
中形シームレス鋼管圧延の自動制御

Automatic Rolling System of Medium Diameter Seamless Pipe by Process Computer Control

佐山 泰弘(Yasuhiro Sayama) 富樫 房夫(Fusao Togashi) 江島 彬夫(Akio Ejima)
阿倍 英夫(Hideo Abe) 船生 豊(Yutaka Funyu) 桜田 和之(Kazuyuki Sakurada)
間口 龍郎(Tatsuro Maguchi) 田口 芳男(Yoshio Taguchi)

要旨：

知多製造所中径シームレス鋼管工場において、加熱炉制御を含む圧延の自動制御システムを開発した。圧延制御モデルは圧延条件のプリセット、学習制御ならびに一部の AGC により構成されている。これらの制御システムを精度よく運用するために、トラッキング、オペレーターガイド、データロギング、データ解析ならびに工具類履歴管理などの各種システムをも同時に開発した。本圧延自動制御システムはビレット加熱からサイザー圧延までのすべての圧延ラインに適用され、従来の圧延方式に比較して、管の寸法精度、歩留りおよび生産性は大幅に向上した。本報告では各ミルの圧延制御システムの概要ならびにその適用効果について論じている。

Synopsis：

Heavy steel plates are increasingly demanded by many industrial sectors, and the quality requirements for reliability are getting more stringent. In order to meet these requirements, Kawasaki Steel Corp. has developed manufacturing techniques for ultra-wide and heavy steel plates up to 5300mm in width and 95 tons in unit product weight through the establishment of techniques for removing phosphorus, sulfur, and hydrogen, as well as the study of optimum shape of mold for large ingot.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

中径シームレス鋼管圧延の自動制御

Automatic Rolling System of Medium Diameter Seamless Pipe by Process Computer Control

佐山 泰弘*
Yasuhiro Sayama

富樫 房夫*
Fusao Togashi

江島 彬夫**
Akio Ejima

阿部 英夫***
Hideo Abe

船生 豊****
Yutaka Funyu

桜田 和之*****
Kazuyuki Sakurada

間口 龍郎*****
Tatsuro Maguchi

田口 芳男*****
Yoshio Taguchi

Synopsis:

New automatic billet heating and rolling systems by the use of process computer have been developed in the new seamless pipe mill at Chita Works.

Rolling control models consist of the pre-setting of the rolling condition, its adaptive functions and a partial dynamic AGC. Other several new systems, such as material tracking, operator guidance, data analysis and tooling life control, have also been developed in order to perform the automatic rolling system.

These systems are applied to the whole rolling line throughout from the billet charging to the finishing of the sizer rolling. The accuracy of the dimensions of the pipe, the yield from billet to the pipe and the efficiency of production are remarkably improved over in the conventional manual rolling by applying the automatic rolling system.

An outline of the rolling system for each mill and a valuation of the system are discussed.

1. 緒 言

知多製造所では、1978年、新しい16 $\frac{3}{4}$ "プラグミル工場が稼動を開始した。この工場の建設に際し、プロセスコンピューターを導入した圧延ラインの自動制御システムを開発することが計画された。開発にあたっては、ハードウェアとソフトウェアの両面から研究が進められた。前者では、熱間外径測定機をはじめとする精度よい各種センサ

一類の開発・導入や完璧なトラッキングシステムの開発に重点がおかれた。

一方、操業に先立ち、各種モデルミルによる実験的研究^{1~4)}を積み重ね適正圧延条件を見い出すと同時に、その後の操業実績とを組み合わせることにより、信頼性の高い圧延制御モデルを開発した。さらに、炉の燃焼効率を最大にし、省エネルギーを図るための加熱炉制御システムを開発することにより、ビレットチャージングテーブルから圧延終了までの全圧延ラインの自動制御システ

* 技術研究所知多研究室主任研究員・工博
** 技術研究所加工研究室主任研究員
*** 知多製造所設備部設備技術室
**** 知多製造所企画部企画開発室主査(課長待遇)
***** (昭和55年9月3日原稿受付)

** 技術研究所知多研究室室長
**** 知多製造所設備部計測課課長
***** 知多製造所第2造管部シームレス管技術室主査(課長待遇)

ムが完成した。この種のシステムは他社にさきがけたものであり、操業の順調な立ち上がりと安定操業に大きく寄与すると同時に、製品寸法精度、歩留りおよび生産性の向上と、省エネルギーの達成に大きな効果をもたらしている。

本報告は圧延の自動制御システムについて、その概要をまとめたものである。

2. 工場レイアウト

中径シームレス鋼管工場のレイアウトを Fig. 1 に示す。設備の詳細はすでに別報⁵⁾で紹介しているので、ここでは簡略に述べるにとどめる。

圧延ラインは回転炉床式加熱炉、2 ロール式ピアサー、2 ロール式エロンゲーター、プラグミル、2 基の2 ロール式リーラー、ウォーキングビーム式再加熱炉および8 スタンドの2 ロール式サイザーで構成されている。

圧延には 175~350φ の 8 種類のビレットを使用し、7~16 $\frac{3}{4}$ " 径で 5.5~40.5mm 厚さの各種シームレス鋼管を製造している。

各ミルには、自動制御を精度よく行うための各種センサー類が具備されているほか、圧延材の寸法を精度よく把握するために、エロンゲーター、

リーラーおよびサイザー後に設置した外径測定機、ならびに、エロンゲーター、プラグミルおよびサイザー後に設置した長さ測定機がある。サイザー後に設置されている外径および長さ測定機の外観を Photo. 1 に示す。

これらの計測機器で測定された圧延情報は圧延制御の計算に使用されるが、同時に、各ミルの操作室に設置されている CRT に表示され、オペレーターガイドの役割を果している。操作室の内部の一例を Photo. 2 に示す。

