

(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
2015 年 11 月 19 日(19.11.2015)



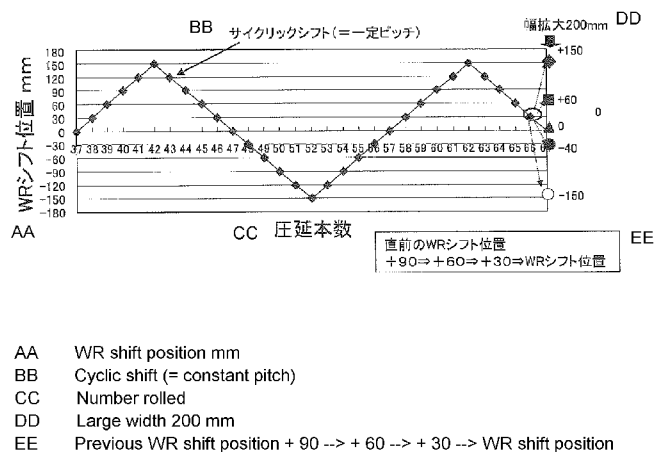
(10) 国際公開番号
WO 2015/174075 A1

- (51) 国際特許分類:
B21B 37/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002401
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 12 日(12.05.2015)
- (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 2014-101430 2014 年 5 月 15 日(15.05.2014) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 住田 英介 (SUMIDA, Eisuke); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 山口 慎也 (YAMAGUCHI, Shinya); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 館野 純一 (TATENO, Junichi); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 熊坂 晃, 外 (KUMASAKA, Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 7 番 1 号 J F E 商事ビル 6 階 J F E テクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, 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).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR ROLLING METAL STRIP

(54) 発明の名称: 金属帯の圧延方法



(57) Abstract: The present invention provides a hot-rolling method for a metal strip by a cyclic shift method in which the work rolls are shifted in the axial direction, wherein the rolling method affords a metal strip having a good profile in the width direction, in instances in which the rolled material currently in the rolling cycle is a wide rolled material following a narrow rolled material. According to this hot-rolling method for a metal strip, for a rolled material currently in the rolling cycle, the work rolls are shifted by a constant pitch for each single rolled material while reciprocating between predetermined folding locations, by means of a rolling machine equipped with a shift mechanism for shifting the work rolls in the axial direction. When a rolled material wider than the preceding rolled material is to be rolled, rolling is carried out at a work roll shift position modified such that an evaluation function ($J_{\Delta CR}$) calculated from the difference between the predicted value and the target value of the roll crown is minimized.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/174075 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、ワークロールを軸方向にシフトするサイクリックシフト法による金属帯の熱間圧延において、圧延サイクル内の被圧延材として、幅狭の被圧延材に続く圧延が幅広の被圧延材である場合に、良好な幅方向プロフィルの金属帯を得る圧延方法を提供する。圧延サイクル内の被圧延材について、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機により、予め定めた折り返し位置の間を往復しながら一定ピッチで被圧延材 1 本毎にワークロールをシフトする金属帯の熱間圧延方法において、先行の被圧延材よりも幅広の被圧延材を圧延する際に、ロールクラウンの予測値と目標値との差から求める評価関数 $J_{\Delta CR}$ を最小にするように、ワークロールシフト位置を変更して圧延する。

明 細 書

発明の名称： 金属帯の圧延方法

技術分野

[0001] 本発明は、金属帯（被圧延材）の熱間圧延方法に関わり、詳しくは圧延サイクル内の複数の被圧延材について、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機により、予め定めた折り返し位置の間を往復しながら所定のピッチで被圧延材１本毎にワークロールをシフトする熱間圧延方法に関わる。

背景技術

[0002] 金属帯の圧延においては、ワークロールと金属帯（被圧延材）の接触部分（以下、「板道」と呼ぶ）で摩擦が生じ、ワークロールの板道に相当する部分の摩耗が進行してゆく。さらに熱間圧延においては、被圧延材が８００℃から１１００℃程度の高温になるため、サーマルクラウンと呼ばれるワークロールの板道に相当する部分において熱膨張が生じる。

[0003] このため、圧延本数の増加とともに、ワークロールの部分的な摩耗と熱膨張によりワークロールのプロファイルが変化することによって、被圧延材の幅方向の厚み分布や形状が悪化し、製品品質や通板安定性の低下を招くという問題があった。

例えば、幅狭の被圧延材を続けて圧延した場合では、部分的な板道の摩耗が進行するため、後続して圧延される幅広の被圧延材の厚み分布に異常が生じる。これを避けるために被圧延材の幅の広いものから狭いものへと段階的に圧延するなどの、圧延サイクルにおいて被圧延材の幅規制をする工程管理（ロールチャンス規制）を余儀なくされていた。

[0004] これらを抑止するために、例えば特許文献１、特許文献２に記載されているように、被圧延材を圧延する毎にワークロールの軸方向位置を一定のピッチ（以下、「シフトピッチ」と呼ぶ）で数mmずつずらしていき、ワークロールの軸方向シフト量が最大もしくは最小に達したら、折り返してシフトを

続けるサイクリックシフト法が広く用いられている。

また特許文献3では圧延サイクル内において全被圧延材について、ワークロールプロファイルの予測計算値と目標値の誤差を求め、評価関数を用いて、この誤差をひとつの圧延サイクルの全被圧延材について最小にする圧延方法などが考案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平06－154823号公報

特許文献2：特開平11－254015号公報

特許文献3：特開2013－111649号公報

[0006] しかしながら、特許文献3では、「被圧延材1本毎のシフト位置変更量を圧延サイクル内で一定とし、該シフト位置変更量とシフト移動方向を反転する折り返し位置とを、圧延サイクルにおける圧延予定の全被圧延材について、被圧延材とワークロールの接触部分におけるワークロールプロファイルの予測計算値とワークロールプロファイル目標値との誤差を求め、該誤差を当該圧延サイクルの全被圧延材について合計した値が最小となるように決定」している。そのため、例えば、先行する被圧延材として幅狭のものが多数続いた後に、この材料よりも幅が例えば200mm以上大きい幅広の被圧延材を1本だけ圧延し、その後に再び多数の幅狭の被圧延材が後続する特殊なケースでは、数多くの幅狭の被圧延材の圧延では誤差が小さくても、1本の幅広の被圧延材の圧延では誤差が大きくなり、この誤差が許容範囲外となるケースがある。若しくは、幅広の1本の被圧延材の誤差を最小とするようにシフト位置を設定すれば、幅広の被圧延材の前後の幅狭の被圧延材が犠牲となるケースがある。このように、特許文献3の技術では、先行する被圧延材として幅狭のものが続いた後に、この材料よりも幅が大きい幅広の被圧延材を1本だけ圧延し、その後に再び幅狭の被圧延材が後続するような幅戻り圧延において、被圧延材の良好なプロファイルが得られないという問題があった。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機による金属帯のサイクリックシフト圧延において、圧延サイクル内での圧延順が、幅狭の被圧延材→幅狭の被圧延材よりも幅寸法の大きい幅広の被圧延材である場合、とりわけ、幅狭の被圧延材→幅広の被圧延材→幅狭の被圧延材（以下、これを「幅戻り圧延」という）である場合において、幅広の被圧延材を圧延する際に幅方向に良好なプロフィルの金属帯を得る圧延方法を提供することを目的とする。

ここで「幅狭」と「幅広」は、幅広の被圧延材の幅が幅狭の被圧延材の幅よりも大きい相対的な関係を指しており、幅が何ミリ以下あるいは何ミリ以上という絶対的なものを指しているのではない。上記の幅戻り圧延において、幅広の被圧延材の前後の幅狭の被圧延材同士は同じ幅寸法である必要はない。

[0008] 圧延サイクルとは、ロール交換によりワークロールが組み込まれた圧延機により圧延を開始し、何本か（50ないし100本内外）の被圧延材を圧延して、次のロール交換によりワークロールが組み込まれた圧延機による圧延を開始するまでの一群の前記何本か（50ないし100本程度）の被圧延材を圧延順に並べたものを一つの構成単位として称したものである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の課題を達成するために、本発明は、以下の手段を採用する。

[1] 圧延サイクル内の被圧延材について、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機により、予め定めた折り返し位置の間を往復しながら一定ピッチで被圧延材1本毎にワークロールをシフトする金属帯の圧延方法において、先行する被圧延材よりも幅広の被圧延材を圧延する際に、予め定めたワークロールシフトの折り返し位置の間で、下記の式（1）により求まる評価関数 $J_{\Delta CR}$ を最小にするように、ワークロールシフト位置を変更して圧延する金属帯の熱間圧延方法。

