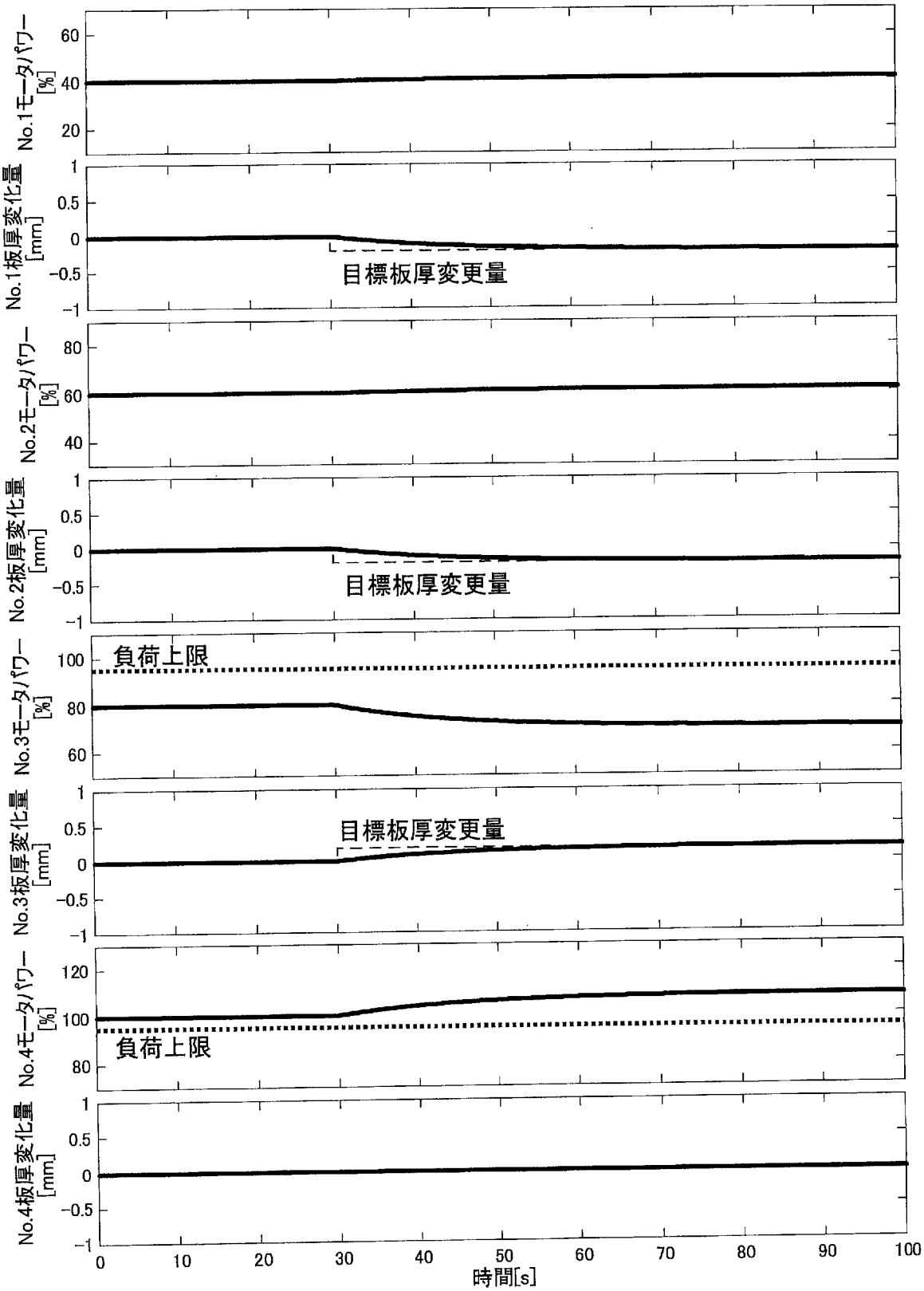

No.1モータパワー [%]
No.1板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
No.2モータパワー [%]
No.2板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
負荷上限
No.3モータパワー [%]
No.3板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
No.4モータパワー [%]
負荷上限
No.4板厚変化量 [mm]
時間[s]

FIG. 3

[図4]

