

## 新しい技術

UDC 621.771.25 : 531.222 : 681.2-553

直接的張力検出方式による棒鋼の無張力制御  
システム (SNTC) の開発松井 利光\*・美坂 佳助\*<sup>2</sup>・緒方 俊治\*  
浅川 基男\*<sup>3</sup>・近藤 勝也\*<sup>4</sup>Development of No-tension Control System for Bar Mill (SNTC)  
Based on Direct MeasurementToshimitsu MATSUI, Yoshisuke MISAKA, Shunji OGATA,  
Motoho ASAKAWA, and Katsuya KONDO

## 1. 棒鋼の無張力圧延の必要性

最近の棒鋼圧延は水平・垂直圧延機配列による1スタンド全連続圧延方式が主流となっている。このとき各スタンドのロール回転数がマスフロー一定になるように相互にバランスしていないと、スタンド間の材料に張力・圧縮力が作用して、製品寸法精度を悪くしたり、オフゲージによる屑落ちの結果、歩留りを低下させたりすることになる。図1は仕上げ製品全長の高さ寸法の変動を示している。高さ寸法はほぼ一定であるが、幅寸法が大きく変動している。このように幅寸法はピレット

の断面積変動、温度変動に伴って変化するスタンド間張力、圧縮力により著しい影響を受けることが知られている<sup>3)</sup>。

また、張力・圧縮力による孔型内での材料の倒れ、あるいは、過大張力による材料の破断、過大圧縮力によるスタンド間の異常ループによる詰りなどを誘発し、歩留りだけでなく作業率をも低下させることになる。これらの欠点をなくして、サイズ替、カリバー替の1本目からあらゆる鋼種、あるいは手入などによる長手方向のピレット寸法の変動、材料温度の変動によらず、寸法精度がよく、安定した圧延をおこなう必要がある。

したがって無張力圧延を確実に実施することができれば供給側の経済的効果として歩留りの向上、圧延ミス減少、作業率の向上、自動化による人員節減をはかることができる。

一方需要側の経済的効果として以下のことがあげられる。圧延素材は、引き抜き加工あるいは研磨加工、切削加工などの二・三次加工に必要な寸法精度に仕上げられるが圧延素材が高寸法精度であれば、用途によっては引き抜き加工そのものを省略することができる。また、研磨、切削加工しるの減少による歩留り向上も期待できる。さらに、熱間、温間、冷間を問わず鍛造時に素材が型からはみ出る“バリ”や逆に型内で未充填となる“欠肉”を減少できる。

このためスタンド間の張力制御技術は条鋼圧延技術者

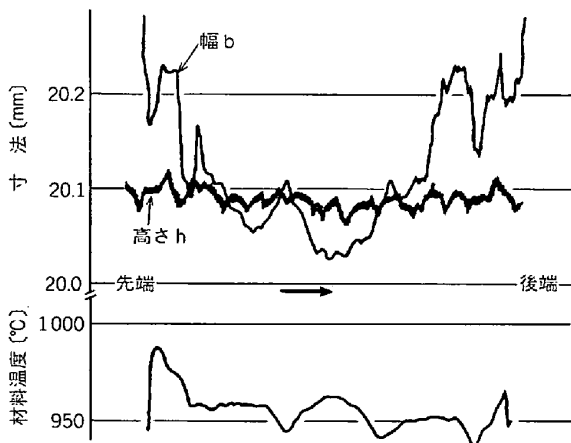


図1 仕上げ製品の幅と高さおよび温度の関係

昭和 56 年 3 月 3 日受付 (Received Mar. 3, 1981)

\* 住友金属工業(株)小倉製鉄所 (Kokura Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

\*<sup>2</sup> 住友金属工業(株)中央技術研究所 工博 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

\*<sup>3</sup> 住友金属工業(株)中央技術研究所 小倉研究室 工博 (Kokura Laboratory, Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1 Konomimachi Kokurakita-ku Kitakyushu 802)