[数1]

$$J_{\Delta CR} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{CR_i - CR_i^*}{CR_i} \right| \quad \dots (1)$$

CR_i : ロールクラウンの予測値

CR_i^* : ロールクラウンの目標値

添え字 i : 幅方向のロールクラウン算出点を表す整数 (1、…、 n)

[2] 前記幅広の被圧延材の幅寸法が前記先行する被圧延材の幅寸法よりも10%以上大きく、かつ前記先行する被圧延材が連続して総圧延長にして5km以上圧延される[1]に記載の金属帯の熱間圧延方法。

[3] 前記ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機がタンデム型圧延機の1つ以上のスタンドに設けられている[1]又は[2]に記載の金属帯の熱間圧延方法。

[4] 前記ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機のワークロールがハイスロールである[1]～[3]のいずれかに記載の金属帯の熱間圧延方法。

発明の効果

[0010] 本発明の金属帯の圧延方法により、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機によるサイクリックシフト圧延方法において、先行する被圧延材よりも幅寸法が大きい幅広の被圧延材のプロファイルを改善することができ、そのことにより、ロールチャンス規制を緩和することが可能になり、圧延操業の工程管理が容易に行える。

図面の簡単な説明

[0011] [図1] 図1は、圧延サイクルにおける被圧延材のシミュレーション条件を示す。

[図2]図2は、幅戻り圧延における幅広の被圧延材の圧延後のプロフィール（幅方向のクラウン分布）を示す。

[図3]図3は、幅狭の被圧延材の圧延本数とハイスポット量（最大クラウン差 ΔCR ）の関係を示す。

[図4]図4は、F7スタンドのワークロールに形成される幅方向のロールクラウンを示す。

[図5]図5は、F7スタンドのワークロールに形成される幅方向の摩耗プロフィールを示す。

[図6]図6は、幅狭の被圧延材を圧延した後のF5～F7スタンドの各スタンドの幅方向のロールクラウンを示す。

[図7]図7は、幅狭の被圧延材を圧延した後のF5～F7スタンドの各スタンドの幅方向のサーマルクラウンを示す。

[図8]図8は、シフトピッチ一定のサイクリックシフト圧延において、幅戻り圧延における、幅広の被圧延材の圧延時におけるシフト変更のシミュレーション条件を示す。

[図9]図9は、ワークロールのシフト位置の異なる5つの場合について、幅戻り圧延における幅広の被圧延材の圧延後のプロフィール（幅方向のクラウン分布）を示す。

[図10]図10は、F5スタンドのワークロールのサーマルクラウン最大量を示す。

[図11A]図11Aは、サーマルクラウンの幅方向分布と被圧延材（幅狭の被圧延材と幅広の被圧延材）の被圧延材の幅との関係を示す。

[図11B]図11Bは、サーマルクラウンの幅方向分布と被圧延材（幅狭の被圧延材と幅広の被圧延材）の幅との関係を示す。

[図11C]図11Cは、サーマルクラウンの幅方向分布と被圧延材（幅狭の被圧延材と幅広の被圧延材）の幅との関係を示す。

[図12]図12は、本発明の圧延方法を示す。

[図13]図13は、評価関数の計算方法を示す。

[図14]図14は、本発明の圧延方法を適用するシミュレーション条件を示す。

[図15A]図15Aは、図14に示す条件において、幅戻り圧延時のワークロールのシフト位置での評価関数を示す。

[図15B]図15Bは、図14に示す条件において、幅方向の端部の厚み分布を示す。

[図16]図16は、実施例の圧延サイクルを示す。

[図17]図17は、各被圧延材について、F5スタンドのワークロールのシフト位置を示す。

[図18]図18は、F7スタンド出側での幅方向端部の被圧延材の厚み分布を示す。

[図19]図19は、エッジビルドアップが形成されている被圧延材の幅方向プロフィールを示す。

発明を実施するための形態

[0012] シミュレーターを用いて、圧延サイクルにおいて、先行する幅狭の被圧延材の被圧延材の幅寸法よりも200mm以上の幅寸法が大きい幅広の被圧延材の圧延時に発生するプロフィール不良のメカニズムを以下に考察する。

F1～F7スタンドで構成される7スタンドのタンデム型圧延機により熱間圧延を行う場合について、シミュレーションを行った。

金属帯である被圧延材を1本毎にワークロール（以下、「WR」と表記することがある）を一定のピッチでロール軸方向にシフトするサイクリックシフト圧延をF5～F7スタンドで実施した。

ワークロール材質として、F1～F6の各スタンドではハイスロール、F7スタンドではニッケルグレインロールを使用した。ハイスロールは、表面硬度が高く耐摩耗性であるが、熱膨張率が高いため、通常は最終のF7スタンドには使用されない。最終スタンドで熱膨張率の高いワークロールを使用すると、被圧延材のプロフィールが安定しないためである。

[0013] 図1は、100本の材料が圧延される圧延サイクルにおいて、5回（図1

において○の囲みを施したもの）の幅戻り圧延、すなわち幅 1 0 0 0 mm の幅狭の被圧延材（鋼帯）を圧延した後に、1 本の幅寸法が 2 0 0 mm 拡大した幅 1 2 0 0 mm の幅広の被圧延材の圧延が行われ、その後に再び幅寸法が 1 0 0 0 mm に幅戻りした幅狭の被圧延材の圧延が後続するシミュレーション条件が示されている。

[0014] 図 2 には、シミュレーションの結果として、幅戻り圧延における幅広の被圧延材の F 7 スタンド出側でのプロフィール（幅方向のクラウン分布）が示されている。

◆印で示される「1 本」は、幅 1 2 0 0 mm の幅広の被圧延材の圧延の直前に、幅 1 0 0 0 mm の幅狭の被圧延材 1 本が先行して圧延されている。■印で示される「1 5 本」は、同じく幅広圧延の直前に、1 4 本の幅狭の被圧延材が先行して圧延されており、「1 本」の幅広の被圧延材から起算して 1 5 本目の被圧延材である。▲印で示される「3 0 本」は同じく幅広の被圧延材の圧延の直前に、幅狭の被圧延材 1 7 本が先行して圧延されており、「1 本」の幅広の被圧延材から起算して 3 4 本目である。

そして、●で示される「5 0 本」は同じく幅広圧延の直前に、幅狭の被圧延材 1 9 本が先行して圧延されており、「1 本」の幅広の被圧延材から起算して 5 4 本目である。

[0015] 図 3 には、図 2 のシミュレーション結果に基づいて、ハイスポット量（最大クラウン差 ΔCR ）が示されている。図中の「◆」「■」「▲」および「●」は、上記の「1 本」「1 5 本」「3 0 本」および「5 0 本」にそれぞれ対応している。

[0016] 図 2 および図 3 から分かるように、幅狭の被圧延材を継続して圧延した後に幅広の被圧延材を圧延する場合、「1 本」を除いて「1 5 本」、「3 0 本」および「5 0 本」の場合では、幅広の被圧延材の幅端部近傍には ΔCR の大きな局所的な突起部（ハイスポット）が形成されて、その ΔCR は圧延本数が増えるにしたがって大きくなっている。

このように、幅狭の被圧延材を継続して行った後に幅広の被圧延材を圧延

した場合、幅広の被圧延材には、ワークロールのプロフィルが転写されて、被圧延材の幅端部において局部的に厚みが厚くなるエッジビルドアップと呼ばれる突起部が発生し、被圧延材のプロフィルの悪化を招いていると考えられる（エッジビルドアップについては図19参照）。

[0017] このハイスポットの形成メカニズムを探るために、F7スタンドでの上下のワークロールが形成するロールクラウンと摩耗プロフィルを求め、それぞれを図4および図5にそれぞれ示した。

「ロールクラウン」とは、ここではワークロール半径の初期値に、ワークロールの熱膨張量および摩耗量を合計して求めたワークロールのロールクラウンである。

なお、ワークロールの熱膨張量と摩耗量は、前述のシミュレーション条件の圧延履歴に基づいて、それぞれ予測計算することができる。

[0018] 図4および図5より幅狭の被圧延材の圧延本数が増加するのに伴い、ワークロールの摩耗が増加していることが分かる。これはロールクラウンがマイナス側に振れる原因であり、F7スタンドでのロールクラウンは、ロール摩耗に支配されて、図6に示すように幅端部に近づくにつれてロールクラウンがプラス側に振れることにはならず、エッジビルドアップ形成の要素はほとんど無い。

