U.D.C. 621.771.23.016.3-887

最新のコールドタンデムミル

Recent Development and Trend in Cold Tandem Mill

加藤孝之* Takayuki Katô　梶原利幸* Toshiyuki Kajiwara
秦和宣* Kazunori Hata　藤野伸弘* Nobuhiro Fujino

要　旨

最新のコールドタンデムミルの概要，およびこれらに応用されている自動ハンドリング，自動ロール組替え，自動通板，油圧圧下装置，および形状制御などの新技術の特長と傾向について紹介する。

1. 緒　言

最近のわが国の鉄鋼業の躍進はめざましいもので，世界の注目を集めている。設備面においても，表1に示すように，作業能率の向上および省力化のため大幅な自動化が行なわれ，さらに，品質面においても，油圧圧下の採用およびこれらによる高度の自動板厚制御，形状制御などが取り入れられ，能力および性能において世界最高水準をゆくものとなっている。

日立製作所においては，1968年に新日本製鐵株式会社君津製鐵所に2,180 mm幅5スタンドコールドタンデムミルを1号機として納入して以来，1969年川崎製鉄水島製鉄所に5スタンドコールドタンデムミルを納入し，現在，圧延速度2,500 m/minという世界最高速の6スタンドコールドタンデムミルおよびオーストラリヤ向け2,032 mm幅5スタンドコールドタンデムミルを製作中である。これらの製作経験および稼働実績に基づき，最新のコールドタンデムミルの傾向および新技術について述べる。

2. 作業能率の向上および省力化

2.1 コイルハンドリングの自動化

最近のように，コイルが，大重量化，大径化するにつれ，人間によるコイルの取り扱いは困難になってきたことおよび作業人員の削減のため，コイルハンドリングの大幅な自動化が強く要求されてい

表1　最新のコールドタンデムミルの仕様一覧表

製鉄所名		川崎製鉄株式会社　水島製鉄所	新日本製鐵株式会社　君津製鐵所	新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所(2)	日本鋼管株式会社 福山製鉄所(1)
設備名		1,730 mm幅　5スタンド	2,180 mm幅　5スタンド	1,726 mm幅　5スタンド	2,032 mm幅　5スタンド
建設年		1969年	1968年	1967年	1966
機械品メーカー		日立製作所	日立製作所	三菱重工	UE&F
電機品メーカー		日立製作所	日立製作所	東京芝浦電気	三菱電機
ロール寸法		610φ & 1,520φ×1.730	660φ & 1,520φ×2,180	585φ & 1,524φ×1,727	585φ & 1,524φ×2,032
素材板厚	(mm)	6.0～2.0	6,5～0.2	6.0～1.8	6.0～2.0
製品板厚	(mm)	3.2～0.25	3.2～0.25	3.2～0.3	3.2～0.3
板幅	(mm)	600～1,600	508～2,080	700～1,600	762～1,880
コイル最大径	(mm)	2,650φ	2,830φ	2,500φ	2,038φ
コイル重量	(t)	50	60	40	32
圧延速度	(m/min)	1,500	1,800	1,500	1,676
主電動機	ペイオフリール (kW)	2×　400　200/870 (rpm)	400×2　200/940 (rpm)	300×2　250/1,200 (rpm)	190×2　250/1,000(rpm)
	No. 1 スタンド (kW)	2×　950×2　175/525 (rpm)	2×1,500×2　150/375(rpm)	1,750×2　154/462 (rpm)	2×　930×2　150/400 (rpm)
	No. 2 スタンド (kW)	2×1,350×2　200/580 (rpm)	2×2,125×2　150/375(rpm)	2×1,300×2　205/595 (rpm)	2×1,300×2　225/564 (rpm)
	No. 3 スタンド (kW)	2×1,350×2　220/585 (rpm)	2×2,125×2　150/375(rpm)	2×1,300×2　225/585 (rpm)	2×1,300×2　225/564 (rpm)
	No. 4 スタンド (kW)	2×1,350×2　220/565 (rpm)	2×2,125×2　150/390(rpm)	2×1,300×2　225/585 (rpm)	2×1,300×2　225/564 (rpm)
	No. 5 スタンド (kW)	2×1,350×1*　200/580 (rpm)	2×2,125×2　150/390(rpm)	2×1,300×2　205/595 (rpm)	2×1,300×2　225/564 (rpm)
	リール	3×　475×1*　100/522 (rpm)	1,500×4　70/280 (rpm)	3×　317×2　189/1,040(rpm)	3×　370×2　200/1,000(rpm)
		* 印　将来2台となる			
コイルハンドリング関係の自動化		1. コイル移送リールへのそう入 2. バンド切り，バンド処理 3. コイル先端の口出 4. コイルバンディング	1. コイル移送リールへのそう入 2. バンド切り，バンド処理 3. コイル先端の口出 4. コイルバンディング	1. コイルの移送，リールへのそう入 2. コイル先端の口出 3. コイルバンディング	1. コイル移送，リールへのそう入 2. コイル先端の口出
ロール組替	作業ロール 補強ロール	自走式ダブルスレッド台車式—自動スレッド式	ダブルスレッド式台車式—自動スレッド式	ダブルスレッド式台車式—自動スレッド式	ダブルアイのポーターバー式スレッド式
自動通板	通板ガイド	エプロン式スタンド間ガイド 上反防止ガイド，スティッカー入口板押え，サイドガイドスティッカーの自動操作	昇降式スタンド間ガイドおよび上反防止ガイド 入口板押えガイドサイドガイド等の自動操作	ステイッカ式ガイド	エプロン式スタンド間ガイド，上反防止ガイド 入口板押し，サイドガイドなどの自動操作
	ガイドの自動修正				
	蛇行修正	蛇行修正あり	蛇行修正あり	蛇行修正あり	蛇行修正なし
その他の特長		1. 世界で初めての油圧圧下専用ミルのタンデムミル（パスティン調整装置付） 2. 世界で初めて2ペイオフリール方式を採用	1. 世界で初めての油圧圧下式コールドタンデムミル（電動圧下併設） 2. 世界最大仕様のコールドタンデムミル	1. No. 1 スタンドにブライドルローラ式ガイドを使用	1. 日本で初めての超広幅コールドタンデムミル 2. 日本で初めての自動通板を実施