\*<sup>4</sup> 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

の大きな関心事となつていた。現段階ではスタンド間距離に比べて材料断面が大きくループ形成が難しいスタンド間では、熟練者の手動運転にたよっているのが実情である。これを自動化するためには、張力、圧縮力をなんらかの方法で計測し、制御する技術を開発する必要がある。従来の技術のひとつとして、主機モータの電流値により、スタンド間張力を検出しようとする方法がある。図2に示すように、例えば2つの連続する圧延スタンドの場合、第1のスタンドに材料が噛み込んだときから圧延電流が発生するが、材料が進行して第2スタンドに噛み込んだあと圧延電流が変化するか否かをキャッチして張力の存在を推測するものである。すなわち圧延電流が低下すれば張力が存在すると判断し、また上昇すれば圧縮力が存在すると判断するのである。実操業における圧延電流の波形の一例を図3に示すが、ここに示されるように各種の外乱（スキッドマークなどによる材料温度変化、材料断面積変動）により、電流は大きく変動しており、この波形から張力の存否を推定することはきわめて

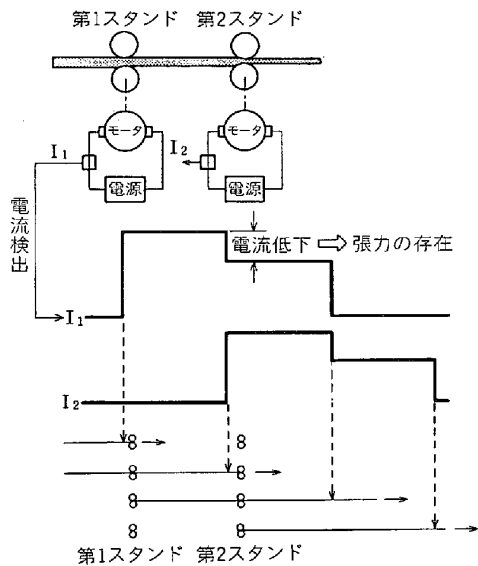


図2 モータ電流による張力推定法（従来法）

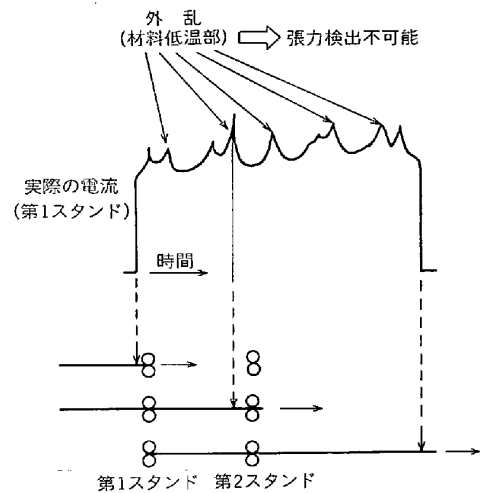


図3 モータ電流検出法の弱点

困難である。

そこで著者らはスタンド間張力、すなわち圧延材のロール系（圧延用ロールおよび2個のロール軸受箱）に作用する圧延方向の力を、圧延機に特設したロードセルで直接計測してスタンド間の張力圧縮力が目標値になるようロール回転数を制御する「直接的張力検出法による無張力制御システム」を開発し、当社小倉製鉄所第三圧延