[0019] 一方、図6に圧延本数「50本」時のF5～F7スタンドの各スタンド別ロールクラウンを示すが、F5およびF6スタンドのロールクラウンがエッジにかけて増加している。

この構成要素の一つであるサーマルクラウン（熱膨張量）を図7に示すが、この図7からF5およびF6スタンドのワークロールのサーマルクラウン（熱膨張量）はF7スタンドのワークロールのそれに比べて大きいことが分かる（なお、図7においてF5とF6の曲線はほとんど重なっている）。

これは最終スタンドのF7スタンドでは、ワークロールにニッケルグレインロールが使用されているのに対して、F5、F6スタンドでは熱膨張率が比較的大きいハイスロールが使用されているためである。

[0020] 即ち幅戻り圧延における幅広の被圧延材のプロフィルの悪化の原因は、F 5 スタンドやF 6 スタンドの出側で発生したエッジビルドアップがF 7 スタンドのボックス型に摩耗したワークロールで圧延されて耳伸び形状となるメカニズムで発生したものと考えられる。

そこで、以上の幅戻り圧延時のメカニズムを踏まえて、以下のシミュレーションを行い、F 5 およびF 6 スタンドのワークロールの熱膨張の影響を低減する手段を探求した。

[0021] 図8に示す圧延条件でも、図1に示したものと同様に、7スタンドのタンDEM型圧延機で、F 5～F 7の後段スタンドのワークロールをシフト上限値+150mm、下限値-150mm、シフトピッチ30mmでシフトして先行する幅1000mmの幅狭の被圧延材の圧延を50本行い、次いで（本数67本目で）幅1200mmの幅広の被圧延材の圧延を行った。

本数67本目の幅1200mmの幅広の被圧延材の圧延では、図8に示すように、F 5、F 6スタンドのワークロールのシフト位置を一定ピッチのままシフトを続行した「0（現状設定値）」（▲印で表示）の圧延、およびシフト位置+150mm（◆印で表示）、+60mm（■印で表示）、-40mm（●印で表示）、-150mm（○印で表示）にそれぞれシフト位置を振って、シフト位置を変更して圧延の5つのケースについて、シミュレーションを行った。

[0022] ワークロールのシフト位置の異なる上記の5つのケースについて、F 7 スタンド出側でのプロフィルを図9に示した。また、図10に、この5つのケースについて、F 5 スタンドのワークロールの熱膨張量の最大値を示した。

図9から分かるように、サイクルシフト位置が-150mmのケースで最もプロフィルが改善されている。これは図10に示すように当シフト位置のF 5のサーマルクラウンが最小になるためである。

[0023] その理由を図11A～Cに基づいて示すと以下のとおりである。

図11A～Cは、F 5スタンドの圧延で想定される場合について、ワークロールのサーマルクラウンおよびその最大値（peak point）を被

圧延材 (s t r i p) とともに示したものである。

図 1 1 A は、熱膨張量 (サーマルクラウン) が最大となる p e a k p o i n t は板基準の中心付近に存在し、幅狭の被圧延材 (幅 8 0 0 m m) を圧延するケースを示している。図 1 1 B は、そこからサイクリックシフトの 1 ピッチ分がシフトし、かつ幅が広がった幅広の被圧延材 (幅 1 0 0 0 m m) の圧延をした場合、そして図 1 1 C は、図 1 1 B における圧延をワークロールのシフト位置を最大シフト量にシフトして行ったケースを示している。

[0024] 図 1 1 A のケースでは、熱膨張量が最大となる p e a k p o i n t が板基準の中心 (幅の 1 / 2 の部位) にあるが、幅狭の被圧延材を圧延する場合はサーマルクラウンによるクラウン量はほとんど被圧延材プロフィールには影響しない。しかし、幅広の被圧延材を圧延する図 1 1 B のケースでは、p e a k p o i n t の位置がほぼ変わらず、サーマルクラウンが成長した分、幅広の被圧延材の幅端部にはそのままサーマルクラウンが転写してエッジビルドアップとなる。

[0025] 一方、幅広の被圧延材の圧延時にワークロールのシフト位置を、図 1 1 B のサイクリックシフト予定の位置ではなく、最大シフト量の部位まで移動させた図 1 1 C の場合、p e a k p o i n t を圧延時に幅中心部から端部付近に移動させることができ、その結果、サーマルクラウンの転写を最小限に抑制できると考えられる。

図 9 でシフトを + 1 5 0 m m にした場合はエッジビルドアップが改善していないが、これは直前のワークロールシフト動作が + 1 5 0 ⇒ + 1 2 0 ⇒ + 9 0 ⇒ + 6 0 ⇒ + 3 0 の順序のため、シフト位置のマイナス側域に比べてシフト位置のプラス側域にサーマルクラウンがより大きく存在したことにより効果が薄れたものである。

[0026] 以上の分析を踏まえて、本発明では、幅戻り圧延などにおける幅狭の被圧延材の圧延に後続する幅広の被圧延材を圧延する際に、図 1 2 に示すステップ (1) ~ (8) により評価関数 $J_{\Delta CR}$ を計算しサーマルクラウンの影響を最も小さくすることができる最適のワークロールシフト位置を決定する。以下

にこの決定方法を説明する。

(1) ワークロールのシフト限界の計算

圧延サイクルにおける被圧延材の幅や設備限界を考慮して、ワークロールのシフト限界値を計算する。

(2) ワークロールシフトピッチの決定

圧延サイクルにおけるワークロールのサイクリックシフトのシフトピッチおよびサイクリックシフトからの変更限界を決定する。

(3) ワークロールシフト位置を変更（シフト下限～シフト上限）

シフト下限値とシフト上限値の間において、ワークロールのシフト位置を決定する。

なお、シフト下限値とシフト上限値は、以下の値を考慮して決定する。

シフト上限値 = MIN （サイクリックシフト上限、先行材位置 + 上下限値）

シフト下限値 = MAX （サイクリックシフト下限、先行材位置 - 上下限値）

(4) 幅広の被圧延材を圧延する際のロールクラウン予測値の計算

圧延サイクルの圧延履歴に基づいて、ワークロールの熱膨張量と摩耗量からロールクラウンの予測値 C_R を計算する。

(5) 幅広の被圧延材を圧延する際のロールクラウン目標値の計算

圧延サイクルの圧延履歴に基づいて、所定の式を設定してのロールクラウン目標値 C_{R*} を計算する。

(6) 評価関数 $J_{\Delta C_R}$ （目標との誤差）を計算

評価関数 $J_{\Delta C_R}$ は、上記の (4)、(5) で求めたロールクラウンの予測値と目標値とから、幅のエッジ部数箇所（例えば幅端部から 25 mm、75 mm、150 mm の 3 点）について下記の式より求める。

[数2]

$$J_{\Delta CR} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{CR_i - CR_i^*}{CR_i} \right| \quad \dots(1)$$

CR_i : ロールクラウンの予測値

CR_i^* : ロールクラウンの目標値

添え字 i : エッジ数箇所(上記の例では25、75、150の3点であるから
 $i=1\sim 3$ のいずれかの整数)を表す。

なお、ロールクラウンの目標値 CR_i^* は、例えば幅方向の2次関数となるように設定して、計算して求めることができる(図13参照)。図13における CR_0 はワークロールシフト位置により変化する値であり、 Wid は被圧延材の幅である。

(7) 全てのシフト位置で評価関数 $J_{\Delta CR}$ を計算

全てのシフト位置での評価関数を計算する。なお、シフト位置はサイクリックシフト圧延のピッチ幅よりも小さいピッチ幅(例えば5mm)で計算する。

なお、図12における「全てのシフト位置で計算」における「No」はワークロールのシフトストローク可能な範囲で $J_{\Delta CR}$ を計算していない箇所がある場合を、同じく「Yes」はワークロールのシフトストローク可能な範囲において全ての $J_{\Delta CR}$ を計算した場合をそれぞれ指している。

(8) 評価関数 $J_{\Delta CR}$ が最小となるシフト位置に設定→終了(End)

サイクリックシフトストロークが±150mm未満の設定の場合はその設定の範囲内でシフト位置を決定する。

[0027] このようにして、評価関数 $J_{\Delta CR}$ が最小になるワークロールシフト位置、即ちエッジビルドアップが最小になる位置を決定することができる。