なお、トラッキングを完全な状態に維持するために、100 個以上のセンサーが設置されている。

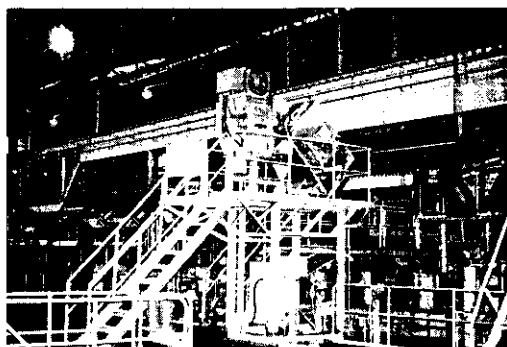


Photo. 1 Outside diameter and length measuring equipments installed after sizer

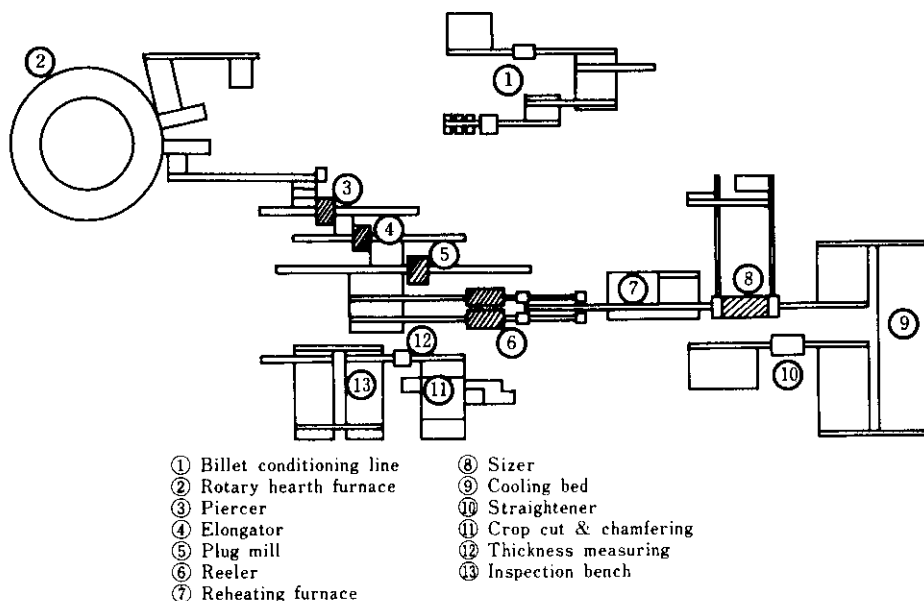


Fig. 1 Layout of medium diameter seamless pipe mill

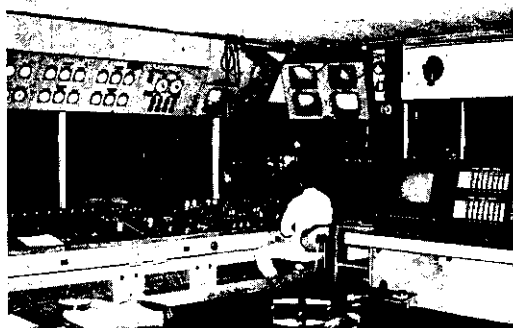


Photo. 2 Sizer operator room

3. 自動制御システムの概要

システムの構成を Fig. 2 に、また、計算機ならびに周辺機器の仕様を Table 1 に示す。制御にはプロセスコンピューター HIDIC 80 ならびに、すでに知多製造所に設置されている大型セントラルコンピューター UNIVAC 1106 とを用いているが、それぞれの計算機の制御機能を以下に示す。

セントラルコンピューター

- (1) 基本圧延スケジュールの決定と命令

- (2) ロット替り時のミルプリセット出力
- (3) ビレットの組み合わせ採寸計算
- (4) 各種圧延実績データの格納および長期保存
- (5) 蓄積データの解析
- (6) 工具類の履歴管理および在庫発注管理

プロセスコンピューター

- (1) ビレットチャージングテーブルから矯正機出側までのトラッキング
- (2) 各ミルのプリセット計算および出力
- (3) 各ミルの学習制御計算および出力
- (4) 回転炉および再加熱炉の燃焼制御
- (5) 各種圧延情報のロギング
- (6) ロギングデータの CRT 表示およびタイプ出力
- (7) 圧延ラインのシーケンス制御

4. 圧延自動制御

各ミルの制御は、ロット替りの際に適用される初期設定値計算と前圧延材の実績をもとに次圧延材の適正設定値を計算するいわゆる学習制御とに大別することができる。学習制御の概念を Fig. 3 に示す。

