

# 熱間板圧延におけるワークロールシフトミル “HCW-MILL”の適用と効果

## Application of Work Roll Shift Mill “HCW-MILL” to Hot Strip and Plate Rolling

鉄鋼業界で、省エネルギー、製品品質の高級化及び歩留まり・生産性向上を目指した既設熱間板圧延設備のリフレッシュの要望が高まっている。この実現には、省エネルギー効果が大きい直送圧延を可能にするスケジュールフリー圧延、また品質の高級化と歩留まり向上を達成できる板クラウン制御能力拡大技術が不可欠である。日立製作所が発明・開発したHCW-MILLは、これらの課題を一挙に解決できる圧延機として大きくクローズアップされ、この3年間に急速に実機に適用されるに至った。

本報告では、HCW-MILLの基本特性をシミュレーションと操業データをもとに明らかにし、ホットストリップミルだけでなく、厚板ミル、ステッセルミルへの応用など、熱間板圧延設備全般への適用性について述べる。

中西恒夫\* Tsuneo Nakanishi  
杉山徳治\* Tokuji Sugiyama  
飯田芳彦\* Yoshihiko Iida  
西村貞夫\*\* Sadao Nishimura  
栗津原博\*\*\* Hiroshi Awatsuhara

### 1 緒言

近年、熱間板圧延設備で、省エネルギー、製品品質及び歩留まり改善を目的とした設備のリフレッシュが相次いで行なわれている。特に連続鋳造機と直結し直送圧延やホットチャージは省エネルギーの効果が大きい。この実現のためには鋼種、板幅などの圧延上の制約をなくして、任意の圧延鋼種が自由自在に生産可能(一般にスケジュールフリー圧延と呼ぶ。)とすることが不可欠である。一方、品質・歩留まり改善として、板クラウン(板幅方向の厚さ分布)精度向上及びエッジドロップ減少が望まれている。日立製作所の開発したワークロールシフトミル(HCW-MILL)は、上記を目的として、昭和57年稼動を開始した新日本製鐵株式会社八幡製鐵所納め新熱間圧延仕上ミルの6段圧延機に実機1号機として併用された。以来、その画期的な性能が認められ、かつ上記課題を解決できる圧延機として大きくクローズアップされ、表1に示すように、わずか3年の間に国内18ホットタンデムストリップミルの50%だけでなく、厚板ミル、ステッセルミルへと熱間板圧延全域にわたって12プラント(38スタンド)に採用されるに至っている。

以下、これまでの多数の納入実績の経験をもとに、HCW-MILLの基本特性とその応用及び効果について述べる。

### 2 HCW-MILLの基本特性

#### 2.1 HCW-MILLの運用と効果

HCW-MILLの基本特性を図1に示す。HCW-MILLの基本構成は、4段ミルで、軸方向にシフト可能なワークロールをもち、かつワークロールベンダをもつことである。

HCW-MILLでのワークロールの軸方向シフト方法は、その目的とする効果により、次の3種類に分けられる。

##### (1) サイクルシフト法

サイクリックにワークロールをシフトし、ロール摩耗とサーマルクラウンを分散平滑化する。

##### (2) 板クラウン制御法

ワークロールシフトにより、ワークロールとバックアップロールの胴部軸方向接触長さの調節により、板クラウンを制御する方法である。

##### (3) 片テーパロール位置制御法

ワークロール胴端部片側に設けたテーパを板端部に当て圧延し、その幾何学的形状により主にエッジドロップ改善を行なう<sup>1),2)</sup>。

後述する理由により、HCW-MILLでは、その目的に応じたシフト方法を採用する必要がある。例えばロール摩耗の激しい鉄鋼材の場合は、同時に二つの目的〔例えば、上記(1)と(2)、又は(1)と(3)など〕を達成することは困難である。以下各シフト法の特徴について述べる。

#### 2.1.1 サイクルシフト法(CS法)

従来の4段ミルでは、ワークロール組替え後の圧延順は、鋼種については同一又は類似のものに限定せざるを得ず、かつ広幅材から狭幅材へと移行する、いわゆるコフィンスケジュールがとられており、連続鋳造機と連結して、直送圧延やホットチャージ圧延を実現する上での制約であった。

この制約の理由の一つは、圧延機の板クラウン制御能力の不足であり、更に大きな障害は、図2に示すようにロールの段付摩耗が圧延材の本数に比例して増加するため、狭幅から広幅への圧延の移行は板プロフィール(板幅方向の厚さ分布)に段差又は突起が発生し、品質上許されなかったためである。また、同一幅の連続圧延には、板端部と接触するロールが局部摩耗し、これが板端部のプロフィールを異常隆起(エッジビルトアップ)させ、次工程での圧延を困難にするため、その数量に制限があった<sup>3)</sup>。

図1, 2のCS法は、このロールの段付摩耗と局部摩耗を解消する方法である。すなわち、上下ワークロールを点対称に1コイルごと(もしくは2コイル)に定められたシフト量 $\Delta S$ だけ動かし、シフトストローク内で規則的に往復させること

\* 日立製作所日立工場 \*\* 日立製作所機電事業本部 \*\*\* 日立製作所機械研究所



表1 ワークロールシフトミルの納入実績 主として既設ホットストリップミル、仕上ミルのリフレッシュ化に採用されている。また厚板ミルやステッセルミルなど熱間板圧延全般に適用拡大されつつある。

(a) タンデム仕上圧延機

| No. | 納入先                    | 適用 | 稼働開始         | 区分 | ロール面長 (mm) | 圧延速度 (m/min) | 圧延材                  | 圧延機形式                    | 作業ロールシフトストローク(mm) | 目的と効果  |
|-----|------------------------|----|--------------|----|------------|--------------|----------------------|--------------------------|-------------------|--|
| 1   | 新日本製鐵株式会社<br>八幡製鐵所     |    | 昭和57年<br>2月  | 新設 | 1,680      | 1,438        | 普通鋼<br>ステンレス鋼<br>電磁鋼 | HCW(F1,F2)<br>HCMW(F3~6) | ±75               | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 省エネルギー<br>●小径ロールによる後段<br>強圧下及び温度低下防<br>止<br>●バー増大と出炉温度<br>低下<br>(3) 高品質製品<br>●板クラウン・形状の改<br>善 |
| 2   | 日新製鋼株式会社<br>呉製鐵所第2ホット  |    | 昭和57年<br>10月 | 改造 | 1,810      | 1,148        | 普通鋼<br>ステンレス鋼        | HCW(F1~3)<br>HCMW(F4~6)  | ±100              | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善   |
| 3   | 川崎製鐵株式会社<br>水島製鐵所      |    | 昭和58年<br>5月  | 改造 | 2,300      | 1,485        | 普通鋼<br>合金鋼           | HCMW<br>(F5~7)           | ±100<br>(将来±150)  | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善   |
| 4   | 川崎製鐵株式会社<br>千葉製鐵所第1ホット |    | 昭和58年<br>5月  | 改造 | 1,422      | 684          | 普通鋼<br>ステンレス鋼<br>電磁鋼 | HCW<br>(F3~5)            | 0~275             | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善   |
| 5   | 日本鋼管株式会社<br>福山製鐵所第2ホット |    | 昭和59年<br>11月 | 改造 | 1,780      | 1,470        | 普通鋼<br>他             | HCW<br>(F4~7)            | ±200              | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善  |
| 6   | 川崎製鐵株式会社<br>千葉製鐵所第2ホット |    | 昭和60年<br>8月  | 改造 | 2,032      | 1,090        | 普通鋼<br>他             | HCW<br>(F5~7)            | 0~450             | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善   |
| 7   | 新日本製鐵株式会社<br>君津製鐵所     |    | 昭和60年<br>9月  | 改造 | 2,286      | 1,400        | 普通鋼                  | HCW<br>(F4~7)            | ±150              | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善  |
| 8   | 住友金属株式会社<br>鹿島製鐵所      |    | 昭和60年<br>12月 | 改造 | 1,780      | 1,310        | 普通鋼<br>他             | HCW<br>(F5,F6)           | 0~400             | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善   |
| 9   | 新日本製鐵株式会社<br>大分製鐵所     |    | 昭和61年<br>2月  | 改造 | 2,400      | 1,627        | 普通鋼<br>合金鋼           | HCW<br>(F4~7)            | ±150              | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善  |