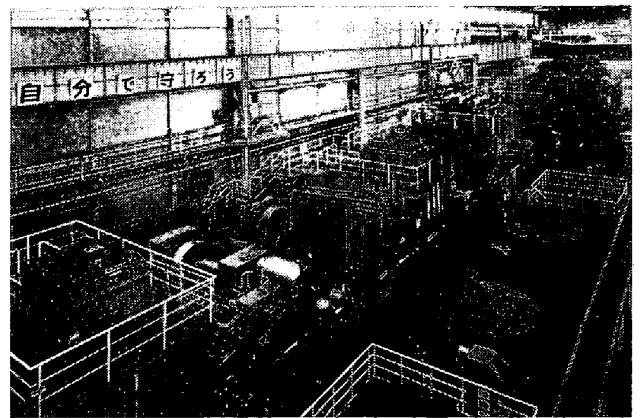


写真1 新棒鋼ミルの外観

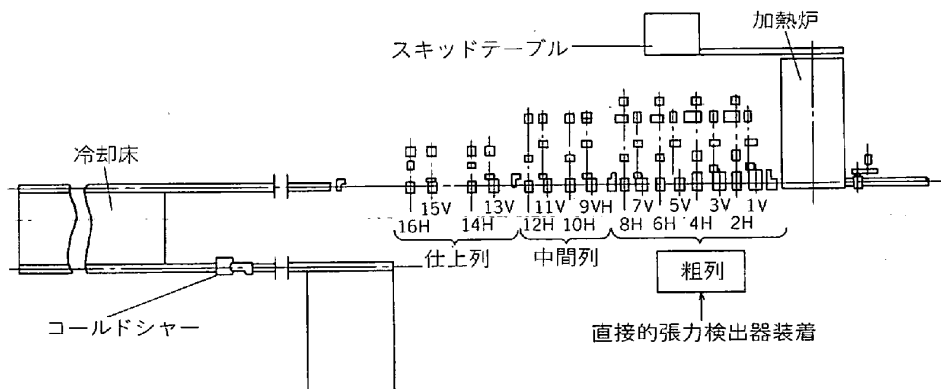


図4 新棒鋼ミルのレイアウト

工場、新棒鋼ミル(写真1)の粗圧延列8スタンド(図4)に適用した<sup>1)2)</sup>。新棒鋼ミルでは粗角180φから105φ~22φの丸棒鋼、および角、平鋼製品を圧延している。ここでは、本システムをSNTC(Sumitomo No Tension Control)と称し、以下このSNTCについての内容と現場適用の効果について述べることにする。

## 2. 直接的張力検出装置

モデルミルによる実験、および理論的シミュレーションの結果、最終的にまとまった実機水平圧延機を図5に示す。圧延機を含めた検出装置の特徴は、つぎのとおりである。

(1) ロール系は通常ハウジング内で固定されており、このままでは直接張力検出には全く不向きである。

そこで圧下スクリーと軸受箱の接触部に使用される球面座の曲率半径を相互に異なる値として、その支点部で容易に転動することにより圧延方向に揺動しやすい機構とした。

(2) 同じロール系揺動化の目的で、ロールラスト方向のクランプ装置に積層合成板を用いて、ロールラスト方向には動きにくい、圧延方向には容易に動くような構造とした。

(3) 軸受箱の両端は、ハウジングポストを貫通して、ポスト内面に突出している検出棒先端により支えられている。検出棒の後端はロードセルを間にはさんでケーシングを介して、ハウジングポスト外面に固定されている。このためロードセルの大きさは特に制限はなく、市販のものをそのまま使用できる。

(4) 一對の検出装置を圧延機の入側、出側に設置してある。出側のロードセル出力から入側のロードセル出力を差し引いた信号が、圧延機に作用する純粋な張力を表す。これにより非常に大きな張力が作用して、一方の検出棒先端が軸受箱の端面から離れた場合でも正確な張