* 日立製作所日立工場

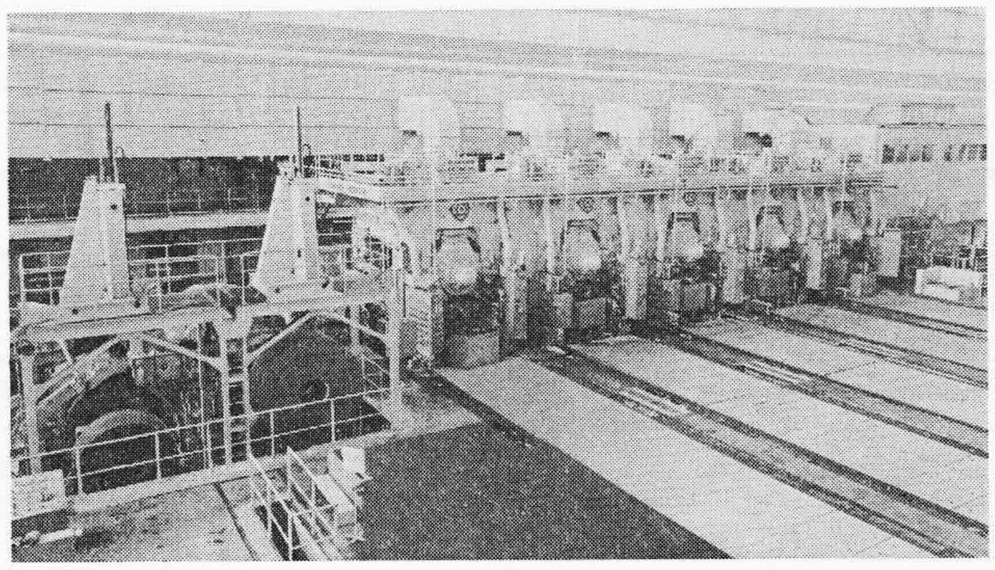


図1　川崎製鉄株式会社水島製鉄所納
スタンドゴールドタンデムミル全景

る。コイルの移送，コイルカーの走行およびコイル幅，高さ調心などの動作の簡単な機械的なものについては既に自動化されている[1]ので，ここでは，コイルハンドリング作業のうち人間的要素が多く比較的自動化の困難視されていたコイルのバンドカット，ロ出作業，およびコイルバンディングマシンについて説明する。

2.1.1　コイルのバンドカットおよび処理

自動化で問題になるのは，バンドをコイルにきずを付けることなく確実に切ること，バンド処理が確実に行なえること，および自動化した装置がほかの作業のじゃまにならぬことである。これに対し，バンドカッターをエアシリンダ作動とし，常にコイル幅の中心でバンドを切断する機構を設けている。切断したバンドは，チャックでクランプし引出台車で引き出す方式をとっている。この結果，コイルにきずをつけず確実なバンドカットおよび処理作業が自動化できた。

2.1.2　ロ　出　作　業

手動操作では，クレードルローラ上に載せられたコイルにロ出ナイフを接触させコイルを逆転させ先端がロ出ナイフ位置を通過するのを目で見てコイルを正転させ所定の長さまでロ出を行なっていた。

この作業を自動化するポイントはコイル先端がロ出ナイフ位置を越えたことを検出する先端検出機構にある。先端検出はコイル外径の階段的変化を大小2個のローラの相対変位で検出する方法によっている。この結果，厚物から薄物まで，またコイル先端の形状に無関係に確実な先端検出が可能となった。ロ出長さはフィードローラの回転より信号をとり長さを規制している。

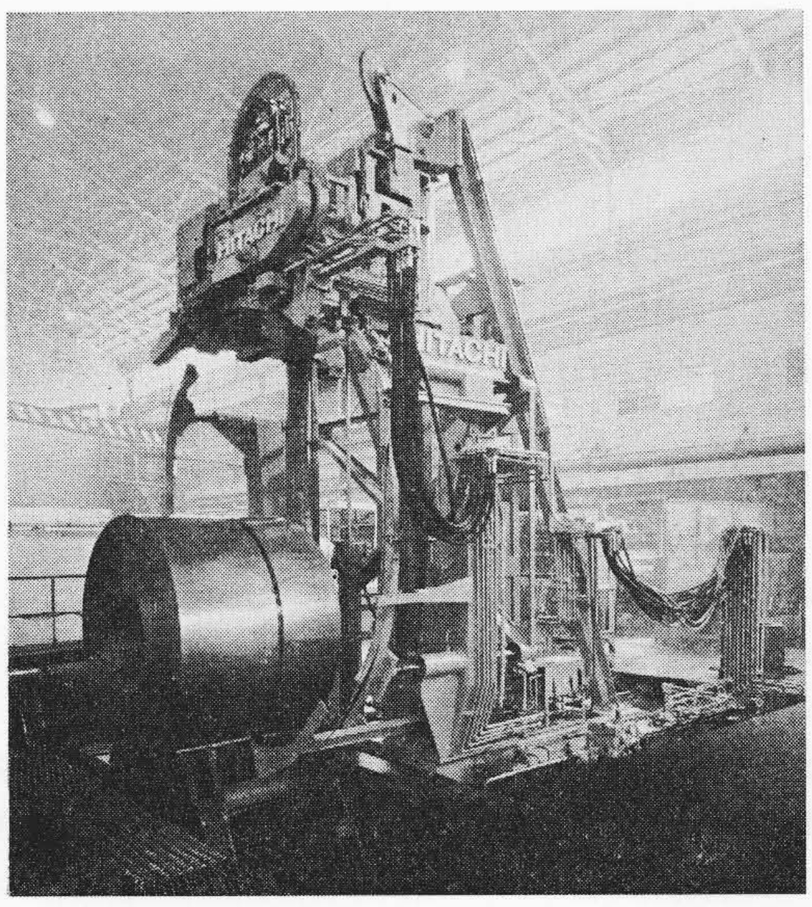


図2　コイルバンディングマシン

2.1.3　コイルバンディング

コイルバンディングマシンは，既にアメリカのシグノード社などにより実用化され，国内においても数社が手がけているようである。日立製作所においても早くから開発をすすめ，既に5プラントに納入し好成績をあげている。**図2**はその概略図である。バンディング作業は，バンド送り機構とガイドによりコイル外周にバンドを回し，バンド先端を折曲げてクランプ後バンドを逆送し，バンド締を行ない封かん後余分のバンドを切断して完了する。

結束ミスを少なくして実用に耐えるようにするためには，いろいろの改良を必要とするが，これにより実用化が達成でき，シールおよびバンドのひも付条件のない国産結束機を供給することが可能になった。

2.2　2ペイオフリール式巻出機

従来コールドタンデムミルでは，入口側に1台のコイルボックスまたは，ダブルコーン式のペイオフリールを設けていた。しかしながら，コイルの品質をそこなわず，安定した操作手順で生産能率をあげるためには，現在の1台の巻出機方式では限度があるため，2台のペイオフリールをタンデムに配置し，交互に巻き出す方式を開発した。従来からプロセッシングラインにおいて2ペイオフリール方式は採用されてはいるが，この場合は，共通のパスラインに至るまでのペイオフリールからの距離が長いため，上下に分けて同じ方式のものを二重に配置すればよいが，圧延設備の場合距離を極力近づけねばならないためそのような配置はとれない。