(b) リバース式仕上圧延機

| No. | 納入先                | 適用 | 稼働開始         | 区分 | ロール面長 (mm) | 圧延速度 (m/min) | 圧延材        | 圧延機形式 | 作業ロールシフトストローク(mm) | 目的と効果  |
|-----|--------------------|----|--------------|----|------------|--------------|------------|-------|-------------------|--|
| 1   | アセリノックス社<br>(スペイン) |    | 昭和60年<br>6月  | 新設 | 1,750      | 600          | ステンレス      | HCMW  | ±100              | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善                  |
| 2   | 日本金属工業株式会社         |    | 昭和60年<br>8月  | 改造 | 1,580      | 400          | ステンレス      | HCW   | 0~275             | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善<br>(3) エッジドロップ改善 |
| 3   | 日本鋼管株式会社<br>福山製鐵所  |    | 昭和60年<br>11月 | 新設 | 4,700      | 386          | 普通鋼<br>合金鋼 | HCW   | 0~1,000           | (1) スケジュールフリー圧延<br>(2) 板クラウン・形状改善                  |

記号説明： HCMW(中間ロール及びワークロールシフトミル)、 HCW(ワークロールシフトミル)を示す。

により、ロール摩耗の幅方向へ分散ができ、同時にサーマルクラウンの分散を図る圧延方法である。

このCS法により、次の冷間圧延工程での部分的な条伸びの原因とされるハイスポットとエッジビルトアップが減少し、従来に比べて同一幅の圧延本数制限は、飛躍的に向上した。例えば、表1 No.4では、同一幅圧延本数は従来の50本に対して、100本可能となり<sup>4)</sup>、同表No.1では従来23kmの圧延長さ

に対し90kmが可能となった<sup>4)</sup>。

図2下は、CS法によって分散されたロール摩耗とサーマルクラウンを示し、ロール摩耗は方形状摩耗から台形状摩耗となり、サーマルクラウンは四次曲線から滑らかな台形状となるため、互いに相殺しスムーズなロールクラウンが得られる。

これにより、従来の4段ミルでは不可能とされた狭幅材から広幅材への同一ロールサイクル内での幅逆転圧延が可能と

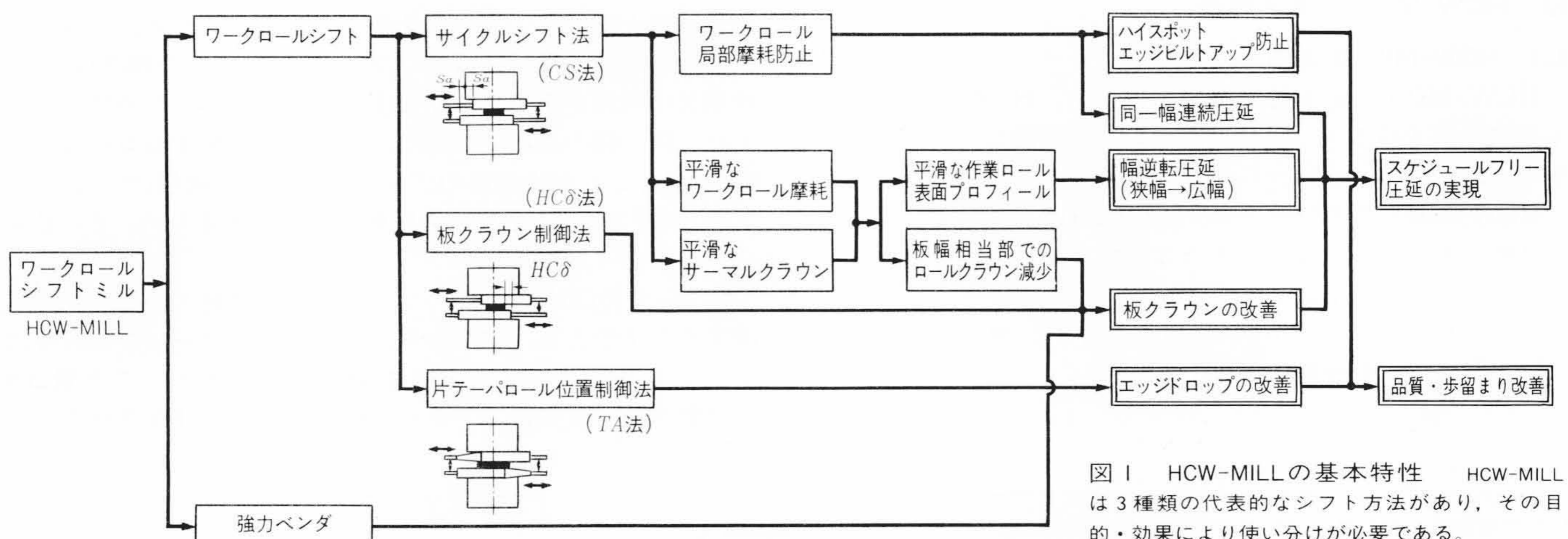


図1 HCW-MILLの基本特性 HCW-MILLは3種類の代表的なシフト方法があり、その目的・効果により使い分けが必要である。



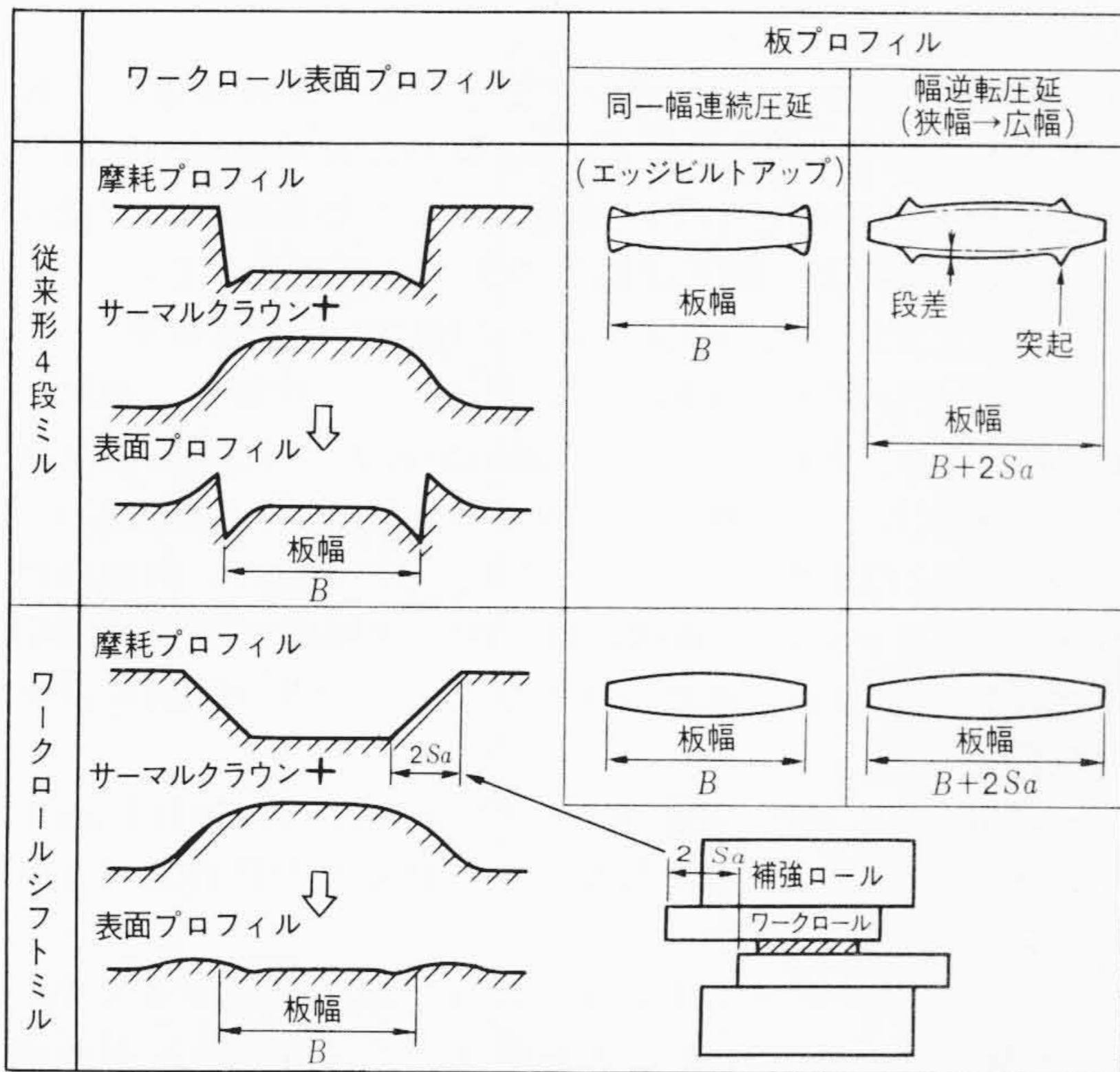


図2 HCW-MILLによる摩耗とサーマルクラウン分散効果(サイクルシフト法) HCW-MILLの採用により、エッジビルトアップ、ハイスポットが解消され、スケジュールフリー圧延を可能にした。