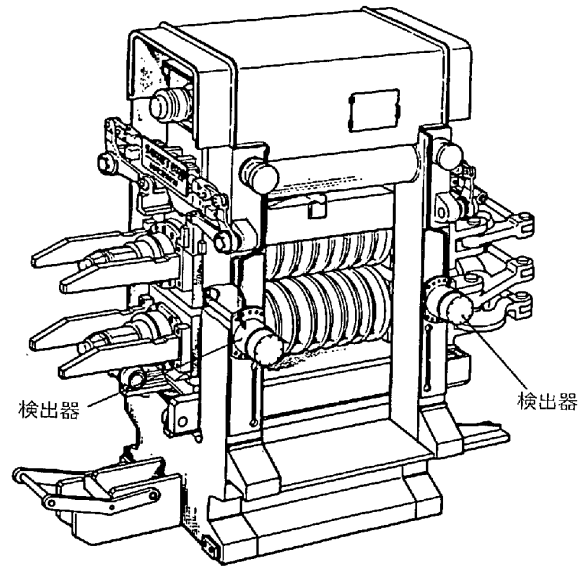


図6 水平圧延機の構造

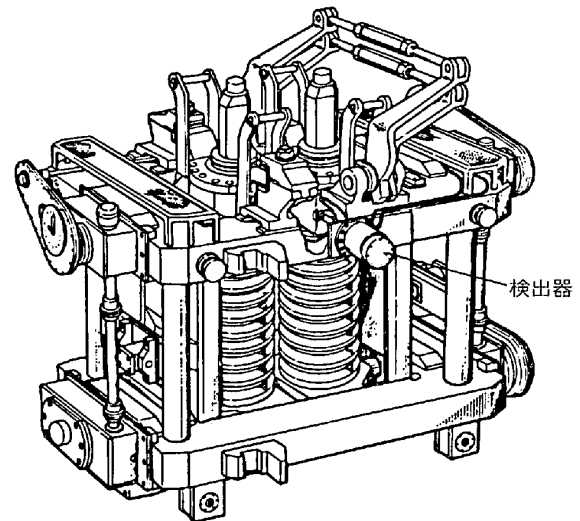


図7 垂直圧延機の構造

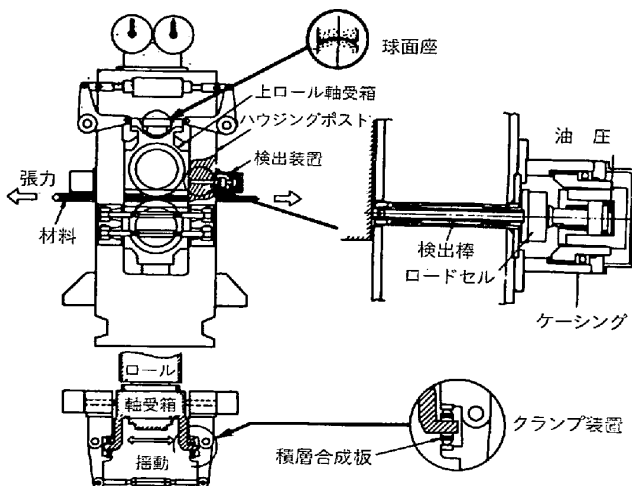


図5 張力検出装置を備えた実機水平圧延機

力検出が可能となる。

(5) 検出装置は水平圧延機の場合、上下対称のため上ロール側のみに設置されている(図6)。ワークサイドとドライブサイドの両側に併置されているが、孔型位置を正確に校正しうるなら、いずれかの側だけでもよい。垂直圧延機の場合は、上部(ドライブサイド)のみに設置してある(図7)。

(6) 油圧ユニットは過負荷時のロードリミッターとしての役割を担っている。またロール替時に、検出棒をハウジングポスト内に格納する。

(7) 検出器はコンパクトで蒸気、ガス、水、塵埃を防ぐよう完全密封化し、故障のさいは短時間で検出器ごと、予備品と交換できるようになっている。

(8) 本圧延機は、ハウジングポストに検出棒を貫通させる穴が開けられている以外は、通常の圧延機とほと

んどかわらない。

### 3. モデルミルによる実験

実機適用に先立ち、実機の約 1/3 のモデルミル (ロール径 250 φ) により、その機能、効果を確認した。写真 2 は 2 スタンドによる熱間鋼の連続圧延実験状況である。

図 8 には素材 57 φ の純鉛を用い、2 スタンド連続圧延により、ダイヤスクエア孔型で 43 φ に圧延したときの実験結果を示す。第 1 スタンドのモータ回転数を一定に保持しておき、材料先端が第 2 スタンドに噛み込んだ後に第 2 スタンドのモータ回転数を増減させて、1 ~ 2 スタンド間に張力および圧縮力を連続的に発生させた