2.2.1　2ペイオフリール式巻出機の問題点

2ペイオフリール方式の問題点は，一方のペイオフリールでの圧延と他方のリールのロ出の相互干渉である。この問題に対しては，**図3**に示す方法により解決している。図のフラッパーおよび上下ローラとも上下に動かすNo.2フィードローラがこの解決のかぎである。すなわち，No.1ペイオフリールより巻出中はフラッパー，No.2フィードローラは下げ，上ローラは上げの状態になっているので，No.2ペイオフリールからロ出されたコイル先端はNo.2フィードローラを通って待機でき，かつ，圧延中のストリップに触れない。No.2ペイオフリールから圧延中は，フラッパーは上げの状態でNo.1ペリオフリールからロ出されたストリップ先端は，このフラッパーにささえられ圧延中のストリップに触れることはない。No.2ペイオフリールからの巻出が終了すればフラッパー，No.2フィードローラ上ローラ下げ，下ローラ上げでNo.1スタンドにストリップ先端を導入する。このようにいずれのペイオフリールからのストリップもNo.1スタンドのロールにパスラインに沿って供給できることになる。

2.2.2　2ペイオフリール方式の特長

（1）　ストリップ先端がリールに巻き取られると直ちに加速可能となりコイル径が小さい場合に生ずる必要性であるが，圧

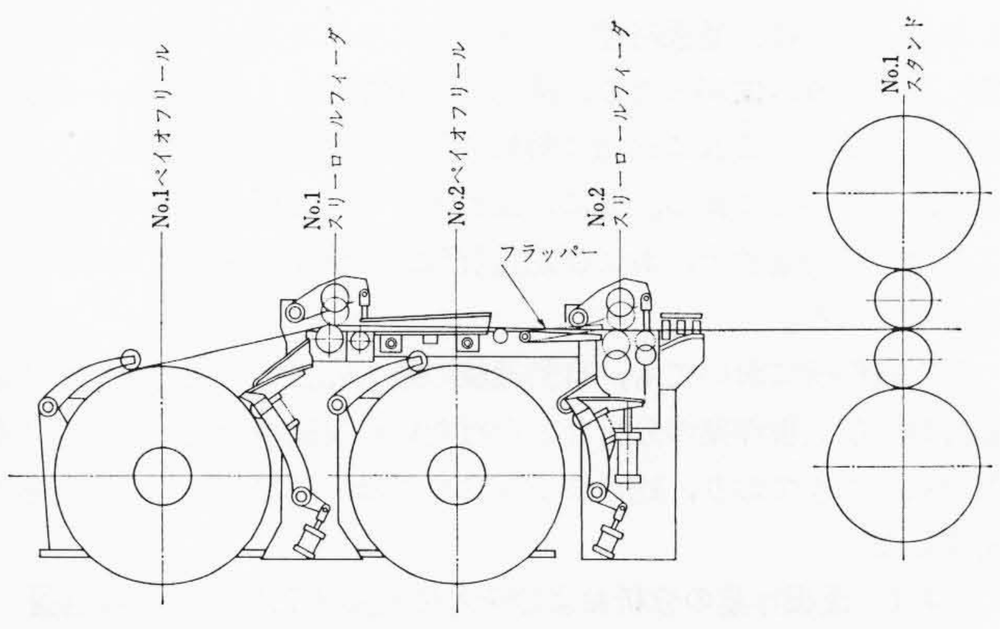


図3　2ペイオフリール式巻出機説明図

延ピッチを半分に短縮できる。

（2） ストリップ先端がNo.1スタンドにかみ込まれると直ちにバックテンションがかけられる。

（3） 口出時もドラムにコイルをそう入した状態で行なえるので特に大重量のコイルの場合，クレードルローラによる転動のためのきず付きや，横ずれが生じない。

（4） 静止しているコイルをドラムにそう入するので，ドラムにきずをつけることが少なく，かつ通板中に急に張力がかかって衝撃を生ずることがない。

（5） ドラムが1本のためエッジポジションコントロールを行なう場合センタリング回路が簡単になる。

（6） 口出作業がコイルをペイオフリールドラムへそう入後行なえるのでコイルカーに電動機駆動のクレードルローラが不要となり，これらの保守の必要がなくなる。

以上のように多くの利点を持つが，欠点としては，設備費が若干高くなることである。しかしこれらの欠点は上記利点で補ってなお余りあると思われる。

2.3 作業ロール組替の自動化

圧延作業に派生する必要むだ時間たるロール組替時間を短縮し，稼働率をあげ，また，省力化を行なうにはロール組替作業の機械化および自動化が必要となる。

ホットストリップミルにおいては既に，1962年に建設された設備にターンテーブル式の組替装置が使用されているが，コールドタンデムミルでは，比較的新しい設備でもポーターバー(1)や下補強ロールに上下作業ロールを載せて引き出す方式が用いられている状況で，機械式ロール組替装置が採用されたのは，わが国では，1967年以降に稼働にはいった設備からのようで，サイドシフト台車およびターンテーブル式の実例も紹介されている(2)(3)。

日立製作所においても，1966年にサイドシフト台車式ロール組替装置を開発し，最新の設備に採用している。以下にその特徴をあげる。

（1） 台車式であるので新ロールアッセンブリを載せて圧延時は圧延作業に支障のない位置で待機できる。

（2） ロール面長の長い超広幅圧延機に用いても長手方向の寸法が長くなるのみで，特にタンデムミルのスタンド間寸法を広げる必要はない。

（3） 台車上に上下ロールアッセンブリを引き出すため，床面上に引き出す方式に比べ，作業ロールチョックの形状が簡単でロールショップでの取り扱いも便利である。

（4） 台車走行，レール持上げ，サイドシフトなどの操作は油圧(電磁弁使用)または電動機により行なわれるので，リミットスイッチの使用により自動組替が行なわれる。

2.4 自動通板

自動通板の実現は，圧延業界多年の宿題であったが，今まで実現しなかったのは，通板時種々の原因によりストリップ先端が上下左右にそったり，曲がったり，薄物では先端がたくれるといった複雑な動きを示し，これに適切に対処できるのは万能機械である人間のみであったからである。既に，通板ガイドおよびサイドの自動操作よりなる自動通板(1)，および蛇行(だこう)修正を試みている例もあるようである。