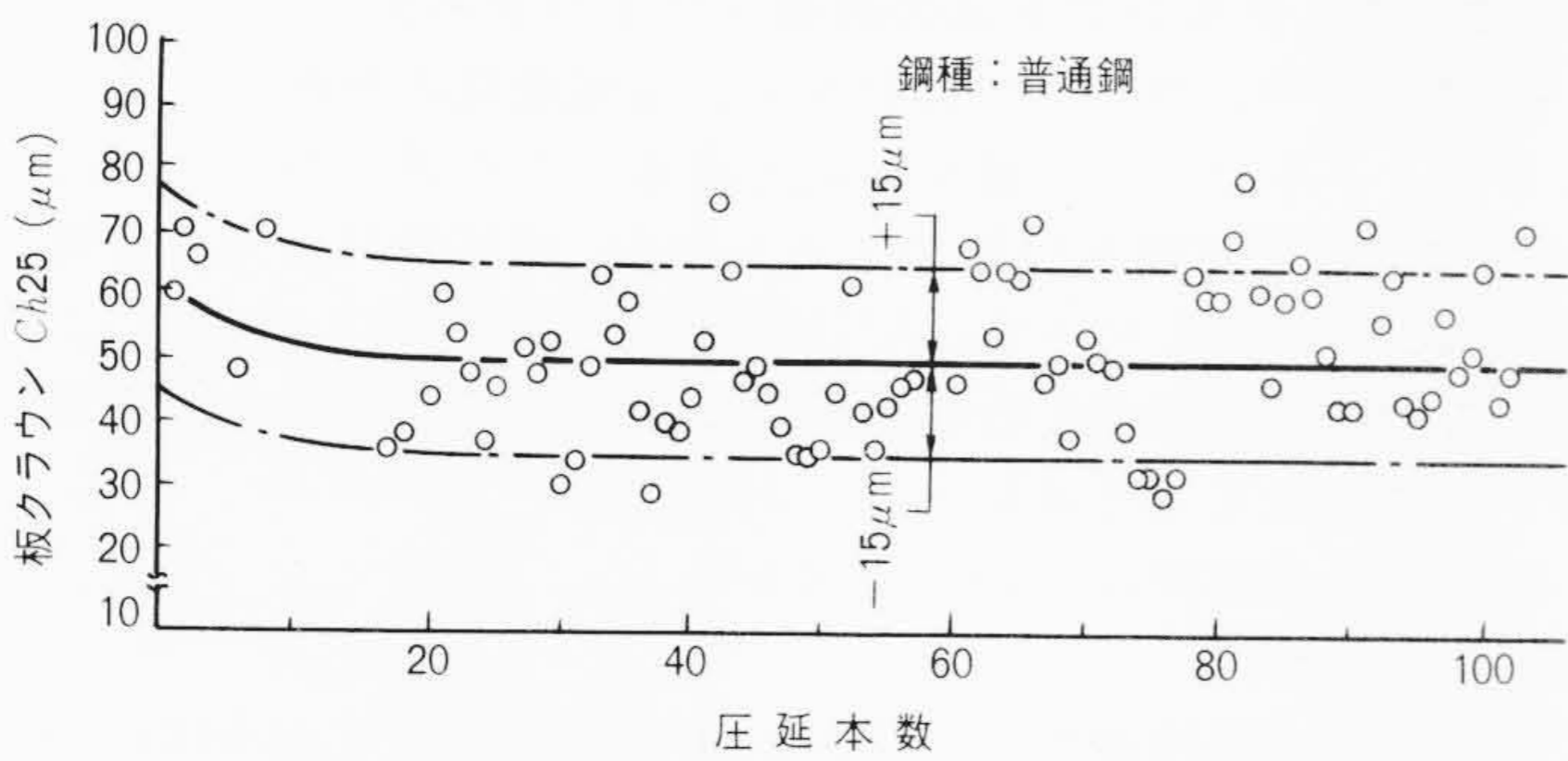


図3 サイクルシフト法による板クラウン変動(日新製鋼株式会社 2 ホットの一例) 従来4段ミルでの板クラウン変動は約100 $\mu$ mあったが、サイクルシフト法の採用により $\pm 15\mu$ m程度に減少できる(中間ロールシフトなし)。

なり、圧延スケジュール上の板幅に関する制約を一挙に取り払うことができるようになった。例えば、表1 No. 1のミルでは、狭幅圧延後350mmの板幅拡大の圧延を可能としている<sup>4)</sup>。

更に、CS法により、ロール摩耗の生成とサーマルクラウンの生成とが互いに相殺するため、1圧延サイクル内でのロールクラウンの変動が小さくなり、そのサイクル内での板クラウンをほぼ一定の目標値に保つことが可能となる。例えば、従来の普通鋼圧延では、圧延サイクル内での板クラウンは初期コイルの120 $\mu$ mから最終コイル(約100本目)の20 $\mu$ m程度までと、その変動量は約100 $\mu$ mもあった。一方、CS法を採用した表1 No. 2の操業データの一例を図3に示す。圧延本数103本に対して、板クラウン変動は、 $\pm 15\mu$ m程度に抑えられており、CS法によりロールクラウンの変動が小さくなることが実証された。また、他の設備でも圧延本数100本にわたって、 $\pm 15\mu$ mに抑えられた例が報告されている<sup>1)</sup>。

2.1.2 板クラウン制御法(HC $\delta$ 法)

アルミの圧延のように、ワークロールの摩耗がほとんどないか、あるいは問題とならぬほど少ない場合には、摩耗の板クラウンへの影響が皆無となるためワークロールのシフト位置は圧延材が胴部から外れない範囲で自在に設定することができる。これにより、図4 (a)の理想HC-MILLで得られるの