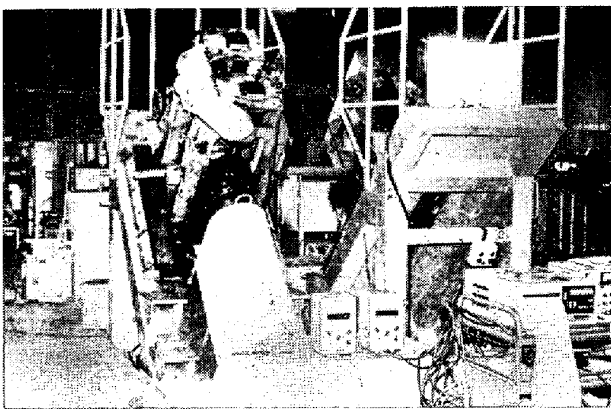


写真 2 モデルミルによる 2 スタンド連続圧延実験

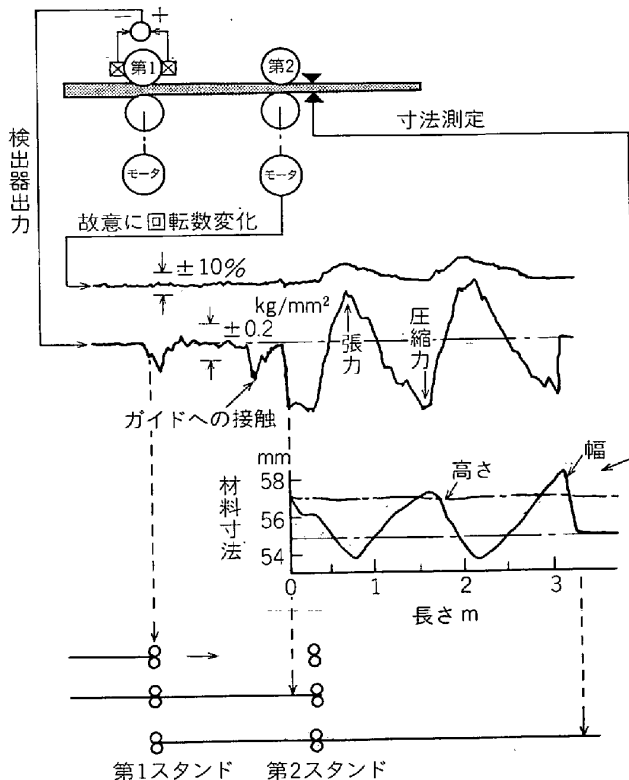


図 8 モデルミルによる検出器出力と材料寸法の関係

ときの第 2 スタンドのモータ回転数、検出器出力、材料寸法を示す。材料先端が、第 1 スタンドに噛み込まれてから、第 2 スタンドに到達するまでのほぼフラットなレベルが、1 ~ 2 スタンド間張力のゼロレベルを表している。材料先端が第 2 スタンドに噛み込んだ後に、検出器出力がゼロレベルより下方に振れると、1 ~ 2 スタンド間は圧縮状態であり、上方に振れると張力状態である。図 8 ではこのように検出した、1 ~ 2 スタンド間張力と第 2 スタンドのロール回転数の変化とは、非常によく対応している。さらにこの張力と圧延材の幅寸法ともよく一致しており、張力、圧縮力が正確に検出されていることがわかる。このことから検出器出力を、無張力レベルに維持するようにモータ回転数を調節することにより、寸法精度の良好な圧延が可能であることがわかる。なお、高さ寸法は幅変動に比べ、ほとんど張力の影響を受けていない。