日立製作所においても，自動通板の最大障害たる蛇行修正の理論解析および通板作業の分析などを行ない自動通板を完成するよう努力を払ってきており，蛇行修正を含めてほぼ満足しうる自動通板を完成した。

2.4.1 通板作業の分析およびそれに対応する自動通板の処置

通板時のトラブルの対応処置が，通板時に必要な作業である。

表2 通板時のトラブルと運転員および自動通板の対応処理

通板時のトラブル	原因	運転員の対応処置	自動通板の対応処置
ストリップ先端の突っかかり	1. ストリップ先端の上そり 2. スタンド間にガイドがない	ストリップ先端をつかみ下に曲げて次のスタンドにそう入 ストリップ先端つかみ，またはささえ次のスタンドにそう入	圧延機出口側に上そり防止ガイドを設ける スタンド間に中間ガイドを設ける
ストリップの蛇行	1. 圧延機中心とストリップ中心のずれ 2. 上下ロールの平行不良 3. 材料の曲り，または幅方向の板厚不同	圧延機中心とストリップ中心とが一致するようそう入する 片圧下を行ない圧下修正する	サイドガイドに急速開閉機構を設けストリップの進入前は開き，進入後は急速に閉じセンタリングを行う 蛇行検出器により蛇行を検出しこれにより蛇行を検出しこれにより圧下修正を行う
ストリップ先端のたくれ	ストリップの腰弱によるバックリング	たくれを直し，ストリップ先端をつかみ次のスタンドへそう入	マグネットコンベヤでストリップ先端を引張る またはストリップ先端の突っかかり抵抗を少なくする
ストリップ先端のかみ込み不良	ロールかみ込み部の摩擦力の不足	1. 圧下をあげる 2. 板押えを上下してたたく 3. 通板速度を下げる 4. クリーナをかける	スティッカーによりストリップ先端をはさみロールバイトへかみ込ませる，かみ込み時にクリーナを自動的に噴射する
通板，尻り抜き時の絞り込み	後方張力がなくなりストリップ後端の動きを束縛するものがない	板押えを下げサイドガイドとともにストリップの上下，左右方向の動きを束縛し後方張力を与える	通板または尻抜き指令により，自動的に板押え下げ，およびサイドガイドの急速閉を行う

この通板時のトラブルとそれに対する，運転員および自動化の対応処置を示したものが表2である。

2.4.2 自動通板の方式

表2より自動通板の手段は次の各区分に分けられ，これらの組み合わせにより一つのシステムが完成する。

（1） 通板ガイドによるストリップの案内

上ぞり防止ガイド，中間ガイド，マグネットコンベヤなど，また，中間ガイドの代わりに入口ガイドをパス方向に動かすガイドボックス方式も考えられる。

（2） ガイドの自動操作

（3） 蛇行対策

（a） サイドガイドのみによる方法

（b） 蛇行を検出し，蛇行修正を行なう方法

上記(1)～(3)(a)の組み合わせでも自動通板は可能であるが，さらに成功率をあげるには，(3)-(b)の蛇行修正を追加する必要がある。このような対策を講じても，前述のようにストリップ先端の形状が定まらぬため，100%の成功率は現状では期待できない。

2.4.3 蛇行修正についての検討

（1） ストリップ先端の蛇行の原因

蛇行の原因として下記の事項があげられる。

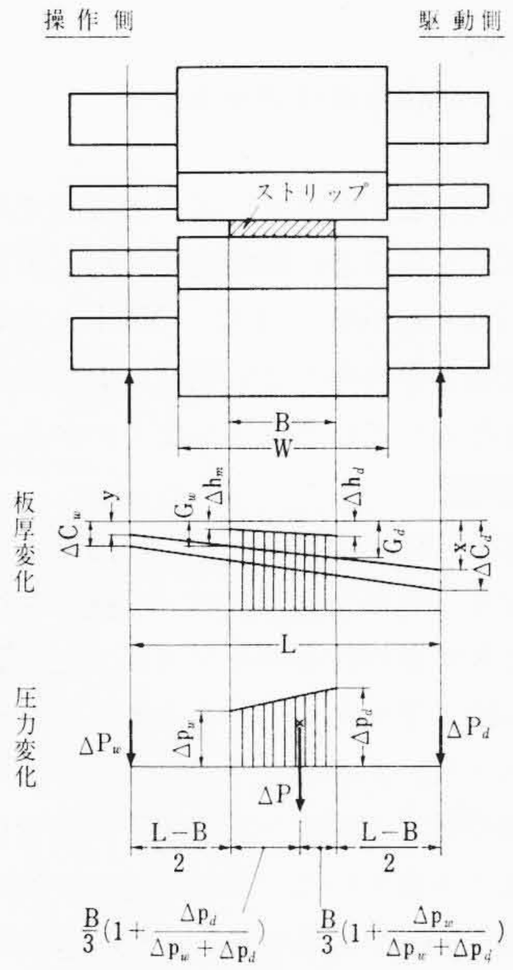
（a） 上下作業ロールの平行度不良-水切作業が不完全な場合

（b） 圧延材の幅方向に厚み不同がある場合

（c） ロール胴部の熱膨張が操作側と駆動側で異なる場合

（d） 圧延材が圧延機の中心に正しくそう入されぬとき

圧延現象においては，体積速度は一定であるから上記(a)～(d)の原因により，操作側，駆動側での板厚が異なると，操作側



L：補強ロール軸受距離
ΔP：圧延圧力の増加
x, y：圧下装置中心点での実際圧下量
G：xy に対応する圧延材両端でのみかけの圧下量
Δh：実際圧延材変化量
Δp：単位幅当たりの圧延圧力の増加量
添字：w, d はそれぞれ操作側駆動側を示す

図4　片圧下を行なった場合の各部の変化

駆動側の圧延材の速度が変わり蛇行を生ずる。

（2）　圧下誤差の操作側，駆動側の板厚差への影響

蛇行の原因を前記（a）にて代表し以下の議論を進める。その前提としてかなり大たんであるが下記仮定をおく。

（a）　幅方向の板厚および圧延圧力の変化は直線的である。

（b）　圧延機各部のバネ常数は，ハウジングの伸びとロール偏平部分とに置換えられる。

出口板厚は一般に

$$h=c+\frac{P}{K} \quad \cdots\cdots(1)$$

で示され，また圧下による出口板厚の変化は次式で示される[4]。

$$dh=\frac{K}{K-\frac{\partial P}{\partial h}}dc \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに，P：圧延圧力　　c：ロール間隙（げき）設定値