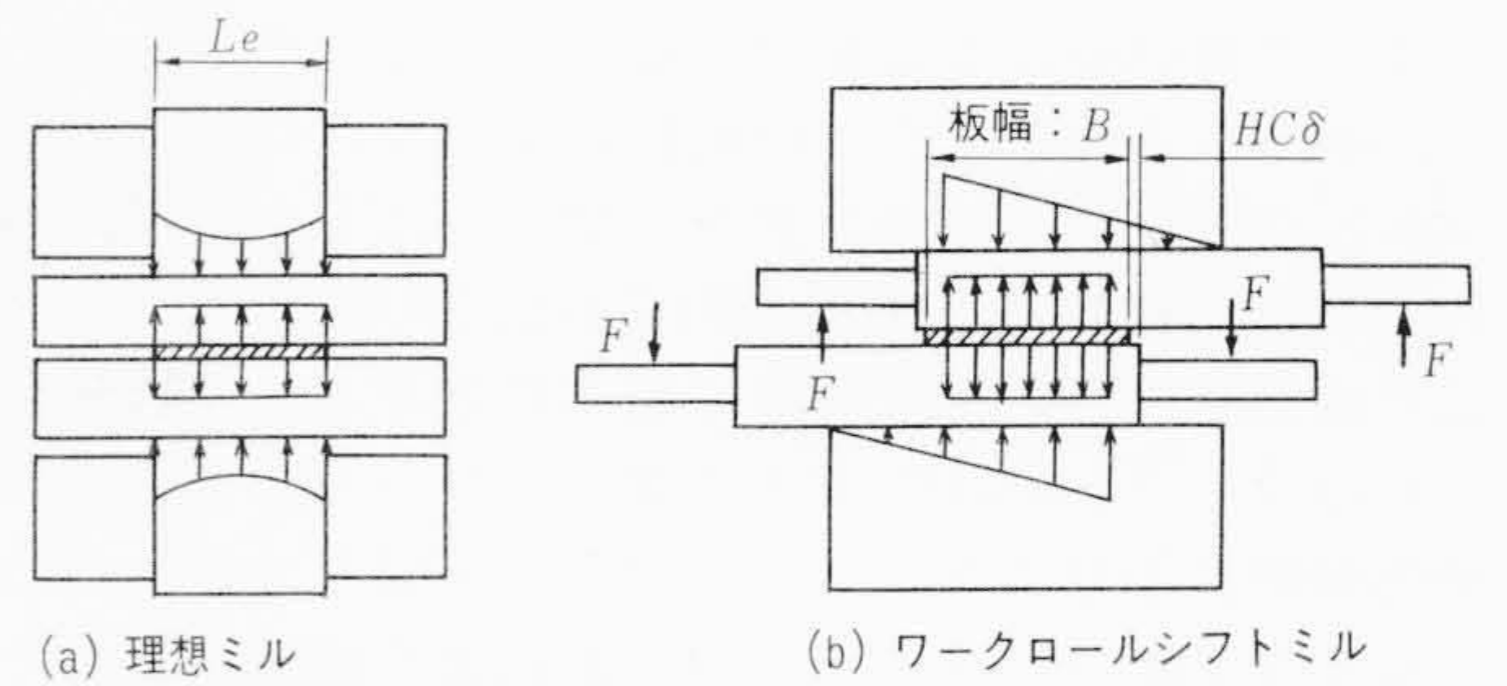


図4 HCW-MILLの荷重(線圧)分布 ワークロールシフトにより、理想ミルの荷重分布に近づけることができ、板クラウン制御能力が拡大できる。

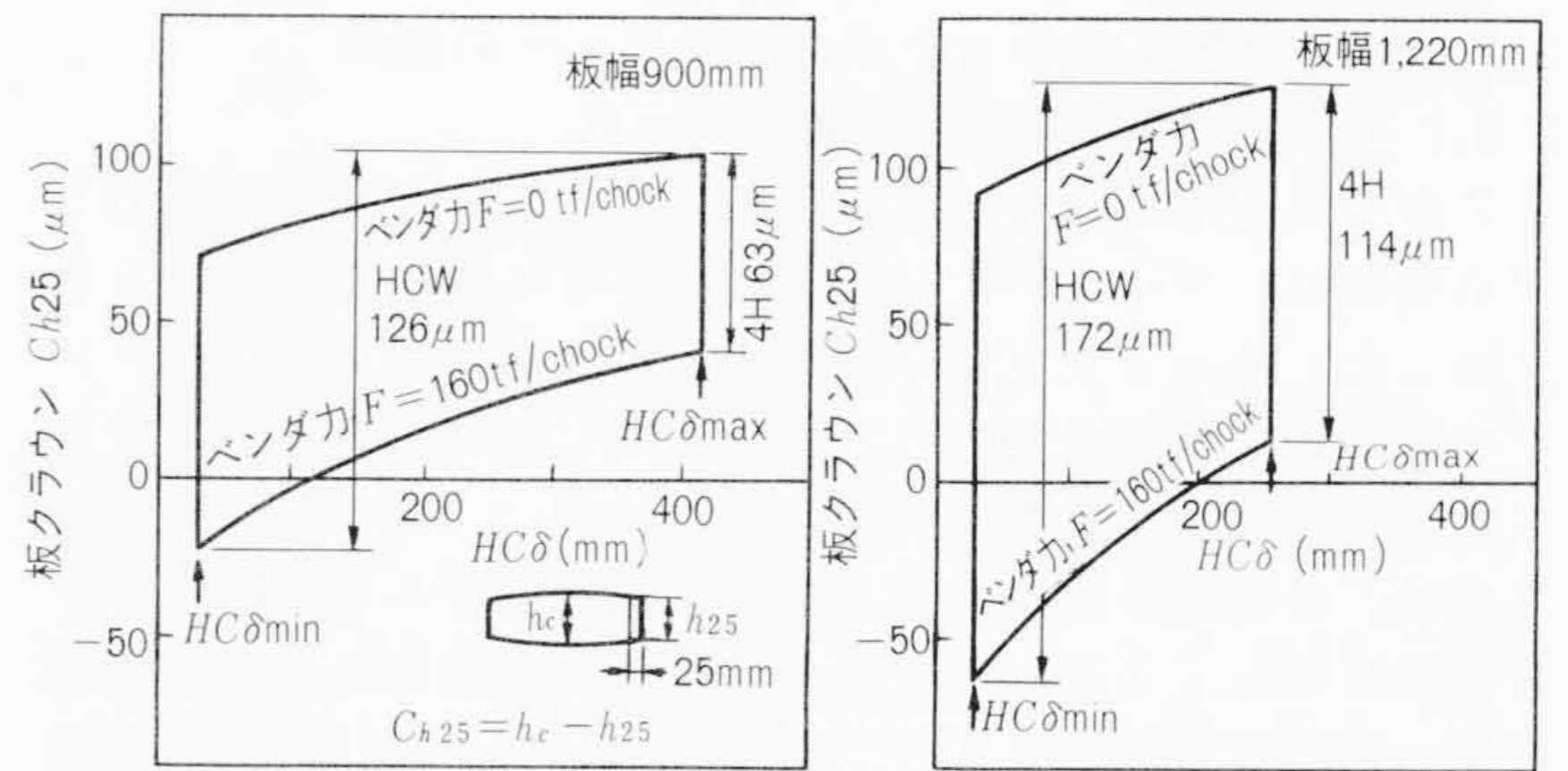


図5 板クラウン制御法(HC $\delta$ 法)による単スタンド板クラウン制御能力 ワークロールのシフトをHC $\delta$ 法で使用した場合、従来の4段ミルの約2倍の板クラウン制御能力をもつ。

と同様な効果が期待できる。すなわち、同図(b)のように、板端から外側の部分でのワークロールとバックアップロール間の荷重分布を取り除き、ワークロールにかかるむだな曲げモーメントの発生を抑えると同時に、ワークロールベンダを有効に作用させることができ、板クラウン制御能力の拡大が期待できる。図5は、単スタンドの板クラウンの制御能力のシミュレーション結果の一例を示すものである。板端とワークロール胴端の距離を示すHC $\delta$ が、HC $\delta$ minの状態では、ワークロールベンダ効果は、HC $\delta$ max(従来4段ミル相当)状態の約2倍程度となっている。

2.1.3 片テーパロール位置制御法(TA法)

熱延板のクラウンは、中央部のボディクラウンと板端部のエッジドロップから成り、このうちエッジドロップが、板厚精度、歩留まりに大きな影響を及ぼしている。

図1のTA法はワークロールの胴部の片側だけテーパを設けた片テーパワークロールを上下点对称に配し、このテーパ部が板端部よりも内側に位置させ、圧延材の板厚、板幅などに応じて、板幅方向に最適位置にシフトし、特にエッジドロップの減少により板クラウンの改善を図る圧延方法である。図6にTA法による板クラウンの改善効果のシミュレーションの一例を示す。計算に使用した胴端部テーパ形状を図中に示す。テーパの起点と板端間の距離をEL値と定義すると、EL値が大きくなると、板クラウンは直線的に減少している。TA法の圧延ではEL値を最適値にし、圧延サイクル内では、ほぼ一定値にするため、CS法のようにロール摩耗とサーマルクラウンの相殺効果はなく、コフィンスケジュール圧延が基本となる。したがって、狭幅材から広幅材への幅逆転圧延には工夫を要するが、本圧延法を開発した川崎製鉄株式会社で、表1 No.4の設備で、特殊鋼80本の連続コイルに対して $\pm 15\mu$ m以内に板クラウンを制御でき、実操業での効果は大きい<sup>1)</sup>。

以上、HCW-MILLの3種類の使い方について特徴を述べたが、重要なことは、それぞれの特徴を生かすように、使用



目的によって使い分ける必要があるということである。

一方、ホットタンデムミルに最初に採用されたワークロールシフト、ワークロールベンダと中間ロールシフトを同時にもつHCMW-MILL(6段HC-MILL)は、スケジュールフリー圧延と板クラウン改善を同時に達成できるという特徴をもつ。これはワークロールシフトの摩耗、サーマルクラウン分散平滑化効果によりスケジュールフリー圧延ができ、かつ中間ロールシフトとワークロールベンダにより板幅に応じた板クラウン制御ができるという機能分担が可能であるからである<sup>3)</sup>。新設ミルあるいは改造ミルでも、寸法的制約がない場合にはHCW-MILL以上の機能を発揮する。

## 2.2 HCW-MILLのホットタンデムミルへの適用

### 2.2.1 HCW-MILLの必要台数

スケジュールフリー圧延及び板クラウン精度向上を目的とする場合に、サイクルシフト圧延が非常に有効であることを上述した。ホットストリップ仕上ミルは通常6又は7スタンドタンデムで構成されており、理想的にはHCW-MILLは全スタンドに導入するのが望ましい。しかし、投資効率を考えた場合、必要最小限の台数を把握する必要がある。図7は、普通鋼圧延、7スタンドの場合のロール段差摩耗の製品板厚段差への転写率を示すものである。 $\alpha$ はロール組替え後100本のコイル圧延後の各スタンドのロールの直径摩耗量を示す。

ワークロール材質は前段F1~F3スタンドがアダマイト、後段F4~F7スタンドがニッケルグレンである。F1, F2のロールは黒皮生成のためほとんど摩耗はみられず、後段ニッケルグ