### 4. 計算機制御システム

図 9 に計算制御システムの概略が示されている。検出器のロードセル出力はアンプで増幅された後にコンピュータに入力される。このロードセル信号を用いたスタンド間張力制御は、すべてミニコンピュータによるダイレクトデジタルコントロールによつておこなわれている。スタンド間張力 (応力単位) の目標値は、オペレータ室からディジ・スイッチによつてコンピュータに設定される。各スタンド間のサクセンプ速度変更信号 (制御出力) はアナログ信号に変換された後、メインモータの速度制御回路に入力される。以上のようにして、1 ~ 2 スタンド間から 8 ~ 9 スタンド間までの全スタンド間の張力制御が行われる。棒鋼圧延の場合には、先行材と次行材の時間間隔が数秒程度であり、ほとんどの場合 2 本以上の材料が粗列ミルで圧延されている状態が定常である。本制御では、各材料の先端と後端が、各スタンド間を通過して行く状況を正確にトラッキングする機能を備えている。

さらに、材料先端部ばかりでなく、材料の全長にわた

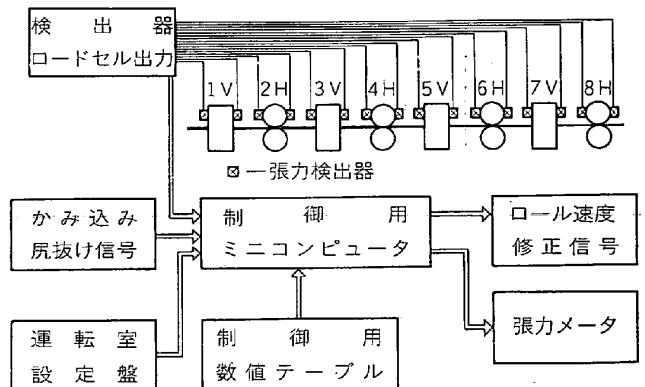


図 9 計算機制御システムの概要

つて張力を制御している。材料全長にわたり制御を実施する場合、あるスタンド間に発生した張力が隣接する上流側、下流側の他のスタンド間の張力に影響を与えるため、そのような干渉を少なくする制御方法をとる必要がある。これを SNTC では相互影響係数を考慮しながらコンピュータでおこなっており、安定した制御が材料の先端から後端まで全長にわたり実施されている。

5. 実機適用への効果

図 10 はサイズ替直後の 1 本目から制御を実施したときの第 1～第 8 スタンド(第 5 スタンドはダミー)の検出器出力(応力値に換算)を実線で、制御出力を破線で示している。サイズ替直後のロール回転数設定値は、必ずしも無張力圧延を実現できる回転数とはなっていない。そのため実際に材料が噛み込むと、張力あるいは圧縮力が検出され、各スタンドとも制御信号が出力されて速度

修正がおこなわれている。たとえば第 1～第 2 間の圧縮力(約 $\ominus 1 \text{ kg/mm}^2$ )が検出されたので、これを目標値( $\ominus 0.1 \text{ kg/mm}^2$ )に修正し、第 4～第 6 間の張力(約 $\oplus 1 \text{ kg/mm}^2$ )を目標値(0)に制御している。このようにはじめの 1 本目から、ほぼ速度調整が完了しているのがわかる。

図 11 は熱間目標寸法  $91\phi$  の幅寸法変動を、オンラインの太さ計で測定した結果である。SNTC の制御の効果がはつきりとあらわれている。

図 12A は疵の手入れがなく断面積が一樣なビレットを圧延したときの、第 1 スタンドの検出器出力と制御出力を示している。A は断面積変動に応じて制御出力がビレット 1 本ごとに忠実に作動して、目標張力を維持しており、安定した圧延が継続しておこなわれていることがわかる。