K：ミルバネ常数

いま，ハウジングのバネ常数を K_H，片側のハウジングのバネ常数を K_h，ロールのバネ常数を K_R，ロール単位長さ当たりの偏平バネ常数を k，板幅を B とすると，下記関係式をうる。

$$\frac{1}{K}=\frac{1}{K_H}+\frac{1}{K_R} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$K_h=\frac{K_H}{2} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$k=\frac{K_R}{B} \quad \cdots\cdots(5)$$

図4は片圧下の場合の各部の変化を示したものである。圧下点でのつりあいより

$$x=\Delta C_d-\frac{\Delta P_d}{K_h} \quad \cdots\cdots(6)$$

$$y=\Delta C_w-\frac{\Delta P_w}{K_k} \quad \cdots\cdots(7)$$

圧延材両端では，

$$\Delta h_w=G_w-\frac{\Delta P_w}{k} \quad \cdots\cdots(8)$$

$$\Delta h_d=G_d-\frac{\Delta P_d}{k} \quad \cdots\cdots(9)$$

求めるのは片圧下量の変化 $\Delta C_d-\Delta C_w$ に対応する操作側，駆動側の板厚変化 $\Delta h_w-\Delta h_d$ である。

$$\left.\begin{aligned}\Delta P_d&=\frac{M}{B}\Delta h_d \quad \text{ここに，} M=-\frac{\partial P}{\partial h}\\ \Delta P_w&=\frac{M}{B}\Delta h_w\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(10)$$

また，

$$\Delta P=\frac{B}{2}(\Delta p_d-\Delta p_w) \quad \cdots\cdots(11)$$

（8）～(11)式の関係および，G_w, G_d，x, y, z の幾何学的関係より次式を得る。

$$\Delta h_d-\Delta h_w=\frac{B}{L}(\Delta C_d-\Delta C_w)\times\frac{1}{1+\frac{M}{2K}+\frac{MB^2}{6KL^2}} \quad \cdots(12)$$

これを書き換えて，

$$\delta_h=\delta_c\beta \quad \cdots\cdots(13)$$

ここに，

$$\delta_h=\Delta h_d-\Delta h_w$$

$$\delta_c=\Delta C_d-\Delta C_w$$

$$\beta=\frac{\frac{B}{L}}{1+\frac{M}{2K}+\frac{MB^2}{6KL^2}} \quad \cdots\cdots(14)$$