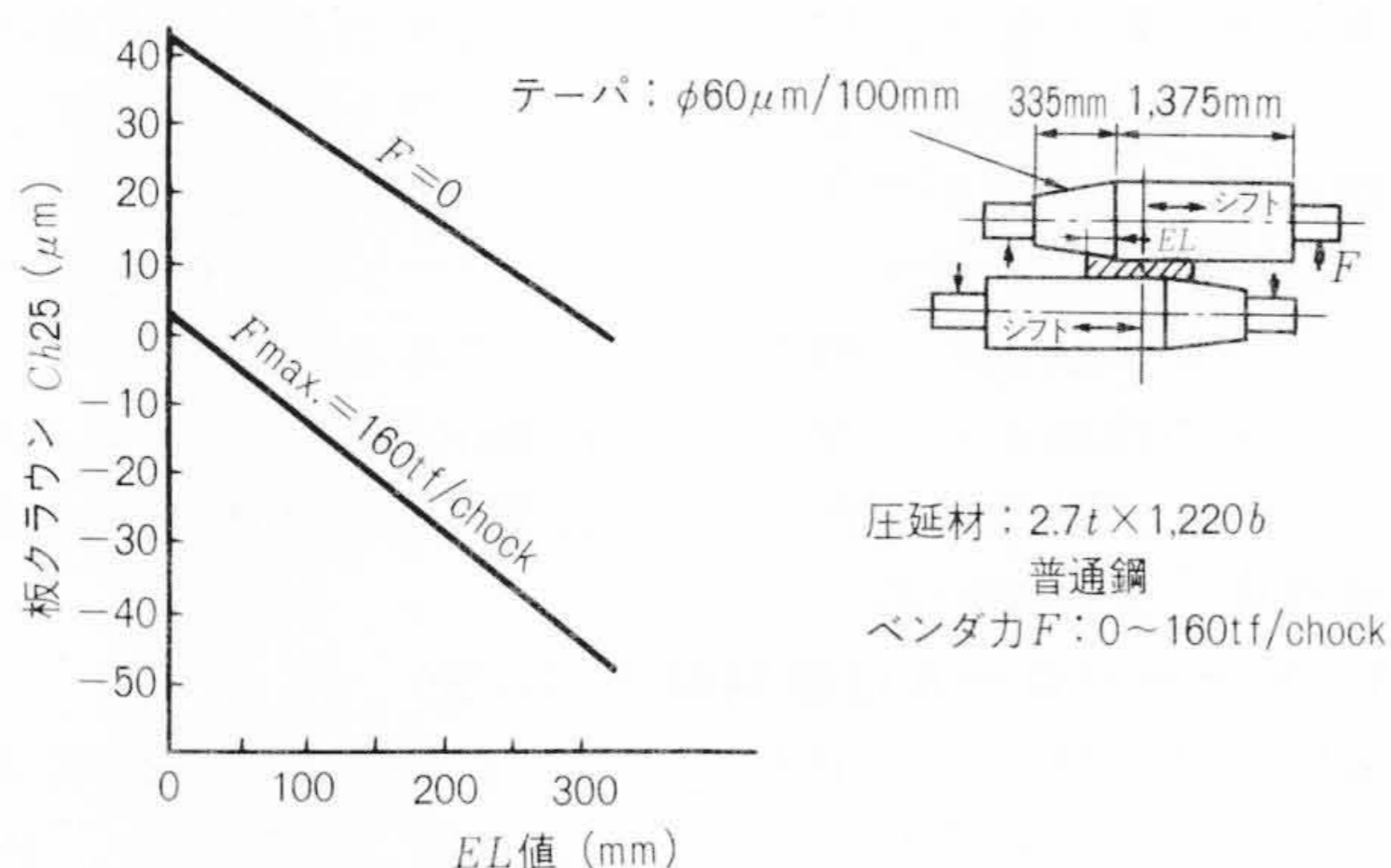


図6 片テーパワークロールの板クラウン制御能力(F6単スタンド効果) テーパ起点の板端からの距離EL値が増すほど、板クラウンはほぼ直線的に減少する。

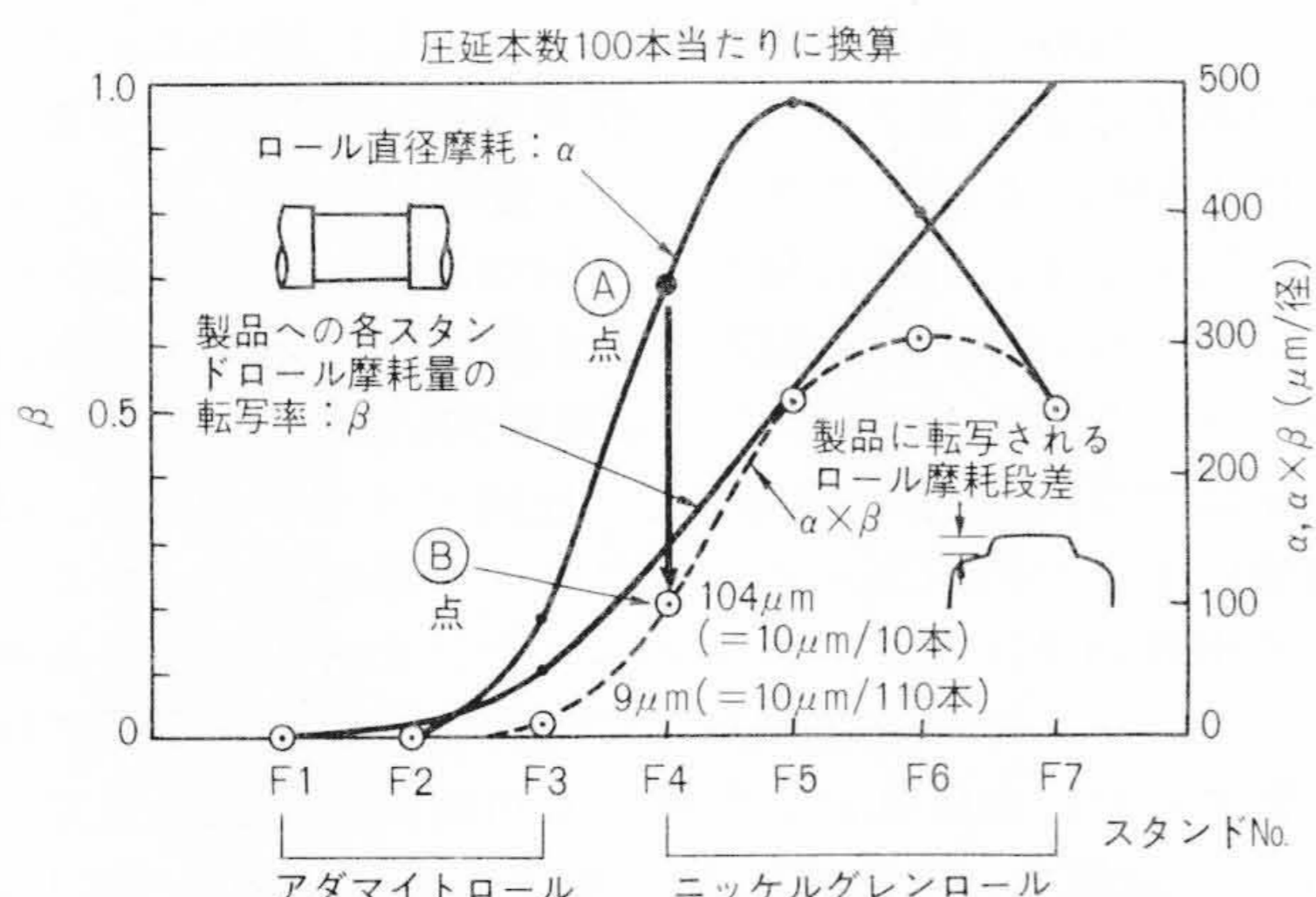


図7 ロール段差摩耗のストリップへの転写率 後段スタンド(F4, F5, F6, F7)でのロール摩耗が大きく、幅逆転時に転写する。したがって、スケジュールフリー圧延ではHCW-MILLを少なくとも4スタンド採用するのが望ましい。

レンロールの摩耗が大きい。

$\beta$ は実験的に求めた各スタンドごとのロール段差摩耗の製品板厚への転写係数を示し、 $\alpha \times \beta$ はロール段差摩耗の転写による製品板厚の段差を示す。製品板厚での局部的許容段差は $10\mu\text{m}$ と仮定すると、図7は以下のように説明できる。

ケースI: F5, F6, F7スタンドにHCW-MILL採用

F4スタンドは従来の4段ミルのため、同一狭幅材を連続して100本圧延後、F4ロールには $350\mu\text{m}$ (A点)の直径段差摩耗が生じ、101本目に広幅材圧延を行なった場合、その製品に $104\mu\text{m}$ (B点)の段差が生ずることを示す。したがって、許容段差が $10\mu\text{m}$ であるから、広幅材に移行前の狭幅材の許容連続圧延本数は10本となる。これはスケジュールフリー圧延には大きな制約となる。