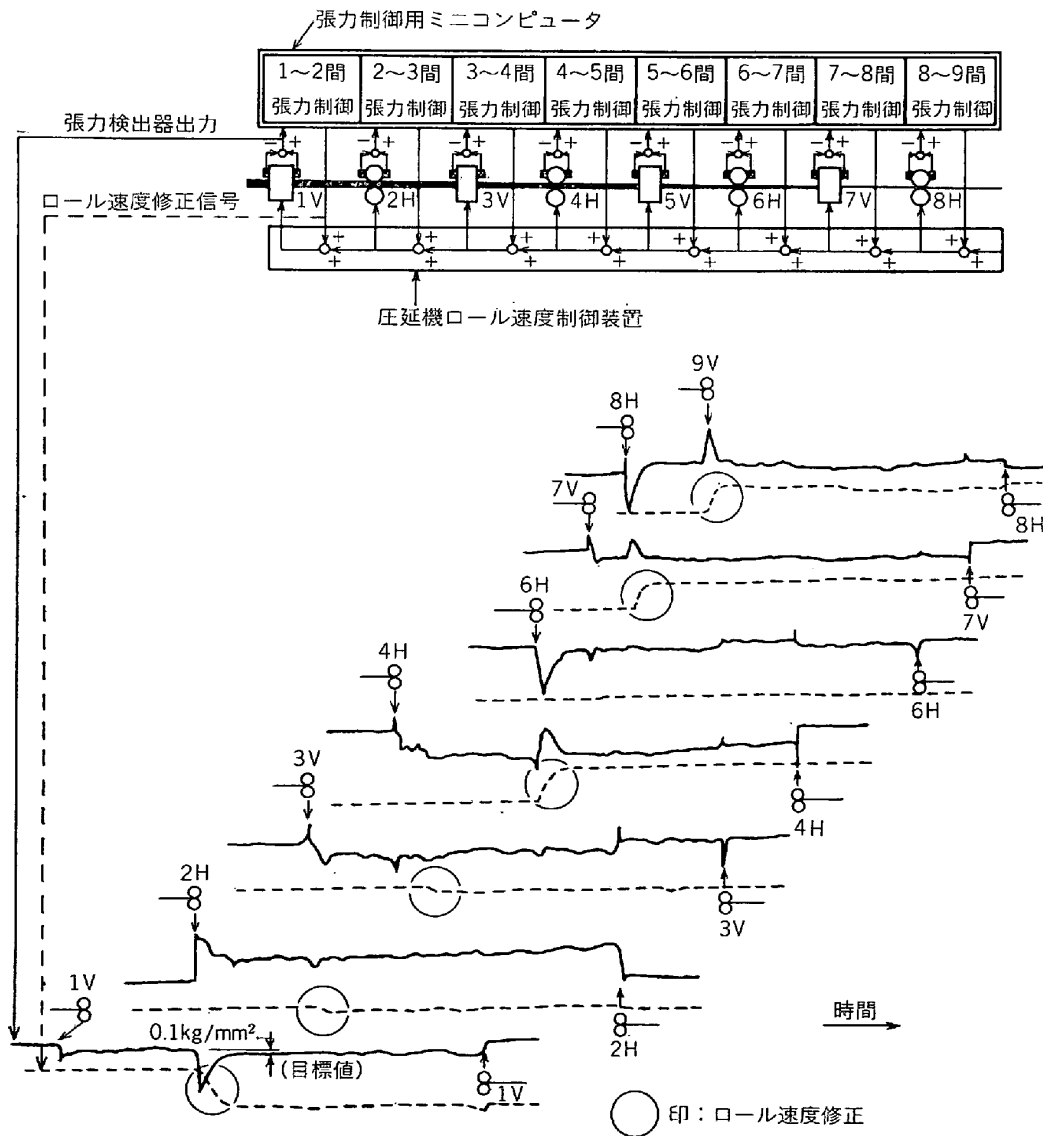


図 10 サイズ替直後の圧延における張力検出器出力とロール速度修正信号

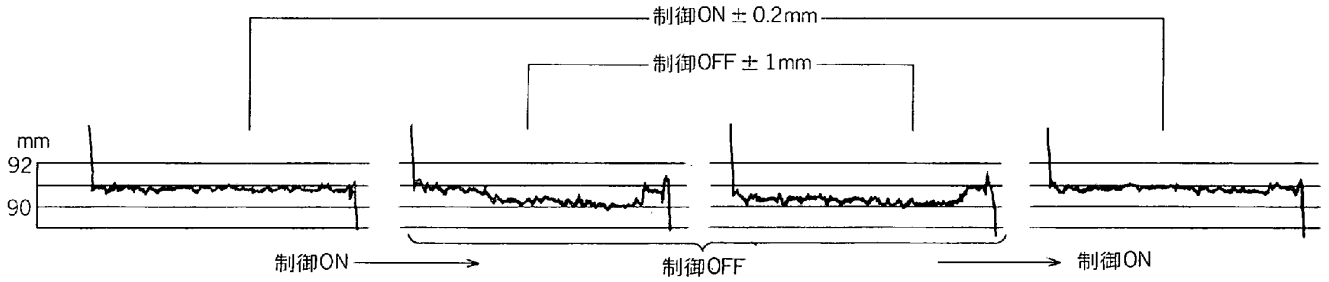


図 11 無張力制御による寸法精度の向上 (熱間目標寸法:  $\phi 91$ )

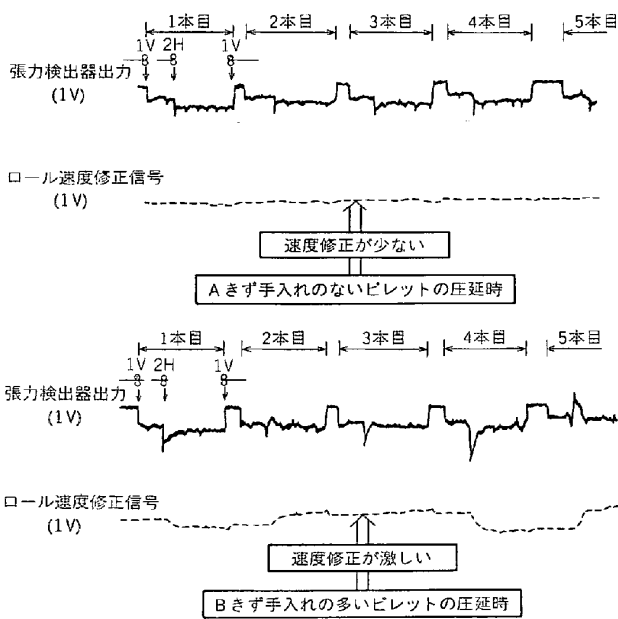


図 12 SNTC による圧延作業の安定化への効果

## 6. 結 言

棒鋼の連続圧延において、直接張力検出法による無張力制御システム (SNTC) を開発した。これを当社小倉製鉄所の新棒鋼ミルに適用し、その実用化をはかった。本システムの特徴は

(1) 圧延材に作用する張力、圧縮力を直接検出するため、その検出精度が高い。(±0.1 kg/mm<sup>2</sup> 以内)

(2) 非干渉制御技術により、材料全長にわたる張力制御が可能である。

(3) 構造的には従来の圧延機とほとんど変わりがなくロール替などの圧延作業に支障をきたすことがない。

(4) 検出装置はコンパクトで、メンテナンスフリーな構造である。

などがあげられる。

本システムの実用化により製造側のメリットとして

(1) 寸法精度の向上、オフゲージ、ミスロールの減少による歩留りが向上する。

(2) 圧延の安定により作業率が向上する。

(3) 自動化による人節がはかれる。

などがあり、需要側のメリットとして、寸法精度の向上により

(1) 二次加工工程の省略、合理化。

(2) 研削、切削代の減少による歩留り向上

などが期待される。

なお、本システムの、研究、開発、実用化にあたり、御援助いただいた住友重機(株)に対し、厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 岡本豊彦: 鉄鋼界, 27 (1977) 6, p. 37
- 2) 浅川基男, 近藤勝也, 緒方俊治, 美坂佳助, 松井利光: 塑性と加工, 20 (1979) 224, p. 841
- 3) 浅川基男: 塑性と加工, 20 (1979) 225, p. 949