(14)式の β は左右の圧下誤差 δ_c により操作側，駆動側の板厚

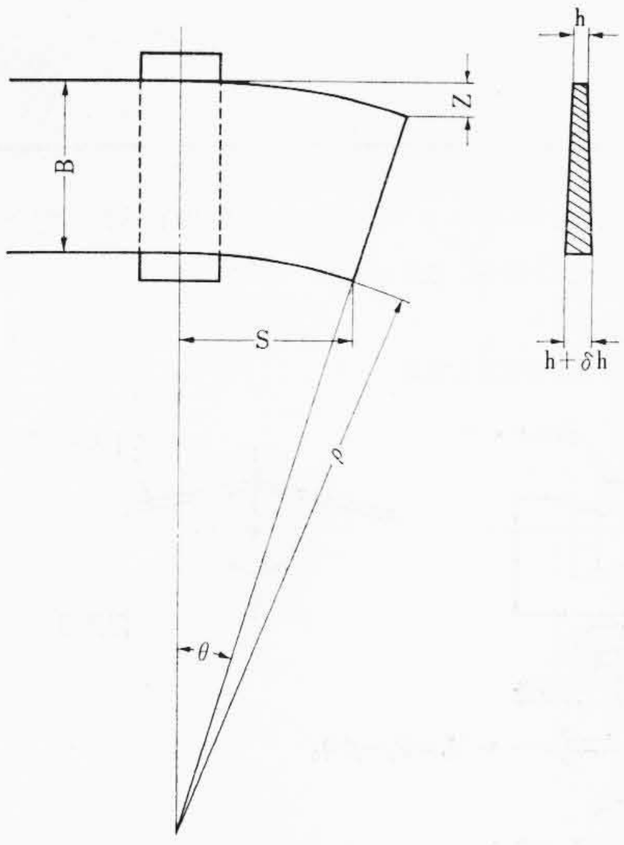


図5　蛇行状況説明図

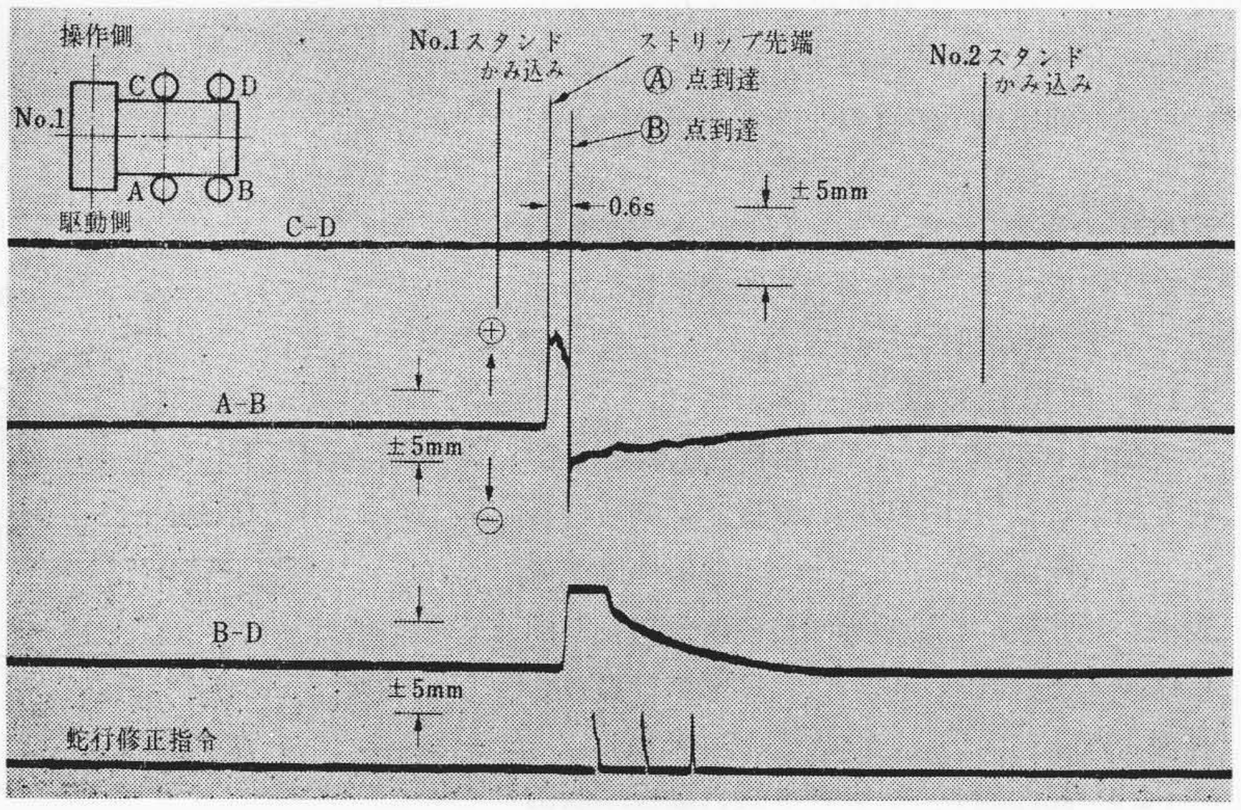


図6　5スタンドコールドタンデムミルにおける蛇行修正の実例

差 δ_h がいかに変わるかを示す係数で，これを片圧下係数と仮称する。

（3） 操作側駆動側の板厚差と蛇行量の関係

操作側，駆動側の出口板厚に δ_h の板厚差を生じたとき，板は曲って出てゆく，この状態を**図5**に示す。図より蛇行した板の曲率は

$$\rho=\frac{Bh}{\delta_h} \quad \cdots\cdots(15)$$

次に，Sなる距離での蛇行量をZとすると，θは微小角ゆえ

$$Z \fallingdotseq \frac{\rho}{2}\theta^2 \quad \cdots\cdots(16)$$

$$S \fallingdotseq \rho\theta \quad \cdots\cdots(17)$$

よって，蛇行量は次式で求められる。

$$Z=\frac{S^2}{2Bh}\delta_h=\frac{S^2}{2Bh}\beta\delta_c \quad \cdots\cdots(18)$$

この式の妥当性は，実験ミルで確認ずみである。

2.4.4 蛇行修正制御

(18)式に示すように，S点での蛇行量Zを測定すれば，圧下誤差 δ_c がわかる。したがってS点に蛇行検出器を設け，蛇行量Zを測定し，この値を演算器に入れて圧下修正動作にフィードバックさせれば蛇行修正は可能である。ここで問題になるのは，蛇行検出器より次のスタンドのサイドガイド入口までの距離が約2,000 mm程度であるので，この間で必要な修正制御を行なわねばならぬことで，このためには高即応性の圧下装置が必要となる。蛇行修正のアイディアは，かなり以前より発表されていた[6]が，実績をあげるに至っていないのは，圧下装置の性能，検出器の信頼性と寿命などが原因と推定される。実用のHYROP式の圧延機で蛇行修正を行なった状況は**図6**に示すとおりである。制御は蛇行を検出後これが修正されるまで行なわれる。図より明らかなように，蛇行検出器が蛇行を検出すると直ちに圧下修正指令が出され，蛇行修正が出されてゆくのがわかる。

3. 製品品質の向上に関する新技術

3.1 油 圧 圧 下 (HYROP)

日立製作所は1964年に世界で初めて実用の大形圧延機に油圧圧下を採用して以来，既に，タンデムミル3基を含む20プラント以上もの冷間圧延機にHYROPを応用し，アメリカ，ドイツ，イタリヤの圧延機メーカーに技術輸出を行なった。今秋にはHYROPを備えたタンデムミルが，ヨーロッパで稼働することになっており，世界の油圧圧下装置のリーダメーカーとなっている。

HYROPの原理については，既に，本誌にも紹介した[7]ので，ここではその後開発された新技術についてのみ説明する。

3.1.1 即応性の改善

実験用HYROPによる各種特性試験および研究結果によるHYROPの改良，電機技術者による高性能ペンシンモータ（低慣性直流電動機）の開発および制御回路の改良により即応性を大幅に改善した。この結果次のことが可能となった。

（1） 高性能ゲージメータ式自動板厚制御の実現

（2） ミルバネ常数可変制御

圧延条件に応じミル剛性を変化させる制御

（3） 迅速な蛇行修正制御

このうち自動板厚制御の実例を**図7**に示す。図の溶接点でのロール間隙の変化（圧下量の変化）をみると，板厚変化に対し圧下装置が迅速に追従しているのがよくわかる。また，No.1スタンド出口の板厚変化は，±10μ前後ときわめてよい精度におさまっており，じゅうぶんな制御が行なわれていることがよくわかる。

3.1.2 急速圧下開閉回路の設置

コイル終端の尻抜きを行なう際は，板厚制御のため通常より圧下がしめ込み加減になっており，そのままで尻（しり）抜きを行なうと，絞り込みや，ロールにきずをつけるチャンスがふえる恐れがある。このため尻抜き時には圧下スクリューを上げてコイル終端を通す作業を行なう例もあった。この場合，運転員はコイル終端の通過および，コイル先端の通板の都度（つど）圧下調整を行なう必要があり，作業能率を低下させていた。これに対し，油圧圧下装置に新たに開発した急速圧下開閉回路を設け，尻抜き時には一定量の油を逃がし，通板時にはこの油を戻すというきわめて簡単，かつ，迅速な一定量圧下の急速開閉を可能とした。

3.1.3 パラフイン調整装置

HYROP式圧延機では，通常の圧延には圧延機頭部の圧下スクリューは全く不要であるが，もし付ければ大きな利点を生ずる。すなわち，ロール径の変化に対し自由に補正できるため，常にパスラインを一定に保つことができ，ガイド機構のパスライン調整も不要となり構造が単純化するほかに，テンションメータ用ダミングローラが不安となり，板破断時にストリップがロールとダミングローラ間に蓄積されず，これらの処理が簡単になることである。