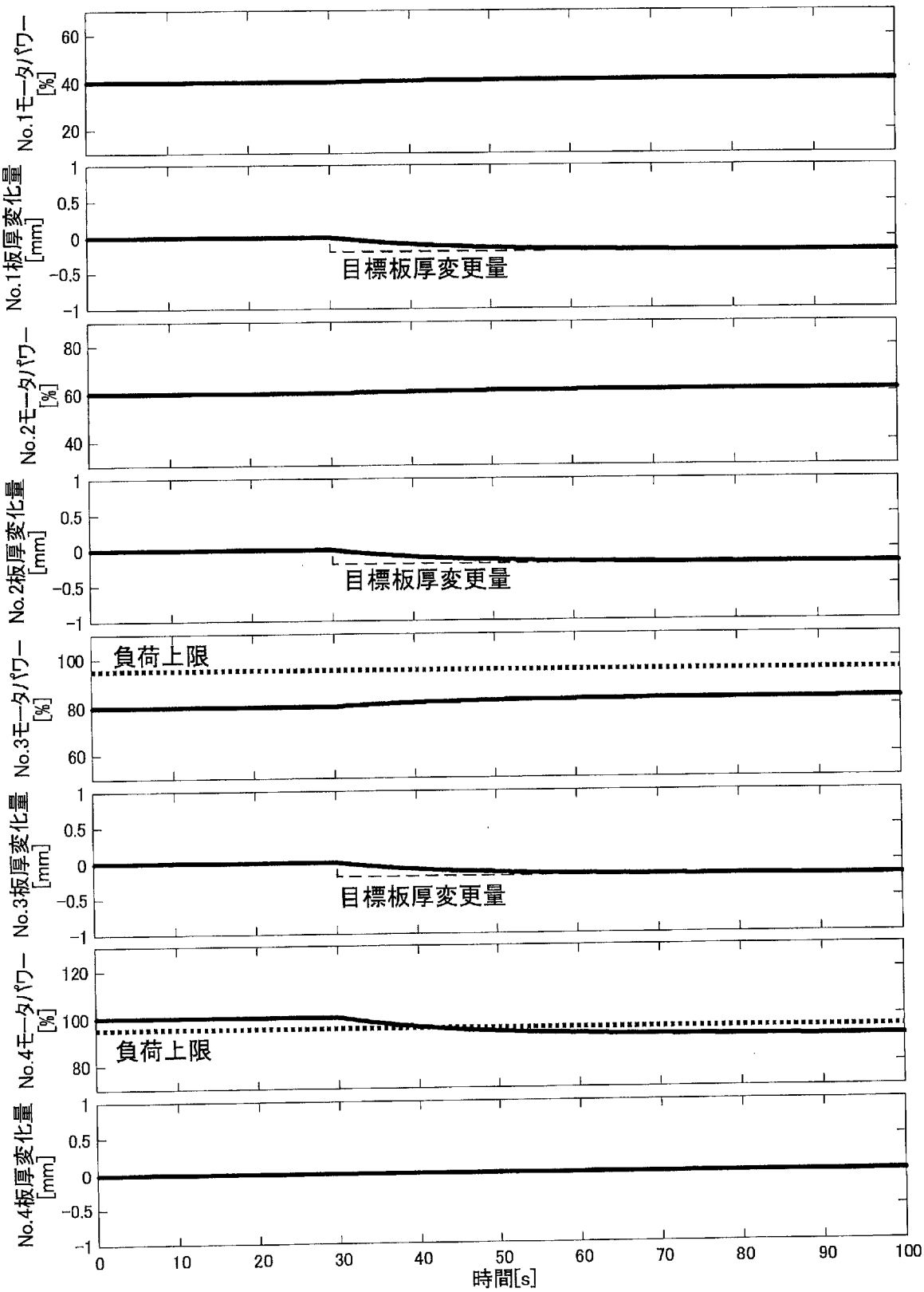

No.1モータパワー [%]
No.1板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
No.2モータパワー [%]
No.2板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
負荷上限
No.3モータパワー [%]
No.3板厚変化量 [mm]
目標板厚変更量
No.4モータパワー [%]
負荷上限
No.4板厚変化量 [mm]
時間[s]

FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/016878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B21B37/00(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. B21B37/00

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
Y	JP 11-77126 A (SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES, LTD.) 23 March 1999, paragraphs [0007]-[0010], [0017]-[0034], [0042]-[0045], fig. 1-3 (Family: none)	1-2
Y	JP 2013-180323 A (JFE STEEL CORPORATION) 12 September 2013, paragraphs [0034]-[0035] (Family: none)	1-2

☐ 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 11 June 2018 (11.06.2018)	Date of mailing of the international search report 19 June 2018 (19.06.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１６８７８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21B37/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21B37/00

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
Y	JP 11-77126 A (住友軽金属工業株式会社) 1999.03.23, 段落[0007]-[0010], [0017]-[0034], [0042]-[0045], 図1-3 (ファミリーなし)	1-2
Y	JP 2013-180323 A (ＪＦＥスチール株式会社) 2013.09.12, 段落[0034]-[0035] (ファミリーなし)	1-2

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１１．０６．２０１８	１９．０６．２０１８

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

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｅ　５７９６
藤長　千香子
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５