このロジックを使用して、ワークロールシフトシフト最適位置を計算した

シミュレーション結果を図 1 4 および図 1 5 に示す。

シミュレーション条件は、図 1 4 に示したように、35本の被圧延材をシフト量30mmのサイクリックシフト法により圧延するスケジュールにおいて、幅1000mmの被圧延材を19本連続して圧延し、20本目の被圧延材の圧延では幅1200mmの板材、すなわち幅が200mm拡大した幅広の被圧延材の圧延を施し、次いで板幅1000mmの材料を15本連続して圧延した。

[0028] 図 1 5 A に、20本目の被圧延材の圧延において、シフト位置（-150mm～+150mm）で評価関数 $J_{\Delta CR}$ のシミュレーション結果を示した。

図 1 5 A から分かるように、プラス側のシフト位置+130mmで $J_{\Delta CR}$ が最小になっている。

図 1 5 B に本発明のロジックを適用したシミュレーション結果による圧延後のF7スタンド出側での幅端部の厚みプロフィルと従来のシフトピッチを変更しないサイクリックシフト圧延方法を適用した実績に基づく厚みのプロフィルとを示した。

本発明のロジックを適用した幅広の被圧延材の幅方向のプロフィルでは、従来の圧延方法が適用されたもの（従来例）に比べて、エッジビルドアップが改善されていることが分かる。

[0029] 本発明を適用するのに最も効果的なワークロールのロール種別は、幅広の被圧延材の圧延時に問題となるサーマルクラウンが支配的で、ロール摩耗が少ないロールである。

したがって、一般的に熱膨張係数の大きく摩耗が少ない特性を持つハイスロールを使用のスタンドでの実施が最も効果的であり、仕上げミル最終スタンドで多く利用されるニッケルグレインロールを使用するワークロールでは摩耗量が大きく上記の効果が減少する。

[0030] 本発明の決定方法から、本発明は幅戻り圧延における幅広の被圧延材の圧延のみならず、幅狭の被圧延材の圧延に後続する圧延が幅広の被圧延材である圧延の場合にも適用できることは明らかであるが、幅狭の被圧延材の圧延

が連続して多数行われた後に幅広の被圧延材が圧延される場合により効果的である。

被圧延材が鋼帯である場合、幅広の被圧延材の幅が先行する幅狭の被圧延材の幅よりも10～20%以上、好ましくは20%以上大きく、また幅狭の被圧延材の圧延が、連続して総圧延長にして5～10km以上、好ましくは10km以上行われる場合により効果的である。ここでの圧延長は被圧延材の長手方向（圧延方向）の長さである。

また、上記のシミュレーションでは、F1～F7スタンドからなるタンデム型圧延機のF5、F6のスタンドに適用したが、本発明は、スタンド数がいかなるタンデム型圧延機にも、さらには、1基からなる単独スタンドの圧延機にも適用できることは明らかである。

本発明の実施例を実機のタンデム型圧延機に以下のように適用して、その効果を確認した。

実施例

[0031] F1～F7スタンドからなるタンデム型の仕上げ圧延機を有する熱間圧延ラインにて本発明を実施した。ワークロールシフト機構はF5～F7スタンドに備えられている。F5～F7スタンドの各スタンドの設備仕様を表1に示す。

なお、F5、F6スタンドのワークロールにはハイスロールを、最終のF7スタンドにニッケルグレインロールをそれぞれ使用した。また、F1～F4スタンドでは、通常のクラウン制御が行われている。

[0032] [表1]

	F5	F6	F7
WR胴長 mm	2380	2380	2380
WRシフト位置上限值 mm	150	150	150
WRシフト位置下限値 mm	-150	-150	-150

[0033] F 5 ～ F 7 の 3 スタンドでは、ワークロールを被圧延材 1 本毎に一定のシフトピッチ 3 0 m m でシフトするサイクリックシフト圧延を行った。

そして、本発明のワークロールシフト位置変更は F 5、F 6 スタンドにおいて実施した。なお、F 7 スタンドのワークロールは摩耗大のためサイクリックシフト通りの設定である。

[0034] 被圧延材は中炭クラスの鋼帯であり、圧延サイクルにおける被圧延材の厚みと幅を図 1 6 に示した。

本発明の上記のワークロールシフト位置変更は、1 3 9 本目の被圧延材（図 1 6 において○印で囲みを施したもの）、すなわち先行材よりも幅寸法が 2 4 0 m m 大きい幅広の被圧延材について、実施した。

この幅広の被圧延材の前には、3 0 本の幅狭の被圧延材の圧延が連続して行われている。

図 1 7 に F 5 スタンドのワークロールのシフト量を示した。

[0035] 図 1 8 に本発明を適用した本発明例について、F 7 スタンド出側での厚みプロファイルを、従来例の結果とともに示した。

従来例では、F 5 ～ F 7 スタンドのワークロールはサイクリックシフト通りの設定である。

圧延後の被圧延材について、エッジ部での $\Delta C R$ が従来例では $25 \mu m$ を超える $30 \mu m$ 程度であるのに対して、本発明の本発明例では $\Delta C R$ が $25 \mu m$ を下回る $10 \mu m$ 程度であった。

このように、本発明によれば圧延後の被圧延材のエッジ部に発生するビルドアップ量を低減することができた。

請求の範囲

【請求項1】 圧延サイクル内の被圧延材について、ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えた圧延機により、予め定めた折り返し位置の間を往復しながら一定ピッチで被圧延材1本毎にワークロールをシフトする金属帯の圧延方法において、先行する被圧延材よりも幅広の被圧延材を圧延する際に、予め定めたワークロールシフトの折り返し位置の間で、下記の式（1）により求まる評価関数 $J_{\Delta CR}$ を最小にするように、ワークロールシフト位置を変更して圧延する金属帯の熱間圧延方法。

【数3】

$$J_{\Delta CR} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{CR_i - CR_i^*}{CR_i} \right| \quad \dots(1)$$

CR_i : ロールクラウンの予測値

CR_i^* : ロールクラウンの目標値

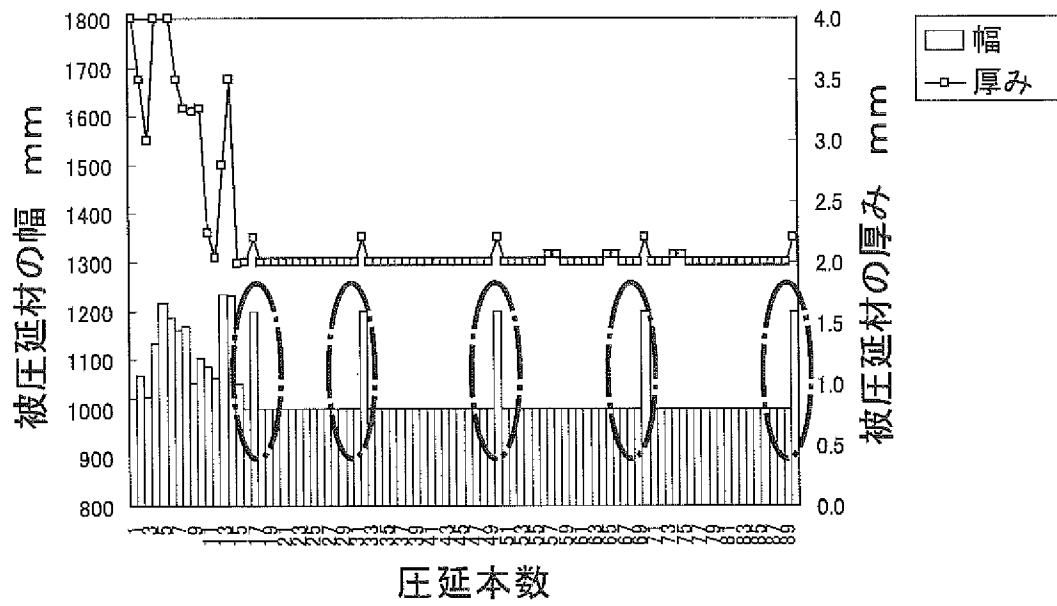
添え字 i : 幅方向のロールクラウン算出点を表す整数(1、…、 n)

【請求項2】 前記幅広の被圧延材の幅寸法が前記先行する被圧延材の幅寸法よりも10%以上大きく、かつ前記先行する被圧延材が連続して総圧延長にして5km以上圧延される請求項1に記載の金属帯の熱間圧延方法。