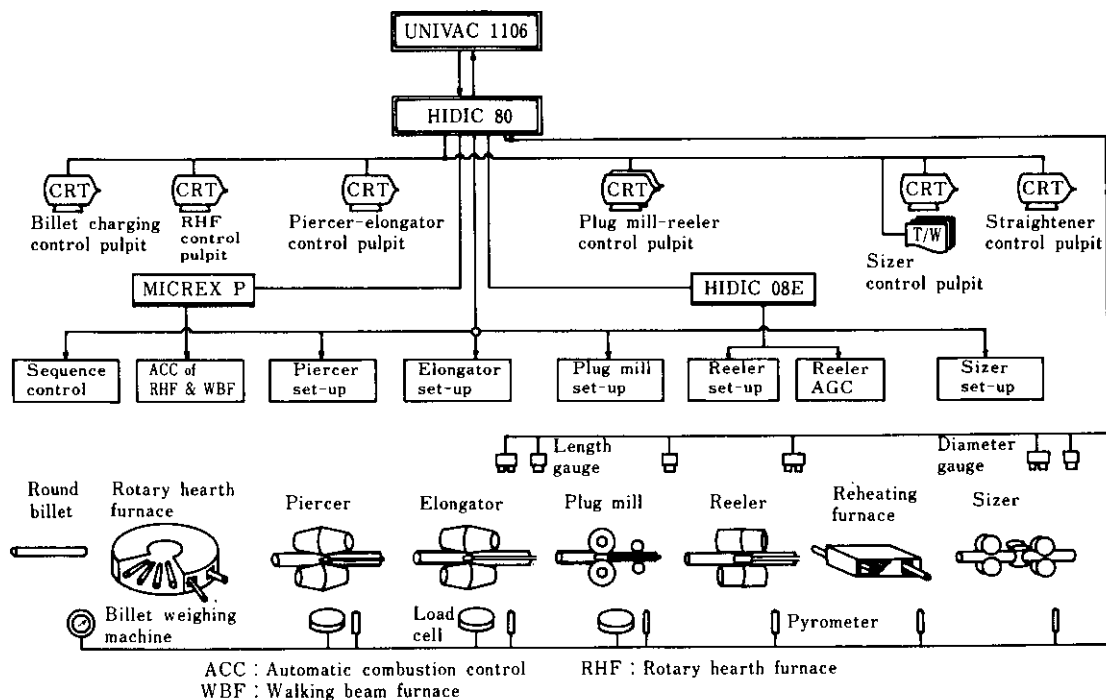


Fig. 2 Basic configuration of computer control system

Table 1 Specifications of computer and peripheral equipment

Central computer		
UNIVAC 1106	Magnetic core Magnetic disk unit Magnetic tape unit Line printer Card reader Cathode ray tube	262 kW (1W : 32bit + 2parity), Cycle time 0.75 μ s 238 M bit 9 truck 1 600 bpi 60 ips 4 sets 1 000 line/minute 2 sets 1 000 card/minute 1 set 12 inches 1 024 characters 1 color (green) 1 set
Process computer		
HIDIC 80	Magnetic core Magnetic disk unit Magnetic tape unit Line printer Logging typewriter Card reader Cathode ray tube	64 kW (1W : 16bit + 1parity), Cycle time 0.65 μ s 26 M bit 9 truck 1 600 bpi 25 ips 1 set 200 line/minute 1 set 40 character/second 3 sets 300 card/minute 1 set 20 inches 960 characters 7 colors 9 sets
DDC		
TOSMATIC-12A	IC memory 12 bit micro processor	10 sets
PROSEC-2000	Wire memory 16 bit micro processor	10 sets
U-100	IC memory	1 set
MICREX	8 bit micro processor	4 sets

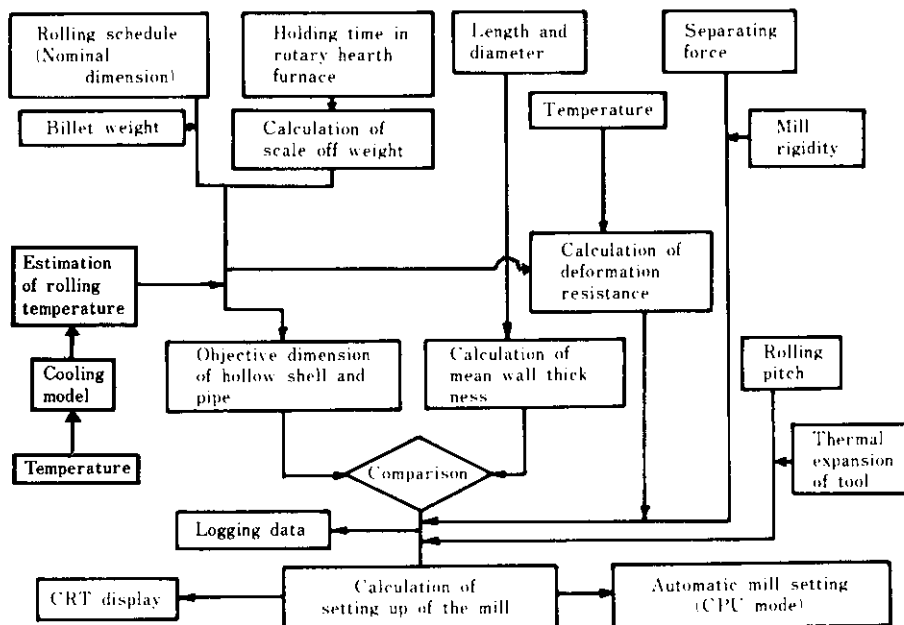


Fig. 3 Concept of automatic gauge control system

ビレット重量を測定し、回転炉内での実在炉時間から推定されるスケールロス量を修正して各ミルでの目標寸法を1本ごとに算出する。また、圧

延後の実測外径および長さから平均肉厚を算出し、目標寸法と比較することによって、設定値の適正修正量を求め、次圧延材に対して出力する。この

際、工具類の摩耗、圧延ピッチのばらつきがもたらす工具膨張のばらつき、および、鋼種と圧延温度とから計算される変形抵抗およびミルスプリングバック量を補正する機能を有している。

4.1 ピアサーおよびエロンゲーター

ピアサーとエロンゲーターはプラグとガイドシュウの形状およびロール面角が異なるのみで同一機能を有する穿孔圧延機である。したがって制御の方法は基本的に同一と考えてよい。

圧延後の素管の外径および肉厚はロール間隔、プラグ先進量ならびにガイドシュウ間隔により、(1)～(2)式で表わすことができる^{1,6)}。(Fig. 4 参照)。

$$D_H = r \{ H + 2(L_P - L) \tan \beta_3 \} + r' \{ E + 2(L_P - L) \tan \beta_2 \} + \Delta D \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$t_H = \{ E - D_P + 2(L_P - L) \tan \beta_2 \} / 2 + \Delta t \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

- D_H, t_H : 圧延後の素管外径および肉厚
- D_P, L_P : プラグ径およびプラグ有効長さ
- E : ロール間隔
- L : プラグ先進量
- H : ガイドシュウ間隔
- β_2 : ロール出側面角
- β_3 : ガイドシュウ出側角度
- r, r' : 外径、肉厚で変化する係数
- $\Delta D, \Delta t$: 補正項

目標寸法を得るための設定条件の解は(1)～(2)式を満足する範囲内にあり、その中から最適なものを選択することが初期設定値を与えるうえで重要な課題となる。適正な圧延条件を設定するために、あらかじめモデルミルによる実験室的調査を行い、以下に示す各制限条件を同時に満足する適正条件範囲を設定した。

- (a) 入側材料がロール端面に接触しないこと。
- (b) 噛み込み不良を生じないこと。
- (c) 尻詰りを生じないこと。
- (d) 回転鍛造効果による内部割れを発生しない条件であること。
- (e) 圧延材の偏肉を最小にするために、圧延後半部に十分なリーリング部を与えること。
- (f) ロールとガイドシュウ側面との間が適正な間隔に保たれること。
- (g) H/E 比が適正な範囲にあること。
- (h) 圧延後の素管内径とプラグ径との間に適正な範囲のクリアランスが確保されること。