3.2 自動形状制御

ストリップの品質を左右するものとして板厚精度および形状の良

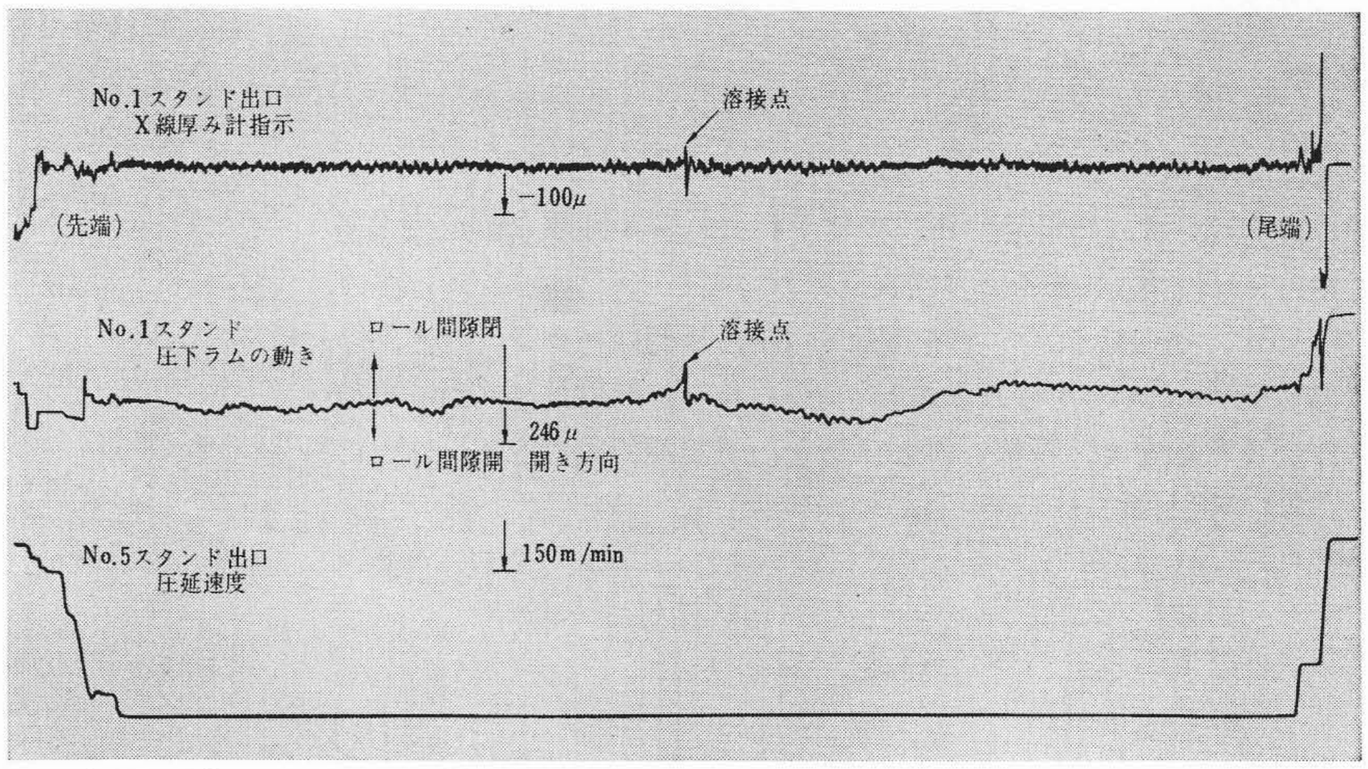


図7　油圧圧下によるNo.1スタンドのゲージメータ式自動板厚制御の実例
（No.1スタンド入口板厚 2.8mm）

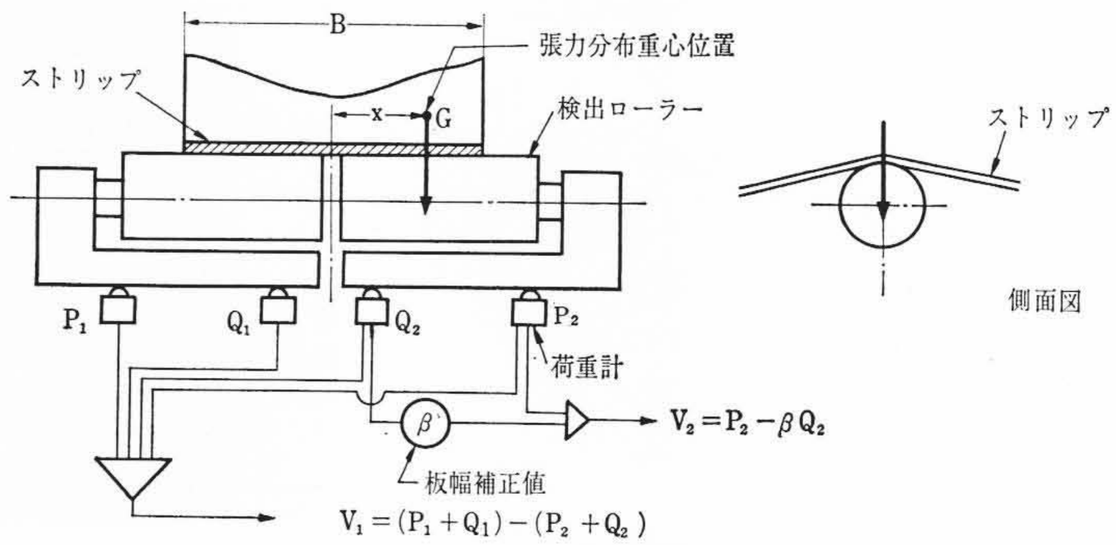


図8　日立式形状検出器原理説明図

否が二大要素とされている。形状制御については，ロールベンディングによる有効な手段が実用化されているが，形状の良否を判定する形状検出器については，目下実用化の過程にあるといえる。

形状の検出が困難なのは，圧延中張力が作用した状態では形状不良が張力によって見えなくなるためである。張力が作用しないときに見える形状不良は張力をかけると見えなくなるが，板幅方向の張力分布の変化となって現われる。われわれはこの現実に着目し二本ローラ式形状検出器を開発し，スキンパスミルにて試用し，その実用性を確認した。さらに，5スタンドコールドタンデムミルではこの形状検出器とロールクラウン制御装置との組合せにより自動形状制御を試み成功した。ここにその概要を報告する。なお形状検出器については詳細は既に発表済みであり[8]，自動形状制御については別の機会に詳細に発表する予定であるので，本文では簡単な報告にとどめる。

3.2.1　日立形状検出器の原理

形状検出器の原理は**図8**に示すとおりである。検出器は板幅方向に二分割された2個のローラとそれぞれの支持台，およびそれぞれの支持台に対し各2個合計4個の荷重計よりなる。前述のように形状不良は，張力をかければ板幅方向の張力分布の不同となって現われる。この張力分布による左右のローラに作用する力の不同により片のびを，1個のローラに作用する張力分布の重心点の変化により，耳のび，中のび，平たんの区別をする。この様子を示したのが**図9**である。**図9**の板幅補正係数 β は，平たんな形状でも板幅が変われば，2個の荷重計に対する張力分布の重心点の位置が変化するがこれを補正する係数である。