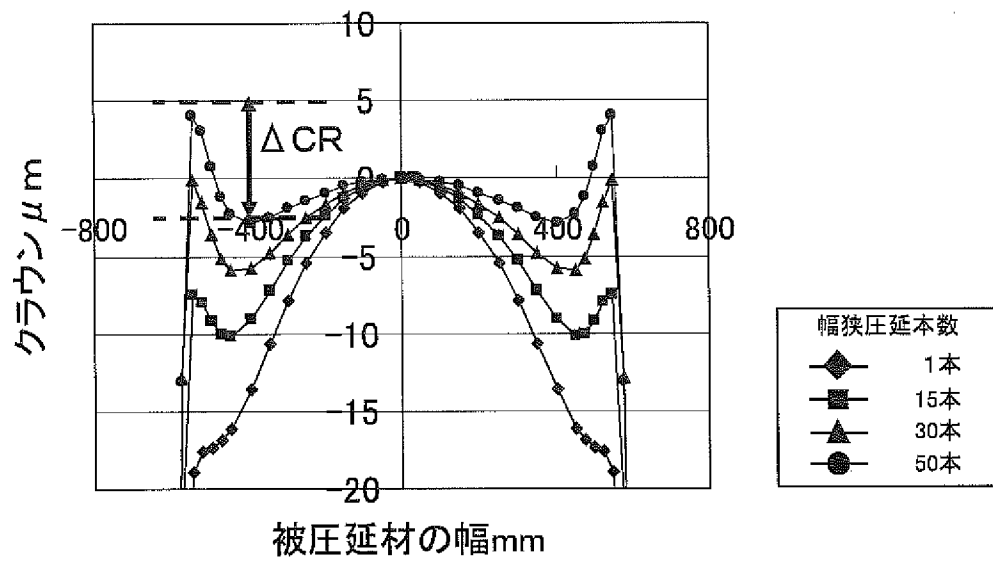
【請求項3】 前記ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えたスタンドがタンデム型圧延機の1つ以上のスタンドに設けられている請求項1又は2に記載の金属帯の熱間圧延方法。

【請求項4】 前記ワークロールを軸方向にシフトするシフト機構を備えたスタンドのワークロールがハイスロールである請求項1～3のいずれか一項に記載の金属帯の熱間圧延方法。

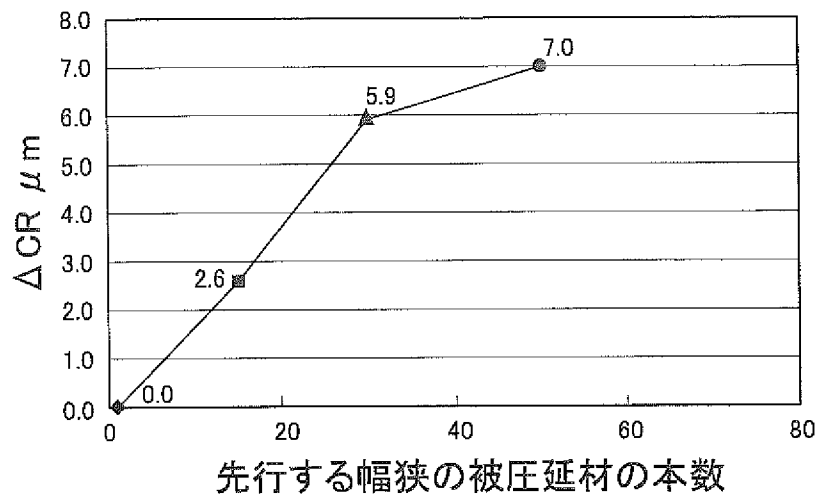
[図1]



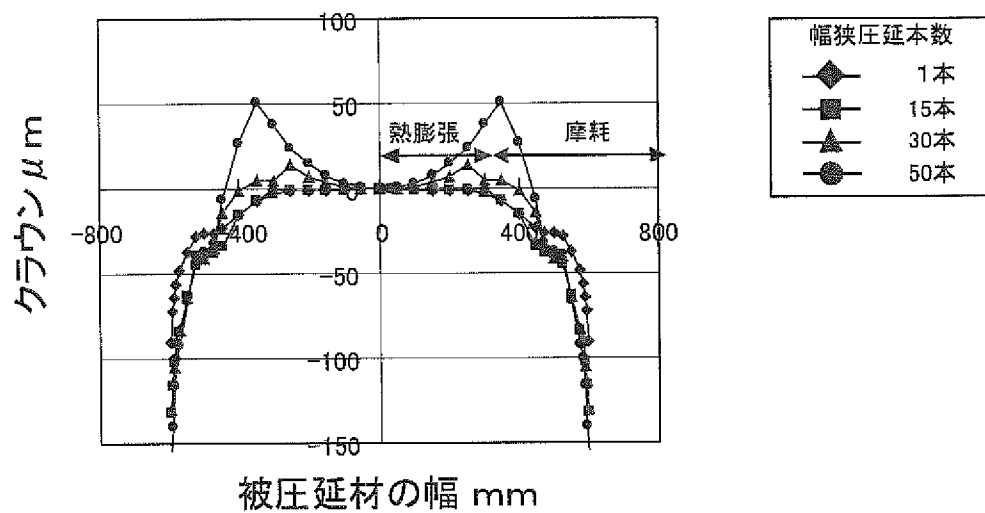
[図2]



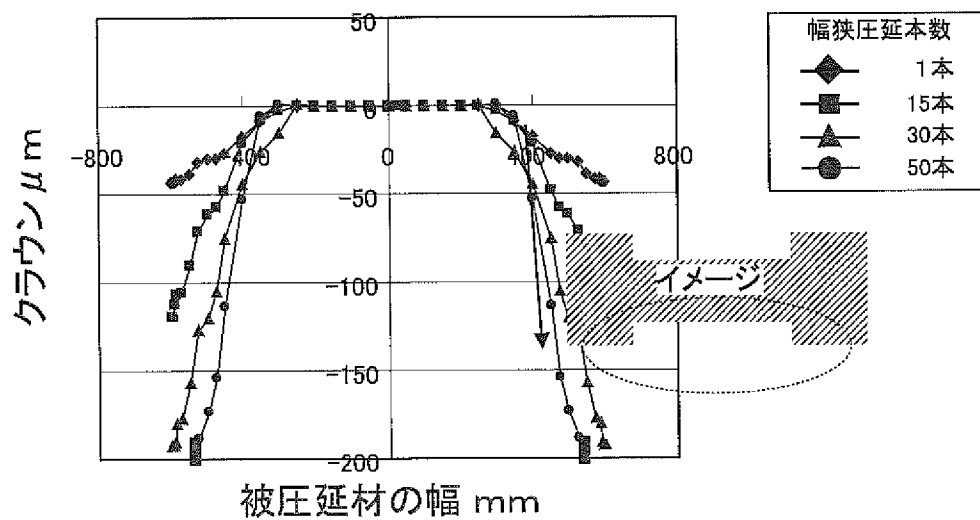
[図3]



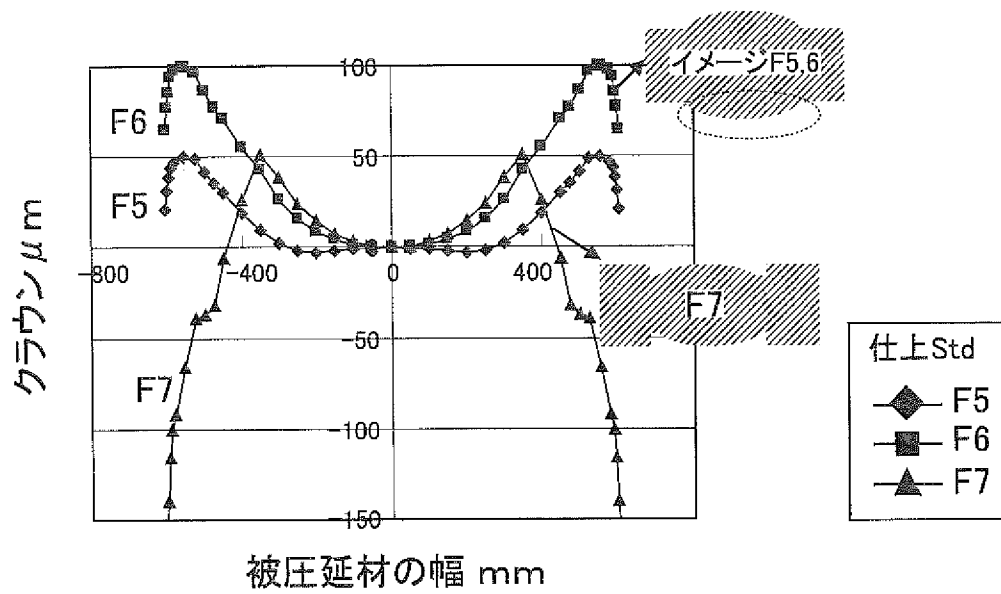
[図4]