これらを同時に満足する適正範囲をピアサーの場合について模式的に図示すると Fig. 5 の斜線で示される範囲に限定されることになる。このようにして得られた適正条件を実機に適用し、管品質との対応を十分に調査したうえで部分修正を行い、さらに、スケジュールごとに一般式化することにより、すべての寸法に対して適正条件を求めるモデル式を作成した。上位計算機ではこのモデルを用いてピアサーおよびエロンゲーターの初期設定値を計算し、出力する。

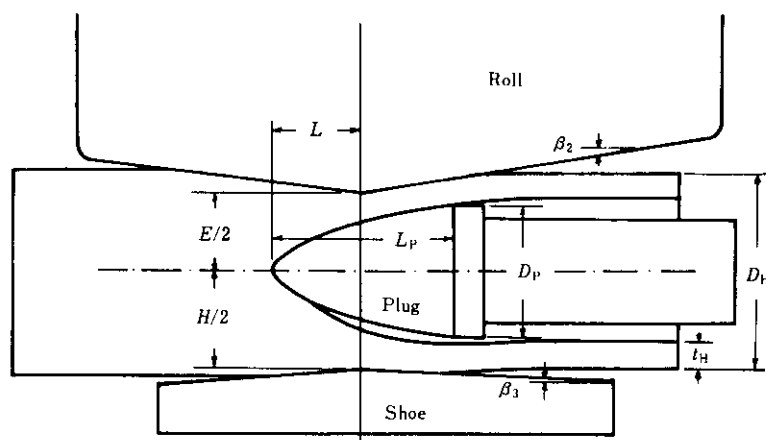


Fig. 4 Notation of piercer and elongator

学習制御モデルは基本的には(1),(2)式から構成されているが、さらに、圧延ピッチのばらつきに起因するプラグパー膨張量のばらつき、あるいはプラグやガイドシュウの寸法のばらつきや摩擦量(特に工具の交換時に重要)に対する補正も行い、学習制御の精度を高めている。ただしピアサーの場合には肉厚が厚く、肉厚のわずかな変化

量が長さの変化にそれほど大きく影響しないこともあり、初期設定値のみで実用上十分な精度が得られている。

エロンゲーター圧延をCPUを利用した計算モードにより行ったときの結果の例をFig. 6に示す⁷⁾。ロット替りにおいても、また、圧延ピッチが変動した場合においても設定値が自動的に変化し、十分な精度の素管が得られている。

4.2 プラグミル

プラグミルは通常4個のプラグを循環し2パス圧延を行うが、最終製品の伸ばし長さを決定するうえで、きわめて重要な意味を持つ圧延機といえる。したがって、プラグミルの制御モデルには以下に示すいくつかの特徴を加えて精度向上を図った。

- (1) エロンゲーター後の素管の実測寸法をフィードフォワードし、目標減肉量を補正する。
- (2) 2パス圧延後の管の偏肉率が最小となるよう1パス時の压下量を計算する。
- (3) プラグ寸法のばらつきや摩擦のばらつきによ

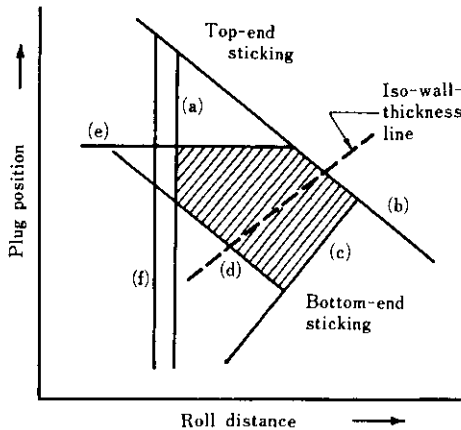


Fig. 5 Optimum setting condition of piercer

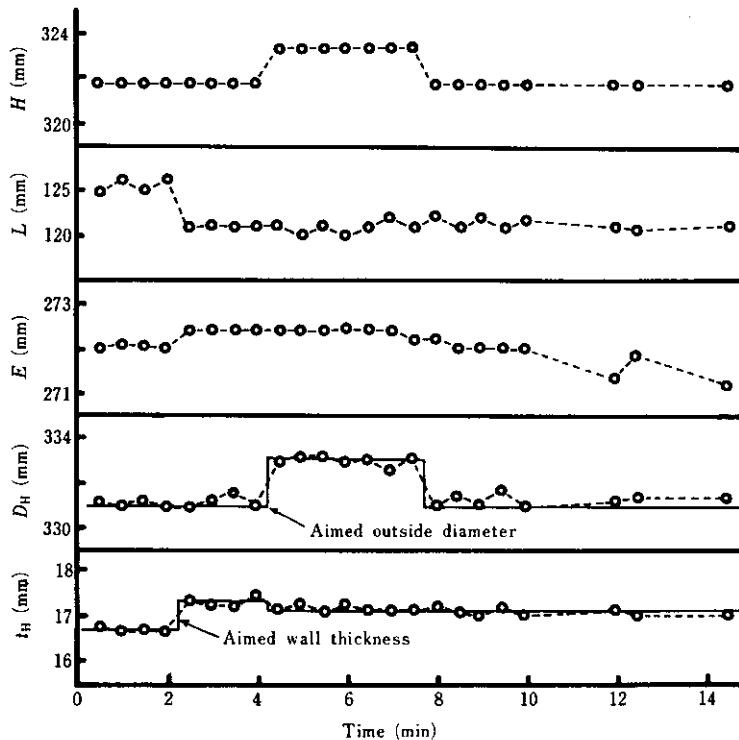


Fig. 6 Variation of dimensions of outgoing hollow shell at elongator rolled by the mode using CPU

る誤差をなくするために、学習制御式をプラグごとに独立にする。

(4) エロンゲーター後の素管温度と鋼種とから、プラグミル圧延時の圧延荷重を予測し、ミル剛性の補正を行う。また、実績圧延荷重から荷重予測モデル式の修正を行う。

(5) プラグ交換時の学習のみだれを防止するために、前回プラグ交換時の適応修正量を記憶しておき、さらに実測プラグ寸法の補正を行う。

これらの特徴のうち、偏肉を最小にする1パスおよび2パスの圧下配分について述べる⁶⁾。

Fig. 7において、実質的な圧下をうけないロールフランジ部の肉厚 t_F は強制的に圧下されるロールボトム部の材料の長手方向伸びによって引張りをうけ、素管の肉厚(t_E)に比較して減肉することが認められている。いま、フランジ部での材料減肉率とロールボトム部での材料減肉率との比をC値で表わす。

$$C_1 = \lambda'_1 / \lambda_1 \quad \text{for 1st pass rolling} \quad \cdots (3)$$

$$C_2 = \lambda'_2 / \lambda_2 \quad \text{for 2nd pass rolling} \quad \cdots (4)$$