ケースII: F4, F5, F6, F7スタンドにHCW-MILL採用

ケースIと同様な計算を行なって、狭幅材の許容連続圧延本数は110本となる。

したがって、7スタンドの場合には、最小限後段4スタンドにHCWミルを採用することが望ましく、6スタンドの場合には前段3スタンドがアダマイトロール、後段3スタンドがニッケルグレンロールであることから、少なくとも後段3スタンドにHCW-MILLを採用するのが望ましい。

### 2.2.2 サイクルシフト法の最適シフトパターン

CS法により、ロールの段付摩耗、局部摩耗の分散ができ、スケジュールフリー圧延が可能となることを述べた。しかし、CS法により段付摩耗は解消するものの、局部摩耗は完全に解消することは難しい。ここでは幾つかのシフトパターンにより、この局部摩耗が、どの程度まで小さくできるかを、計算モデルによってシミュレーションした。

以下、その結果について述べる<sup>5)</sup>。

#### (1) 計算モデル

コイル1本圧延後のワークロールの摩耗プロフィールは、一般に図8のように表わすことができる。

板中央部での摩耗量を $w_c$ とすると、

$$w_c = A \cdot \frac{P}{B \cdot l_d} \cdot \frac{L}{R} \dots\dots\dots(1)$$

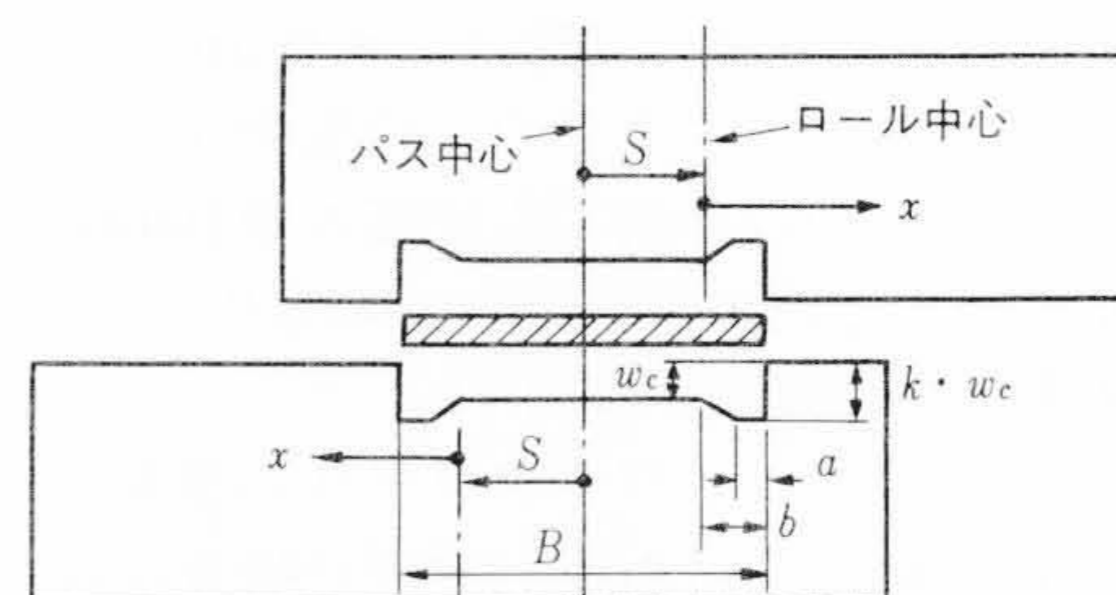
また、板端での摩耗量 $w_a$ は、

$$w_a = k \cdot w_c \dots\dots\dots(2)$$

ここに、上式及び図8中に示す記号を説明する。

- A: 摩耗係数
- B: コイル幅
- L: コイル長さ
- k:  $w_c$ に対する増加係数
- a, b: 板端部での摩耗形状係数
- x: ロール中心からの距離
- P: 圧延荷重
- $l_d$ : 接触投影長さ
- R: ワークロール半径

これら係数a, b, k, Aは各スタンド及び上, 下ワークロールについて摩耗プロフィールの実測値から決められる。



B: 板幅, S: 作業ロールシフト位置,  $w_c$ : 中央摩耗量, a, b, k: エッジ部摩耗係数

図8 ワークロールの摩耗プロフィールのモデル化 板端部での摩耗量が大きく、中央部に比べ( $k=$ )1.1~1.3倍となっている。



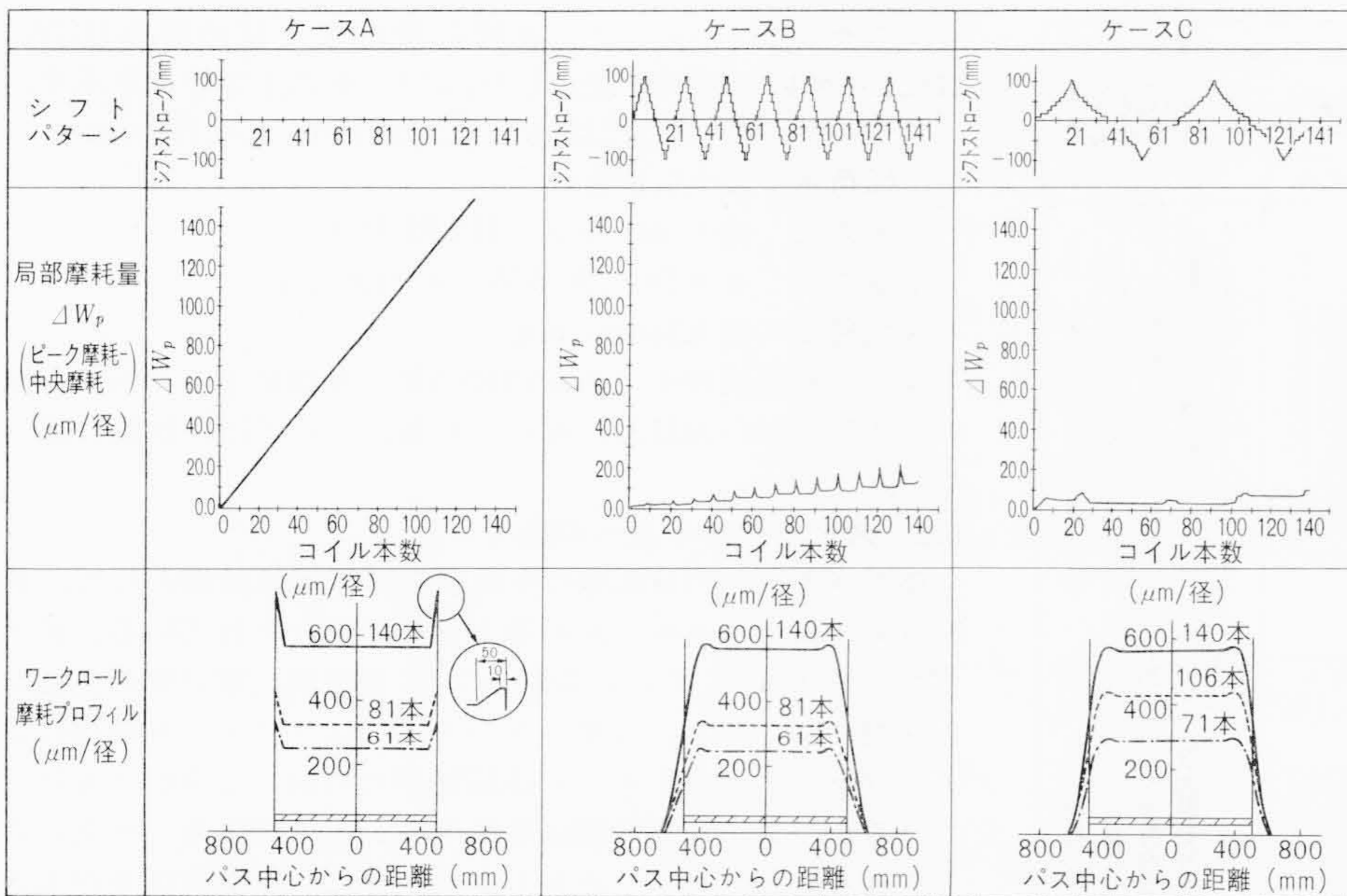


図9 サイクルシフト法による局部摩耗分散効果 板端部エッジ摩耗による局部摩耗量 $\Delta W_p$ は、最適なシフトパターンにより従来4段ミルの場合の $\frac{1}{3}$ 以下に低減できる。