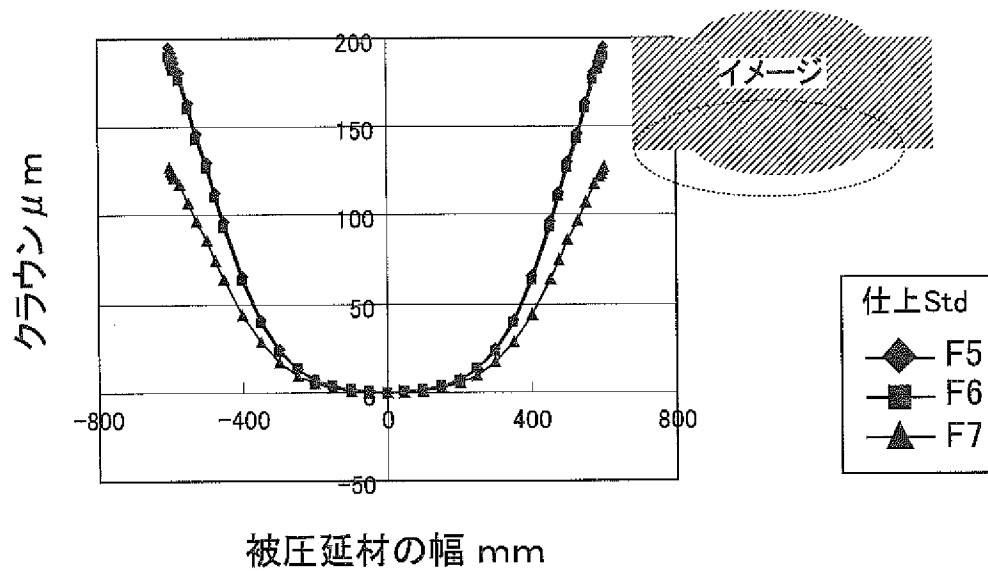
[図5]



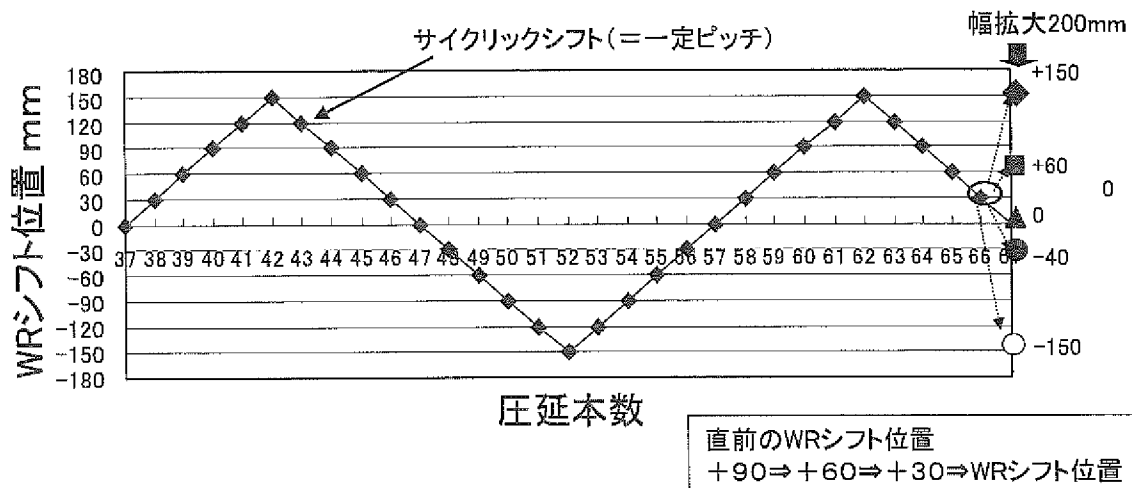
[図6]



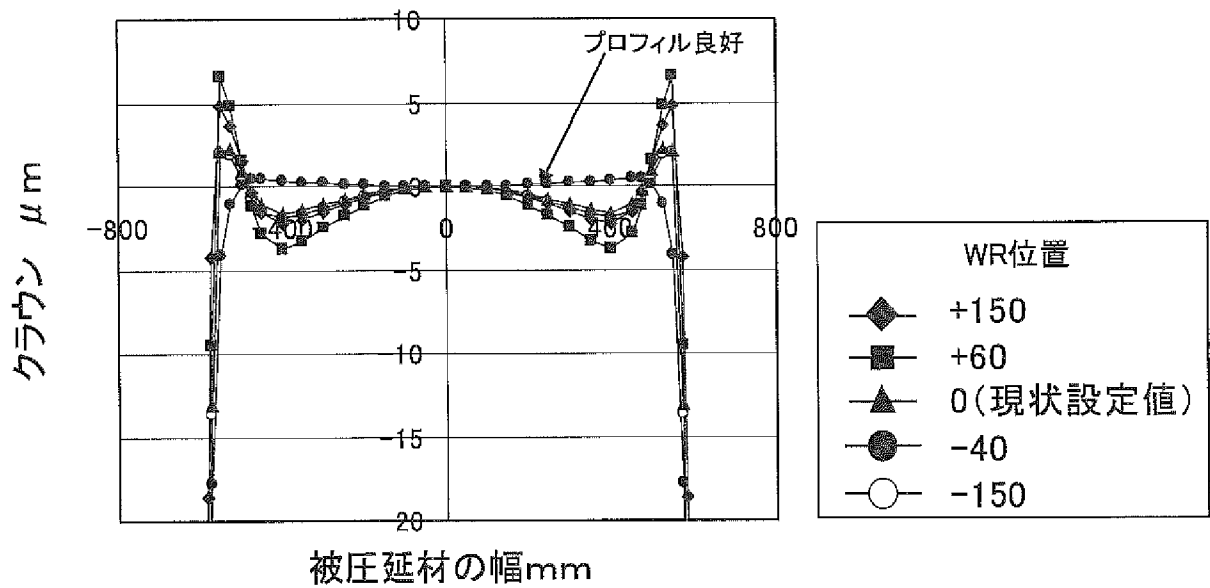
[図7]



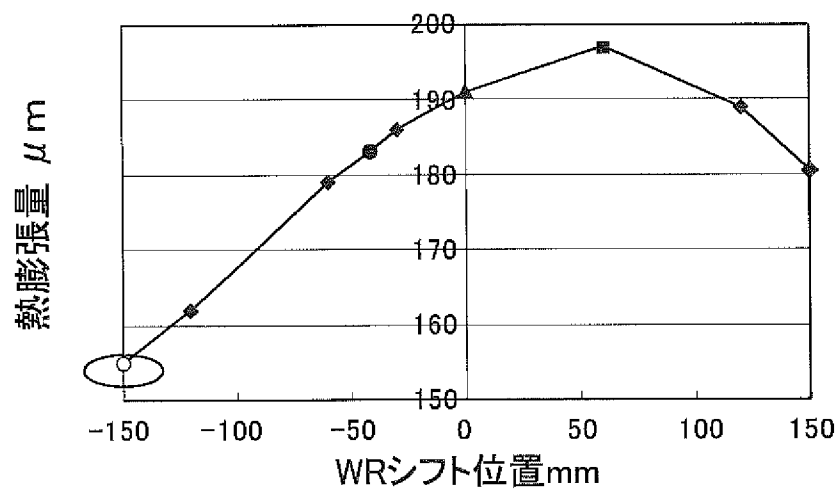
[図8]