ただし、 $\lambda'_1 = (t_E - t_{F1}) / t_E$

$$\lambda_1 = (t_E - t_{B1}) / t_E$$

$$\lambda'_2 = (t_{B1} - t_{F2}) / t_{B1}$$

$$\lambda_2 = (t_{F1} - t_{B2}) / t_{F1}$$

t_E : エロンゲーター後素管肉厚

t_{B1} , t_F : ロールボトム部およびフランジ部の肉厚

Suffix 1, 2: それぞれ 1st pass,

2nd pass を表わす

偏肉を最小にするためには、

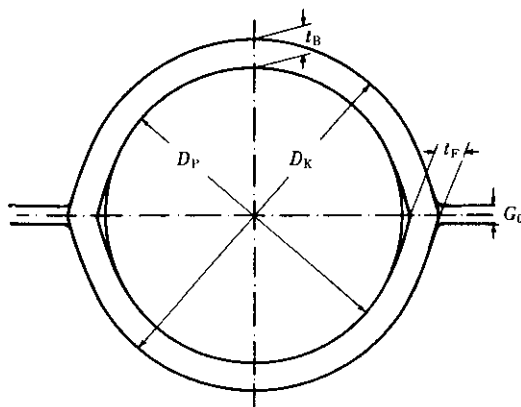


Fig. 7 Roll groove and plug at plug mill

$$t_{B2} = t_{F2} \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

を満足することが必要であるから、(3), (4)式より1パス目の適正減肉率を次式のように定めることができる。

$$\lambda_1 = \frac{-Y - \sqrt{Y^2 - 4XZ}}{2X} \quad \cdots \cdots \cdots (6)$$

ただし、 $X = C_1(1 - C_2)t_E$

$$Y = (C_1 - C_2)t_{B2} - (1 + C_1)(1 - C_2)t_E$$

$$Z = (1 - C_2)(t_E - t_{B2})$$

C_1 , C_2 はあらかじめモデルミルを用いて実験室的に求め、さらに、実機で確認を行ったうえで素管寸法の関数として与えている。

プラグミルの自動制御方式を Fig. 8 に示す。学習制御の基本式は次式で与えられる。

$$G = G_0 - D_K + D_P + 2t_B + \Delta D_P - P/M \quad \cdots \cdots (7)$$

ただし、 G : ロールギャップ

G_0 : 基準ロールギャップ

D_K : ロール孔型径

D_P : プラグ径

t_B : 圧延後材料のロールボトム部

ΔD_P : 補正項

P : 圧延荷重

M : ミル剛性

ここで重要な点は、補正項 ΔD_P を単にロールとプラグとのクリアランス、すなわち t_B の誤差量という一次元的な取り扱いで処理するのではなく、ロールとプラグの間を通過する材料の面積という二次元的な取り扱いで処理することが精度を高めるうえで必要なことである。当社では、圧延材の面積を1本ごとに計算し、円周方向偏肉を最小におさえたままで、精度よい目標伸び長さ制御が行われている。

プラグミルの圧延制御には定尺モード制御(長さ一定制御)および乱尺モード制御(肉厚一定制御)の二つの制御方式を備えており、目的に応じて両モードを使い分けている。

プラグミル圧延制御が圧延材の肉厚のばらつきにおよぼす効果の例を Fig. 9 に示す⁸⁾。図は乱尺モード制御の場合の例であるが、自動制御により肉厚のばらつきが大幅に減少しているのがわかる。

4.3 リーラー

リーラーの制御は他のミルの場合と異なり、プ

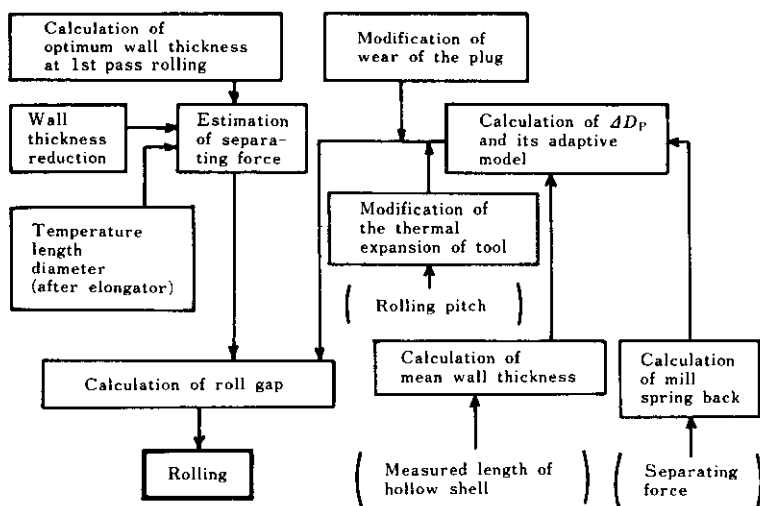


Fig. 8 Block diagram of gauge control model for plug mill

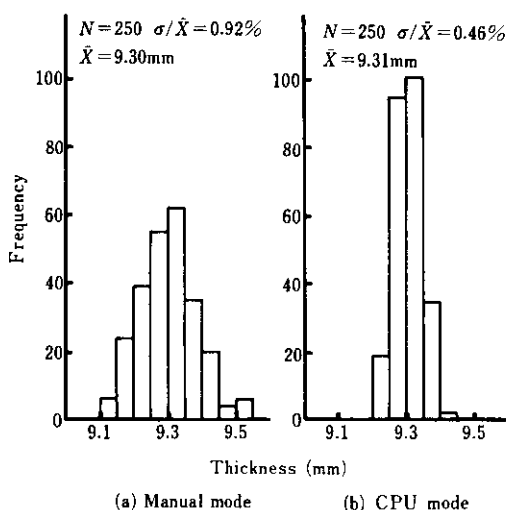


Fig. 9 Comparison of wall thickness deviation of pipe rolled by CPU mode and manual one at plug mill