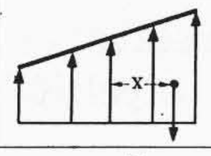
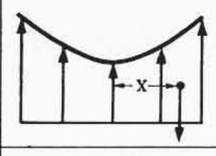
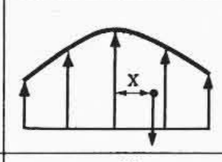
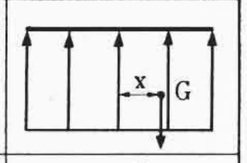
	1	2	3	4
板形状	片のび	中のび	耳のび	平たん
張力分布				
重心の位置	$x>\frac{B}{4}$	$x>\frac{B}{4}$	$x<\frac{B}{4}$	$x=\frac{B}{4}$
検出器出力	$V_1\neq 0\ V_2\neq 0$	$V_1=0\ V_2>0$	$V_1=0\ V_2<0$	$V_1=0\ V_2=0$

図9　ストリップ形状と張力分布および検出器指示値の関係

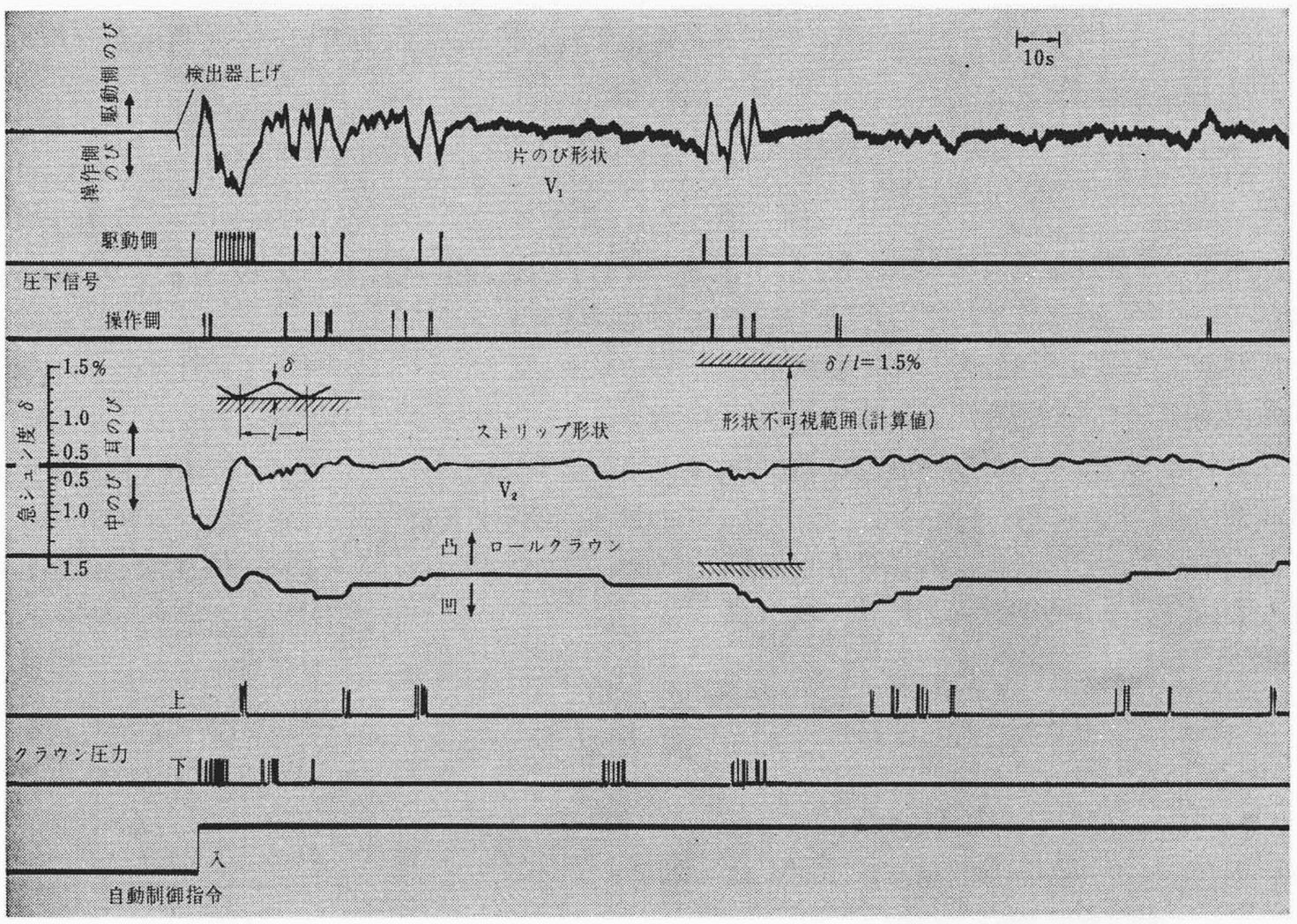


図10　5スタンドコールドタンデムミルにおける自動形状制御の実例

3.2.2　自動形状制御

耳のび，または中のびと片のびとが併存した場合について説明する。この場合 $V_1\neq 0$, $V_2\neq 0$ であるのでまず $V_1=0$ となるよう圧下制御を行なう。次いで $V_2=0$ となるようロールクラウンコントロール装置を作動させる。形状の変化は緩慢であるのでサンプリング制御を行なえば形状制御ができる。

図10は5スタンドコールドタンデムミルで自動板厚制御を行なった場合のオシログラムを示したものである。図より明らかなように，V_1, V_2 の値の変化により制御指令が出され，それぞれの修正動作が行なわれ形状が修正されている。

4.　結　　言

以上に日立製作所が製作したコールドタンデムミルを中心に，最新のコールドタンデムミルで応用されている新技術についてその概要を説明した。これらはいずれも世界的水準をゆくものであり，従来のアメリカ依存性を解消し，逆に油圧圧下など技術輸出をする段階にはいった。

この事実は一朝にして成ったものでなく，製作者側の研究結果もさることながら，使用者側のご指導とご協力によるところ多大と考える。冷延設備においても自動化の余地および改良点はまだ多く残されており，今後これらの実現に努力を払ってゆく所存であるが，使用者側のいっそうのご協力を願ってやまない。

終わりに臨み，今までご協力，ご指導いただいた新日本製鐵株式会社および川崎製鉄株式会社の冷延関係の皆様に深甚の謝意を表する次第である。

参　考　文　献

（1）　矢沢：　芝共ニュース **44**, 12 (1967)
（2）　三菱重工技報 **5**, 670 (1969-6)
（3）　J. C. Siadak：　Iron and Steer Engr **43**, 137 (Dec. 1966)
（4）　佐々木，加藤：　石川島播磨技報 121 (1969-8)
（5）　原口，梶原：　塑性と加工 **5**, 465 11964 (1964-7)
（6）　Howard, N. Cox：　Iron and Steel Engr **42**, 99 (Jan. 1965)
（7）　梶原，福井：　日立評論 **47**, 75 (昭40-9)
（8）　原口，梶原，秦：　機学誌 **73**, 9 (1970-5)