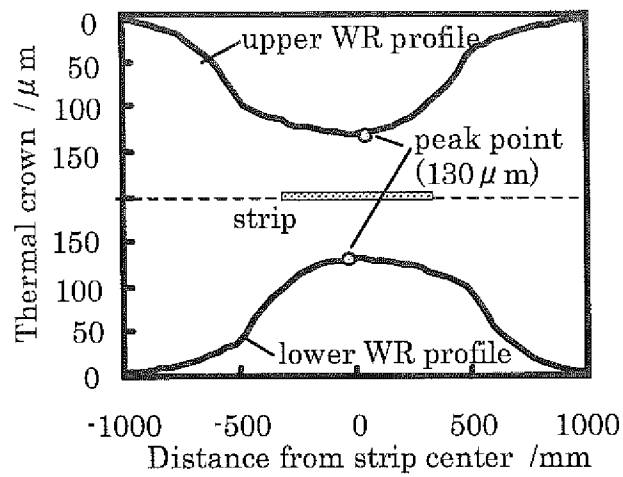
[図9]



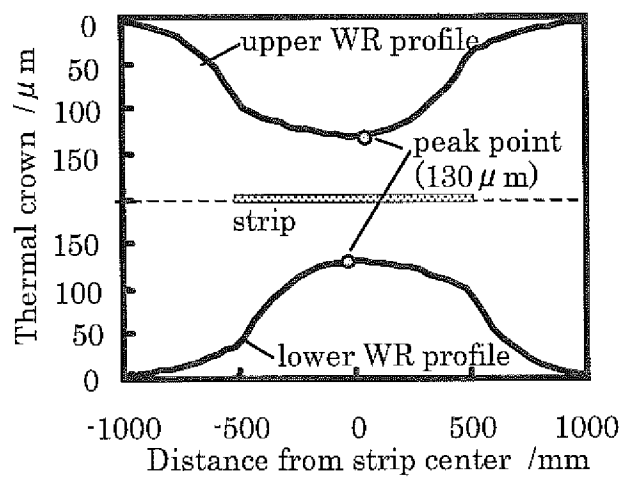
[図10]



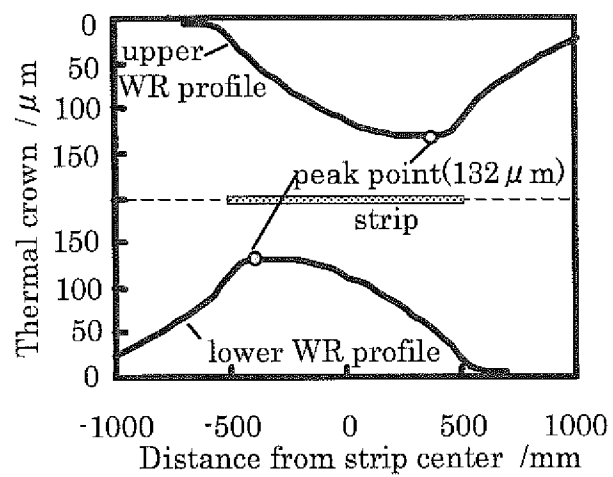
[図11A]



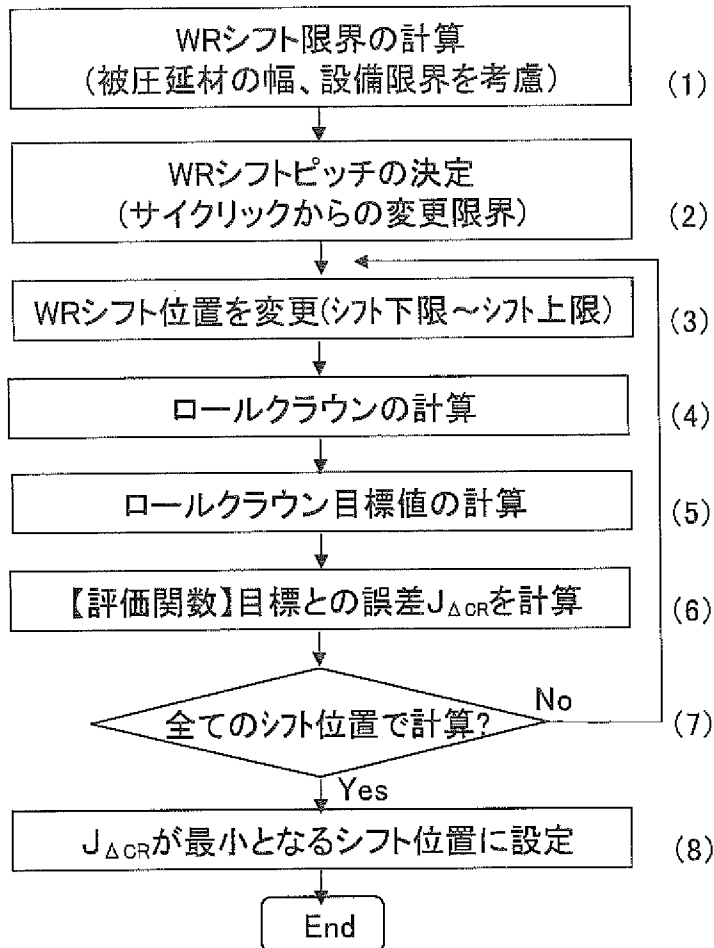
[図11B]



[図11C]



[図12]



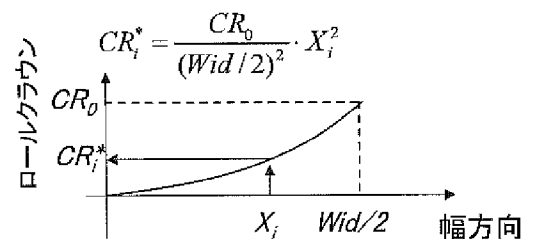
[図13]

評価関数計算方法 【評価点】

3点 エッジ25,75,150mm

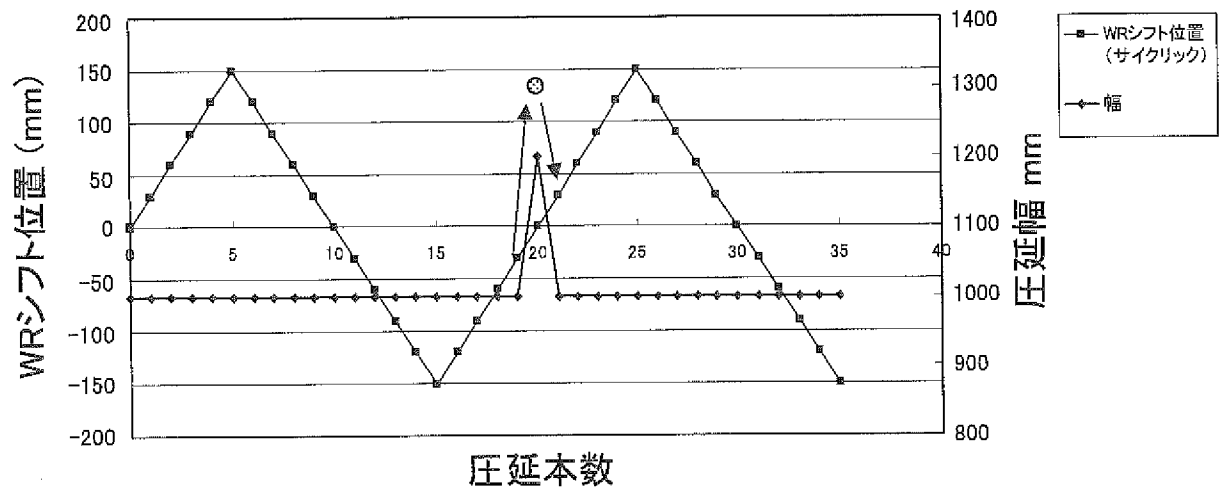
【評価関数】

$$J_{\Delta CR} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{CR_i - CR_i^*}{CR_i} \right|$$

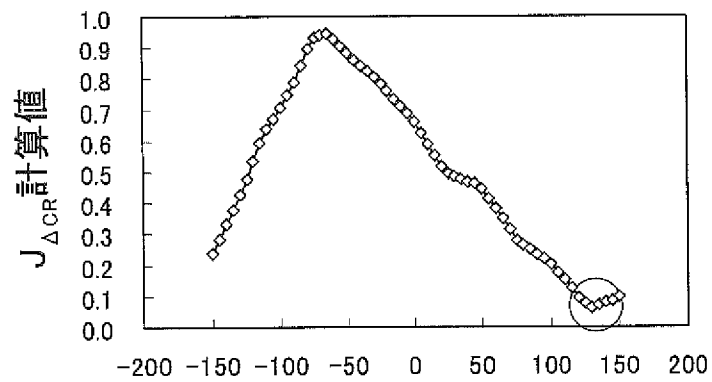


- CR_i ロールクラウン(熱膨張と摩耗を考慮)
- 添え字 i はエッジ25,75,150mmを表す
- CR_i^* はロールクラウンの目標値(幅方向の2次関数となるように設定)
- CR_0 はWRシフト位置により変化する値
- $Width$ = 板幅