リセットと AGC の機能とを有している。プリセットモデルは噛み込み時のミル設定値を計算するものであり、基本式はピアサーおよびエロンゲーターの場合と同様 (1), (2) 式が用いられている。プリセット計算は、エロンゲーター後の素管の実績平均肉厚、プラグミル各パスの実績平均肉厚ならびに (3), (4) 式で与えられる C 値とからリーラー入側素管の先端非定常部の肉厚分布を推定し、リーラー圧延後の管外径が目標値に一致するよう

ミル設定値を計算するものである。もちろん、リーラーでの減肉量と拡張量との関係を各スケジュールごとにあらかじめ調査して得られた精度よいモデル式が計算には用いられている。このように素材肉厚分布を予測して設定値を計算する方式は、圧延材のごく先端からの寸法精度を高めるだけではなく、噛み込み不良の防止にも大きな効果をもたらしている。

一方 AGC 制御方式は、材料の圧延温度 (プラグミル実績圧延温度を冷却モデル式に適用してリーラー圧延温度を 1 本ごとに予測するが、前回実績圧延温度を用いて予測式を修正し、精度向上を図っている) と鋼種とから変形抵抗を求め、圧延時のロール駆動モーターの圧延トルクから圧延時の実績減肉量を計算し、これが目標値に一致するよう圧延機を制御するものである。減肉量と圧延トルクとの関係式はロールとプラグの間で圧延される板の圧延を変形して管材圧延に適用し、さらに実機での測定値を用いて修正し組み立てられたものである。

リーラー後に設置された外径計により測定された圧延材の長手方向の外径変化と、圧延中のトルク変化との関係を Fig. 10 に例示する⁹⁾。圧延トルクと管外径との間に密接な関係が認められ、長手方向にわたって均一な寸法の管を得るために AGC 制御がきわめて有効であることがわかる。なお、管のごく後端の非定常圧延部は定常部と比較して、

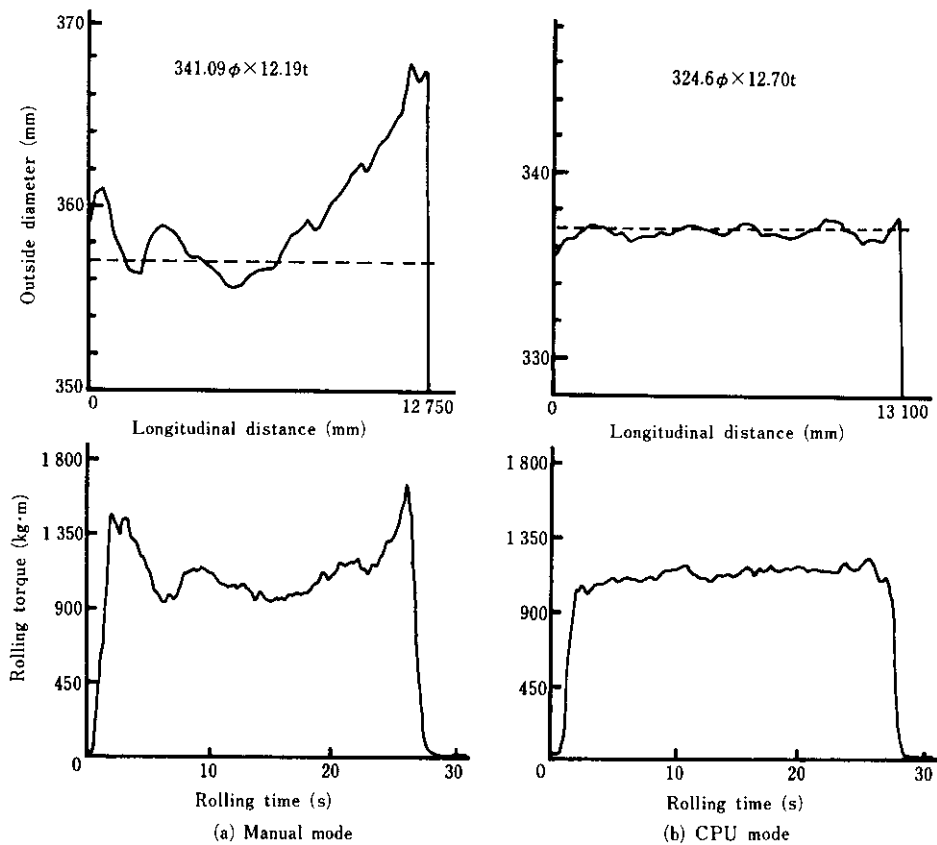


Fig. 10 Relation between outside diameter of outgoing shell and rolling torque at reeler

同一減肉量であっても大きな拡張を示す傾向がある。本制御システムでは圧延後端部の減肉と拡張の傾向をあらかじめパターン化しておき、適正な減肉パターンが得られるよう後端部を制御し、管端部まで均一な寸法の管が得られるよう配慮している。

リーラー圧延では、プラグミル圧延後の素管情報をフィードフォワードし、目標減肉量の長手方向分布を計算する機能を具備していることが大きな特徴の一つである。この方式により、プラグミル圧延後の管の伸び長さのばらつきをリーラー圧延時に補正することが可能となり、製品長さのばらつきが大幅に減少した。その例を Fig. 11 に示す。サイザー圧延後の管長のばらつきがプラグミル圧延後で測定された素管長さのばらつきに比較してかなり改善されているのがわかる。

4.4 サイザー

サイザーは他のミルでの伸び長さ制御と異なり、外径を直接制御する。しかも、多段スタンドであるために他のミルとは異なった制御モデルが必要となる。本システムは基本的に以下に示す六つのモデルにより構成されている¹⁰⁾。

- (1) 冷間の製品目標寸法、鋼種および圧延温度から熱収縮率を管 1 本ごとに求め、サイザー圧延時の熱間目標外径を算出する。
- (2) 管長手方向のダイナミック制御は行わず、プリセット方式とする。ロール替 1 本目の初期設定値はあらかじめ記憶してある基本定数ならびにロール摩耗量とを用いて出力する。また、ロット替りの 1 本目は前ロットの実績ロールギャップならびに外径、肉厚の目標変更量とから計算する。
- (3) サイザーの後に設置された二つの外径計（それぞれロールボトム方向の外径が測定できるよう直交方向に配列されている）の実測値を用いて、同一ロットの 2 本目以降の圧延を学習制御する。