以下のシミュレーションでは、実測データを基に決められた下記値を使用する。

$a=10\text{mm}$ ,  $b=50\text{mm}$ ,  $k=1.3$

また、簡単のため、コイル1本当当たりのワークロール中央摩耗量 $w_c$ として、下記値で代表させる。

$w_c=2\mu\text{m}/\text{半径}$

(2) シフトパターンとロール局部摩耗量の関係

シフトパターンを決定する因子は、シフト振幅(シフトストロークの $\frac{1}{2}$ ) $S_a$ 、1コイル当たりのシフトピッチ $\Delta S$ 、同一シフト位置 $S$ でのコイル本数 $\Delta i$ などがある。図9はシフト振幅 $S_a=100\text{mm}$ 、板幅=1,000mm、圧延サイクル本数140本とした場合のシフトピッチ $\Delta S$ 、及び同一シフト位置 $S$ でのコイル本数 $\Delta i$ を変えたシミュレーションである。ロール局部摩耗量 $\Delta W_p$ は、ピーク摩耗量 $W_p$ とパス中心部での摩耗量 $W_c$ との差(ロールギャップ換算)で定義する。ケースAは、シフトをしない場合であり、局部摩耗量はコイル本数の増加とともに増大し、10本圧延すると、ほぼ許容限界と考えられる局部摩耗率 $\Delta W_p=10\mu\text{m}$ を生じている。ケースBはシフトピッチ $\Delta S=20\text{mm}$ /コイルの場合の例で、最終コイル近傍では、 $\Delta W_p=25\mu\text{m}$ 程度にまで減少し、許容限界内では約50本の圧延が可能である。ケースCは同一シフト位置 $S$ でコイル本数 $\Delta i$ を変えた場合の影響をみたものである。シフト振幅中心付近でコイル本数を増やすことにより、140本全コイルにわたって許容限界 $\Delta W_p=10\mu\text{m}$ 以下と種々のケースの中で最も小さくなっており、シフトパターンとして最適となる。

更に図9には示さないが、シフト振幅は大きいほど局部摩耗量は小さくなる傾向は当然であるが、このシフト振幅(シフトストロークに対応)は、設備の構造上の制約、用途を考慮した上で適切な値に決定している。

2.2.3 タンデムミルでの板クラウン制御特性

ここでは、後段3ないし4スタンドにHCW-MILLを採用した場合の板クラウン制御特性のシミュレーション結果について述べる。スタンド数は7台、圧延機の仕様及び圧延スケジュールは表2に示すものを用いた。シミュレーションの方法は日立製作所が開発した圧延材の幅方向のいわゆる横流れを考慮した3次元モデルにより計算した。またHCW-MILLは、CS法によるシフトを行なうものとし、ワークロールの摩耗とサーマルクラウンの相殺効果も加味した。

図10にHCW-MILLの採用台数と強力ベンダの採用の組合せによる板クラウン制御範囲の関係を示す。

なお実機での円滑な操業という観点から、スタンド間では通板上の板形状の限度は急しゅん度3%以下、また最終スタンドでは形状がフラットであるとした。

全スタンド従来ミル、強力ベンダなしでは圧延サイクル内で板クラウン変動が $85\mu\text{m}$ 発生する。HCW-MILLを3スタンド採用した場合には、圧延サイクル内で板クラウン制御範囲に共通範囲をもち、したがって、圧延サイクル内で所望の一定板クラウンに保持することが可能となる。HCW-MILL台数が多いほどこの共通範囲が広くなり、圧延の自由度が増す。なおHCMW-MILLを使用した場合には、更に板クラウンと形状制御能力が向上し、各種板幅に対しても、常に共通範囲を広くとることができる。特に狭幅材でHCW-MILLとの差が大となる(図11)。

3 HCW-MILLのホットレバースミルへの適用

3.1 厚板ミルへの適用

最近、厚板ミルでは、製品品質向上を目的とした低温圧延や高圧下圧延の要求が増している。低温圧延時、従来どおり

表2 板クラウンシミュレーション用圧延機仕様と圧延スケジュール 既設圧延設備での一般的仕様と圧延スケジュールを用い、シミュレーションを行なった。

| ロール       |  | 形式 | 4H, HCW                    | HCMW                       |
|-----------|--|----|----------------------------|----------------------------|
| ワークロール    |  |    | $\phi 762 \times 1,730L$   | $\phi 600 \times 1,730L$   |
| 中間ロール     |  |    | —                          | $\phi 600 \times 1,730L$   |
| バックアップロール |  |    | $\phi 1,575 \times 1,730L$ | $\phi 1,575 \times 1,730L$ |

| スタンド      |         |    | F1    | F2    | F3    | F4    | F5    | F6  | F7  |
|-----------|---------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 板厚 (mm)   |         | 30 | 14.9  | 9.1   | 5.3   | 4.1   | 3.5   | 2.7 | 2.3 |
| 圧延荷重 (tf) | 4H, HCW | —  | 1,200 | 1,190 | 1,190 | 1,140 | 1,020 | 920 | 650 |
|           | HCMW    | —  | —     | —     | —     | —     | 810   | 730 | 510 |

| ケース | 形式   | F1    | F2    | F3    | F4    | F5    | F6    | F7    |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A   | ミル形式 | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    |
|     | ベンダ力 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| B   | ミル形式 | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    |
|     | ベンダ力 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 |
| C   | ミル形式 | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | HCW   | HCW   | HCW   |
|     | ベンダ力 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 |
| D   | ミル形式 | 4H    | 4H    | 4H    | 4H    | HCMW  | HCMW  | HCMW  |
|     | ベンダ力 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/160 | 0/100 | 0/100 | 0/100 |

注：ベンダ力 0/160(0~160tf/chock)



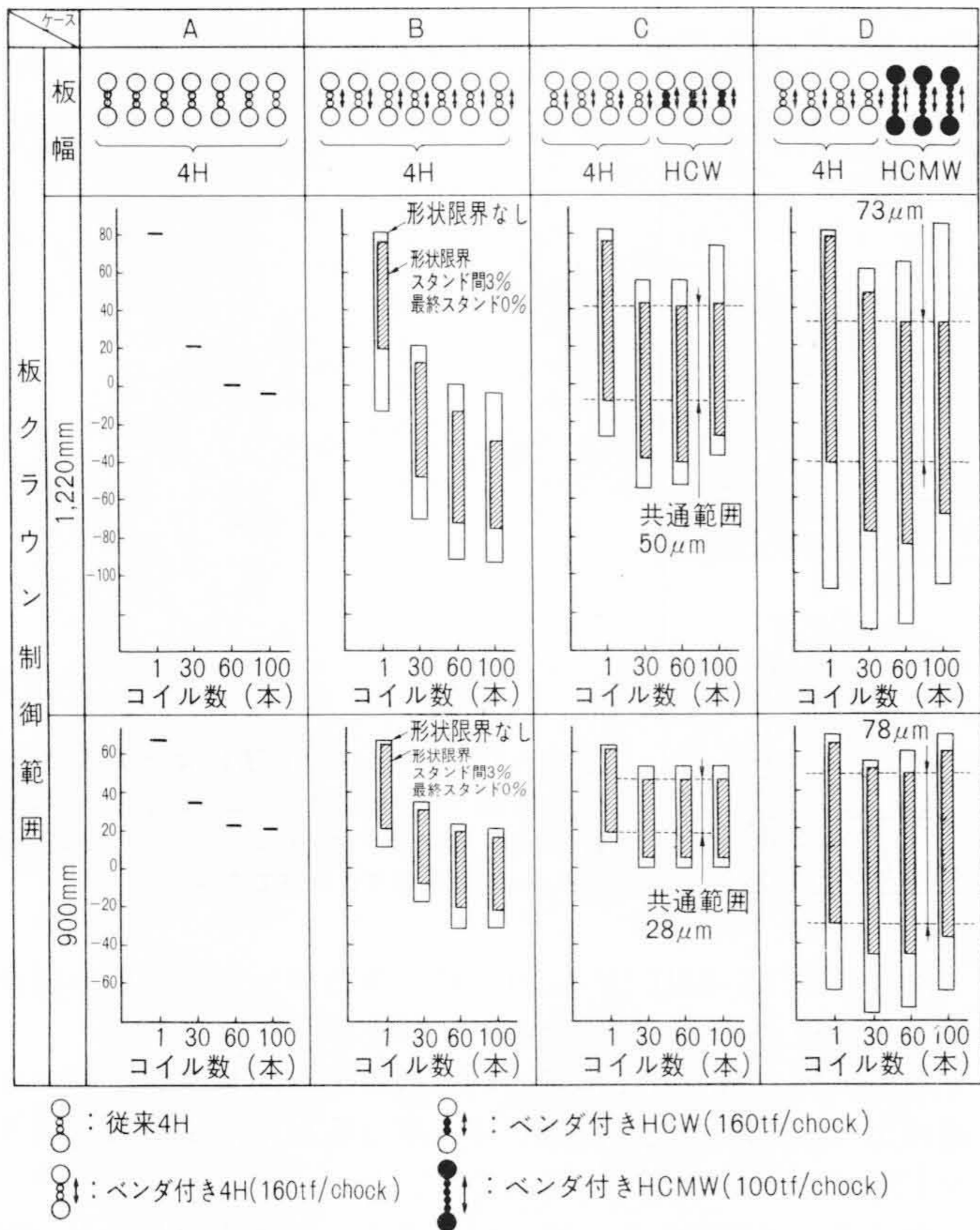


図10 HCW-MILLと強力ベンダ採用台数及び板クラウン制御能力  
従来ミルでは、サーマルクラウンの影響により板クラウンは約85μm変動する。HCW-MILLを後段3～4台採用することにより、圧延サイクル内板クラウン一定制御が可能となる。