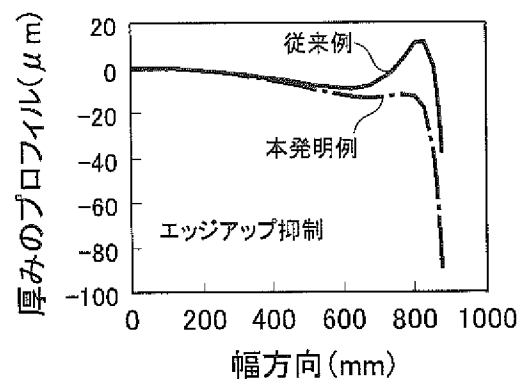
[図14]



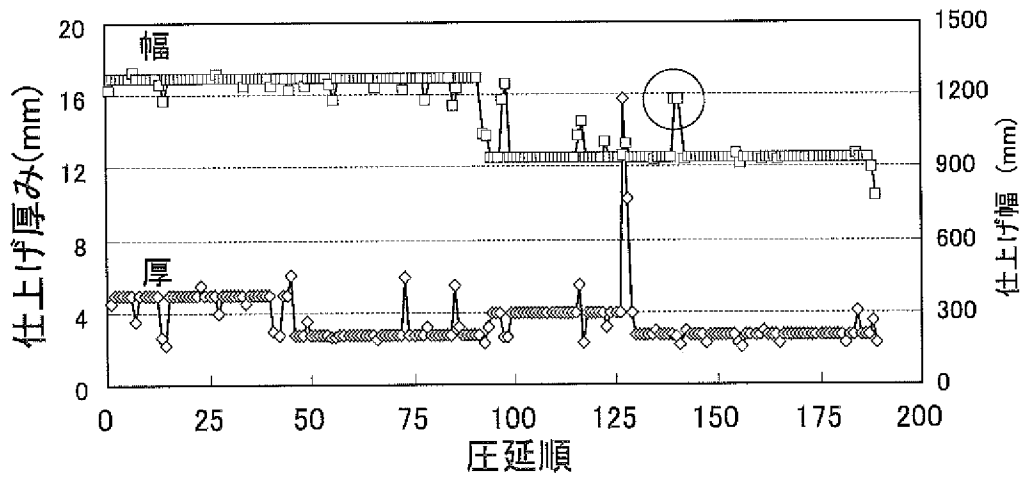
[図15A]



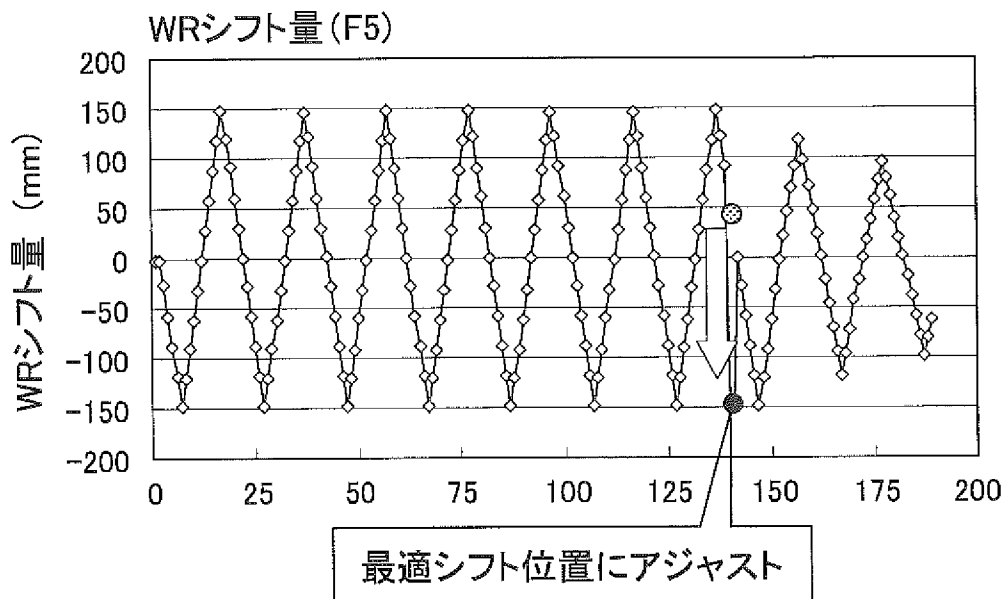
[図15B]



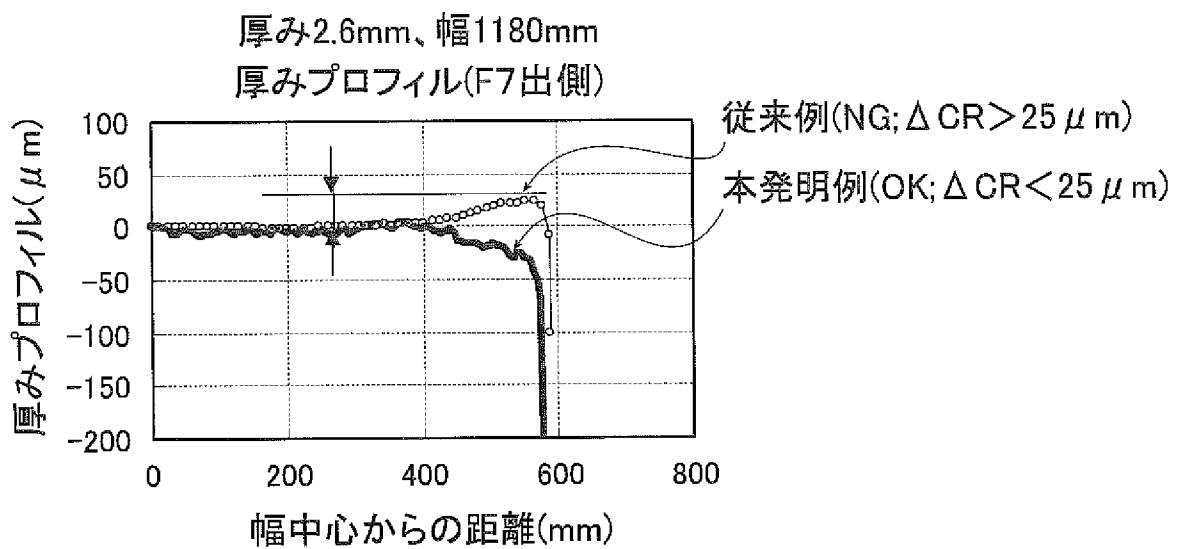
[図16]



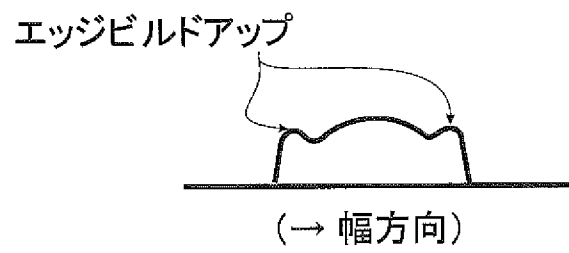
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B37/40(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)

B21B37/40

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-180334 A (JFE Steel Corp.), 12 September 2013 (12.09.2013), (Family: none)	1-4
A	JP 2003-305510 A (JFE Steel Corp.), 28 October 2003 (28.10.2003), & US 5860304 A & EP 791411 A2 & KR 10-0237506 B & CN 1164446 A	1-4
A	JP 2000-225407 A (Kawasaki Steel Corp.), 15 August 2000 (15.08.2000), (Family: none)	1-4

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 June 2015 (01.06.15)

Date of mailing of the international search report
09 June 2015 (09.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21B37/40(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（I P C））

Int.Cl. B21B37/40

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-180334 A（J F E スチール株式会社）2013. 09. 12, （ファミリーなし）	1-4
A	JP 2003-305510 A（J F E スチール株式会社）2003. 10. 28, & US 5860304 A & EP 791411 A2 & KR 10-0237506 B & CN 1164446 A	1-4
A	JP 2000-225407 A（川崎製鉄株式会社）2000. 08. 15, （ファミリーなし）	1-4

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

坂本 薫昭

4 E

9 2 6 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5