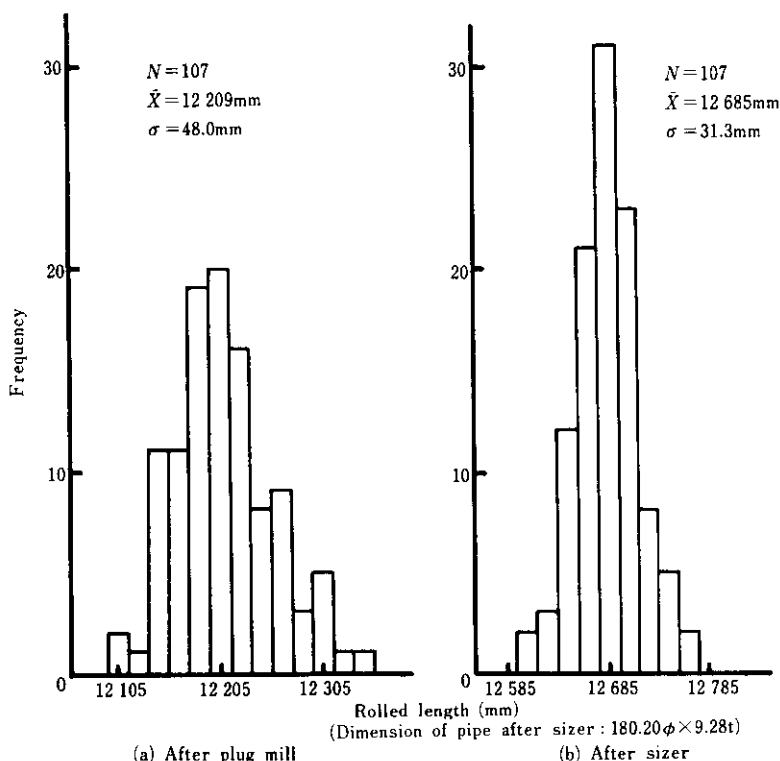


Fig. 11 Comparison of length of rolled materials after plug mill and after sizer

制御の基本式を以下に示す。

$$D_I = a_I + \sum_i b_{Ii} \cdot G_i \quad \cdots \cdots (8)$$

($i=1, 2, \cdots N$)

$$D_{II} = a_{II} + \sum_i b_{IIi} \cdot G_i \quad \cdots \cdots (9)$$

ただし、 D_I, D_{II} : 直交方向の管外径

G_i : i 番スタンドのロールギャップ

N : スタンド数

a, b : 係数

(4) 目標外径からの偏差を次圧延材の圧下設定に反映させる場合、下流スタンドほど大きく、上流スタンドほど小さく反映させる。その配分は累積外径絞り率に比例させる。

(5) (8.), (9) 式の係数を圧延中に求め、自動的に修正する機能を加え、制御の収束精度を高めている。

(6) サイザー前の素管温度を実測し、ミルスプリングバック量を推定することにより、ロールギャップ設定値にフィードフォワードする。

サイザーの自動制御方式を Fig. 12 に、また、自

動制御にともなう外径変動の例を Fig. 13 に示す。

Fig. 13 はあらかじめロールギャップを故意に変化させ、目標と異なった管を圧延した後自動制御方式による圧延 (CPU モード圧延と称す) を行った時の直角方向の外径変化を示したものであるが、CPU 圧延開始後 1 ~ 2 本で外径偏差が 0.2mm 以内に収束し、かつ、圧延中における外径のばらつきも少なく、良好な管を製造することができた。

本モデルでは、設定ロールギャップと外径実績値とからロール摩耗量を計算し学習しているために、ロット変更後の外径適中率を高めることができ、かつ、前述のような影響係数の自己学習機能をも備えているために外径の収束が速いなど、数多くの特徴を有している。

5. オペレーターガイドおよびデータロギングシステム

ビレットチャージングテーブルから矯正機出側までの各工程で得られる各種情報は、すべてプロ

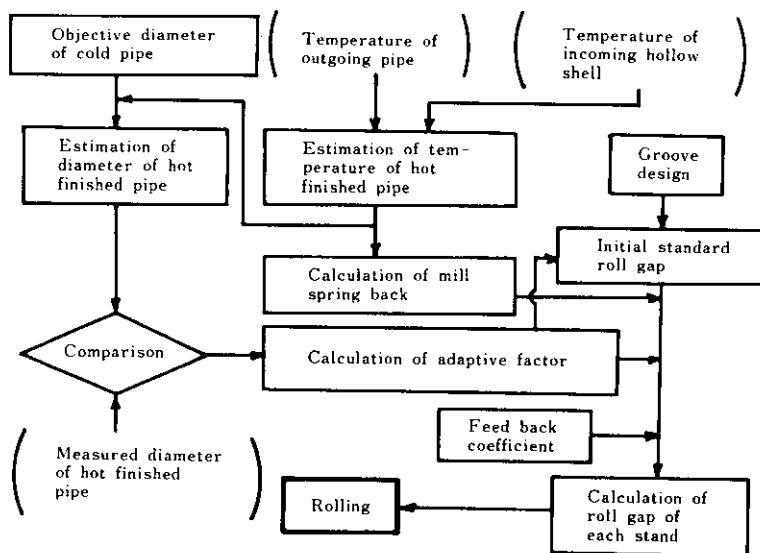


Fig. 12 Block diagram of gauge control system for sizer

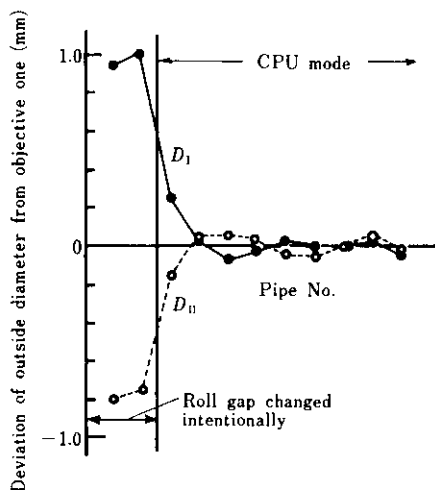


Fig. 13 Change of outside diameter of pipe rolled by the mode using CPU at sizer

セスコンピュータのディスクに一時的に記憶される。これらの情報はオペレーター室に設置されているCRTに表示される。表示はトラッキング情報、ロット管理情報、圧延実績、次圧延材の適正設定値などさまざまな形態があり、オペレーターが任意に選択できる。