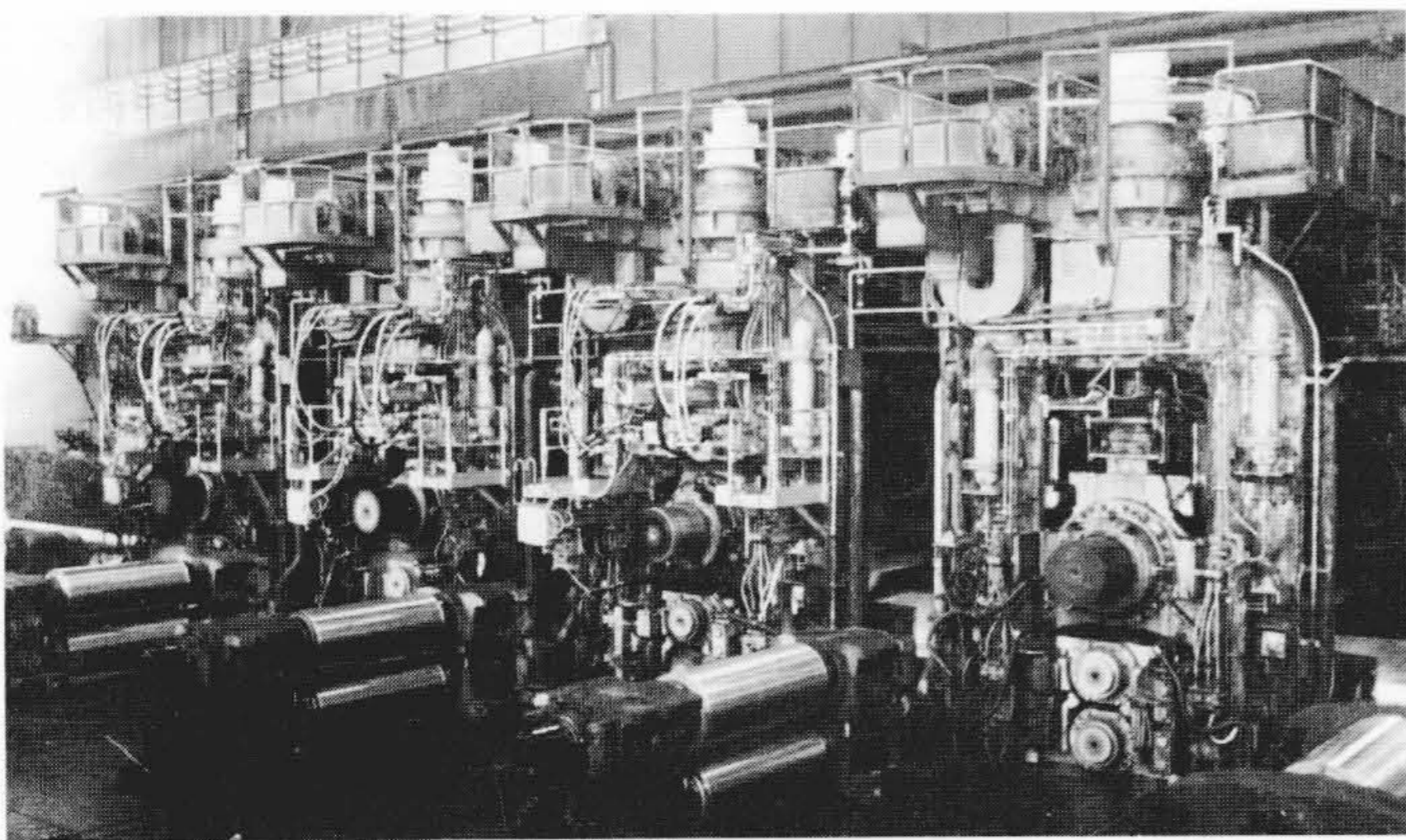


図11 ワークロールシフト化ホットストリップミル全景 日本鋼管株式会社福山製鉄所の既設仕上圧延機の後段4スタンドに採用されたHCW-MILL全景を示す。

のパススケジュールでは、圧延荷重が増大し、従来4段ミルでは、板クラウンやエッジドロップが大きく、形状も悪化する。このため、生産性を犠牲にしても、形状を確保するため最終の5パス程度軽圧下圧延せざるを得ないのが現状である。更に、スケジュールフリー圧延のニーズも高まっている。

加えて、既設ミルには、ハウジングの強度、ロールネック強度、軸受負荷容量、モータパワーの制約もあり、設備更新の気運が高まっている。

日本鋼管株式会社福山製鉄所では、昭和57年から厚板圧延設備更新の検討を開始し、種々のミル形式を比較検討の結果、昭和59年1月その高圧下高荷重圧延下での板クラウン制御能

力、スケジュールフリー圧延の優位性を認め厚板HCW-MILL 1号機の導入を決定した。以下、その主な仕様を示す。

ロールサイズ： $\phi 1,230\text{mm}/\phi 2,200\text{mm} \times L4,700\text{mm}$

圧延荷重：最大9,000tf

圧下方式：強力油圧圧下 HYROP-F

主電動機：2×DC6,500kW×40/100rpm

圧延速度：最大386m/min

現在、鋭意製作中であり昭和60年11月稼動予定である。厚板ミル用HCW-MILLの適用と効果については、次回に譲りたい。

### 3.2 ステッセルミルへの適用

年間30万～50万tf程度の中規模熱間板圧延設備として、最近各国でステッセルミルの導入検討が行なわれている。ステッセルミルは、ステンレス鋼のほか、普通鋼、電磁鋼の圧延にも採用されている。ステッセルミルでは、仕上ミル前後にコイラファーネスをもち、可逆圧延中の材料の温度低下を防いでいるが、コイル先後端は巻取ドラムとの接触及び外気にさらされる時間が長いことから、中央部に比べ温度低下が大きくなり、通常コイル先後端での板厚が厚くなるという問題点があり、板厚精度から歩留まりの低下を来している。

日本金属工業株式会社相模原製造所では、昭和59年6月ステッセルミルとして初めてHCW-MILLの導入を決定した。

その導入の主な目的は、ロールの局部摩耗分散対策と同時に板クラウン制御能力を向上させることにより、先後端部を板の形状を悪くすることなく、強圧下し、板厚精度を上げ歩留まり向上を図ることである。以下、主な仕様を示す。

ロールサイズ： $\phi 575\text{mm}/\phi 1,250\text{mm} \times L1,580\text{mm}$

圧下方式：強力油圧圧下 HYROP-F

主電動機：DC5,000kW×125/250rpm

ピニオンスタンド

圧延速度：最大400m/min

本設備は昭和60年8月改造を完了し、営業運転に入る予定である。

## 4 結 言

ワークロールシフトタイプHC-MILL (HCW-MILL)は、スケジュールフリー圧延を可能にし、板クラウン精度向上、エッジドロップ改善能力という点で、従来の4段ミルに比べ格段に優れた特性をもち、既設設備の改造には特に有効であることを述べた。既にホットストリップ仕上ミルでの操業実績により、HCW-MILLの性能は遺憾なく発揮、証明されているが、今後は厚板ミル、ステッセルミルなど新分野での本ミルの特性・効果を、実操業データをもとに明らかにしてゆきたい。終わりに、本HCW-MILLを新設、既設ミルの改造に採用いただいた関係各社に対し深謝申し上げる次第である。

## 参考文献

- 1) 北浜, 外: プロフィール制御の方法, 昭和59年度塑性加工春季講演会講演論文集, 115~188(昭和59年5月)
- 2) 北浜, 外: テーパジャスト法による単スタンド制御効果, 同上論文集, 119~121(昭和59年5月)
- 3) 福井, 外: 熱間帯鋼圧延におけるHC-MILLの応用, 日立評論, 65, 2, 98~102(昭58-2)
- 4) T.Asamura: Technology of the Schedule Free Rolling on a New Type Hot Mill, Advanced Technology of Plasticity 1984 Vol. II
- 5) 粟津原: 作業ロールシフトによる摩耗分数の検討, 第79回圧延理論部会資料(昭和59年11月)