Photo. 3 は圧延ラインのトラッキング情報、Photo. 4 はサイザーの圧延情報、また、Photo. 5 はサイザー圧延後の外径および長さのグラフィック

ク情報を示したものである。

これらの各種情報類のうち、各ミルでの実測寸法および目標値からのずれ量、各ミルの圧延時刻ならびに圧延温度、回転炉在炉時間など日常の管理に必要なデータは管1本ごとにタイプされる。ロギングデータの出力形式にはつぎのものがある。

- (1) ミル情報ロギング
- (2) 炉操業ロギング
- (3) 圧延材データロギング
- (4) ロットデータロギング
- (5) シフトデータロギング

一方、プロセスコンピュータのディスクに一時的に記憶された情報は、セントラルコンピュータに送られ、整理されたのち、長期保存に必要なデータ（管1本あたり410個のデータ）は磁気テープに保存される。これらの保存データはいつでもとりだすことができ、容易に解析することができる。このようなデータロギングおよび解析システムは製品の品質管理面だけではなく、圧延自動制御モデルの精度向上の面にもきわめて有効であるといえる。

6. システム適用の効果

本圧延自動制御システムは、全圧延ラインに適

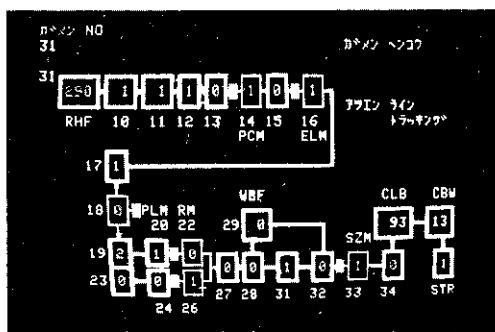


Photo. 3 Graphic display of material tracking at rolling line

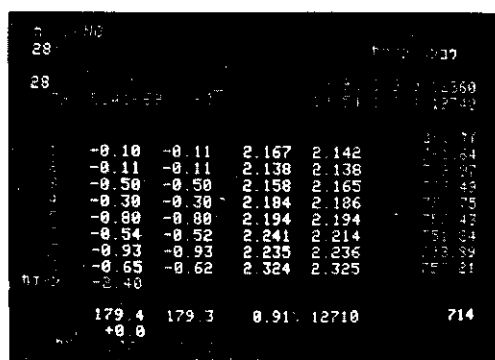


Photo. 4 Numerical display of rolling condition at sizer

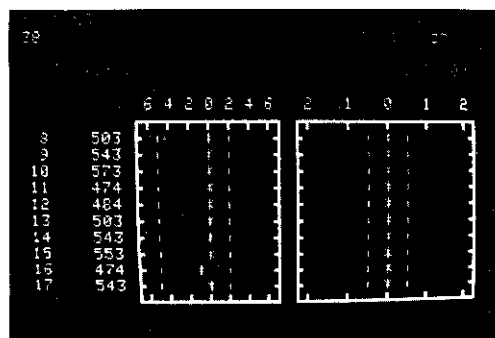


Photo. 5 Measured dimensions of hot rolled pipe displayed on CRT graphically

用され、管の寸法精度、歩留りおよび生産性の向上ならびに省エネルギーの実現などに大きな効果

が認められている。現在、本システムの適用率は平均 98% に達し、さらに向上しつつあるが、本システムを適用することにより、以下に示すいくつかの効果が認められた。

- (1) プラグミルの適正圧下配分算出モデルなどの効果により、偏肉率が約 1% 向上した。
- (2) 適正圧延条件の自動設定および伸し長さ制御の効果により、疵の発生およびクロップ長さのばらつきが減少し、歩留りが 3% 向上した。
- (3) 圧制御の実施により、エネルギー消費量が 10% 減少した。
- (4) 初期設定の自動化、搬送の自動化、ロット管理およびトラッキングの実施により、生産性が 5% 向上した。
- (5) ミル設定の自動化、加熱炉の集中管理および工具類履歴管理システムの実施により、大幅な省力が可能となった。

7. 結 言

シームレス鋼管工場全圧延ラインを自動的に制御する本システムは、製品寸法精度の向上ならびに品質の安定化を図るだけではなく、生産性の向上、操業の安定化ならびに省力や省エネルギーにも大きく寄与する点で、きわめて有効なシステムと考えることができる。しかしながら、システムの効果が制御モデルの精度ならびに信頼性によって大きく左右されることはあらためて述べるまでもないことである。筆者らは制御モデルの精度と信頼性の向上を目的とした調査研究を従来より行ってきたが、より多くの効果をもたらす制御システムを確立するために、さらに詳細な研究を継続していきたいと考えている。

おわりに、本システムの開発は知多製造所の関係各課ならびに技術研究所とから構成されたプロジェクトチームにより行われたことを明記するとともに、開発に際し終始御協力いただいた株式会社日立製作所の関係各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 佐山、富樫、江島、金成：鉄と鋼，64 (1978) 11, S 688
- 2) 佐山、富樫、江島、金成：鉄と鋼，64 (1978) 11, S 689
- 3) 中川、阿部、金成：鉄と鋼，64 (1978) 11, S 690

- 4) 富樫, 佐山, 江島: 鉄と鋼, **65** (1979) 4, S 256
- 5) 安藤, 上杉, 田口, 野沢, 間口: 川崎製鉄技報, **11** (1979) 2, 228
- 6) Y. Sayama, Y. Funyu and Y. Taguchi; "Automatic Rolling on Kawasaki's New Seamless Pipe Mill by Process Computer", Proceedings of the 21st Mechanical Working & Steel Processing Conference, (1979), 177
- 7) 今江, 富樫, 佐山, 船生, 相山, 小林: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S 1001
- 8) 阿部, 中川, 今江, 江島, 桜田, 簡野: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S 1002
- 9) 桜田, 船生, 増田, 富樫: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S 1003
- 10) 増田, 間口, 桜田, 佐山, 阿部: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S 1004