

# 調質圧延機の自動制御

## Automation for Skinpass Mill

水野 雄弘\* 松 香茂道\*  
 Katsuhiko Mizuno Shigemichi Matsuka  
 桜井 孝員\* 木 谷 進\*  
 Takakazu Sakurai Susumu Kitani

### 要 旨

労働力削減, 圧延能率向上, 製品品質の向上のため, 近年調質圧延機に採用されている自動制御装置中の主要項目である, コイルの自動ハンドリング, 自動減速, 定位置停止, 伸び率制御について, 特に制御用計算機との関連において述べる。

### 1. 緒 言

冷間圧延工程の最終工程である調質圧延においては, 伸び率の一定制御による製品品質の向上が最も重要な問題であり, 調質圧延機には伸び率制御装置が不可欠となっている。さらに自動車車体, 家庭用電器製品などに使用される深絞り用薄鋼板に対する需要者側の要求がますますきびしくなっているために, 制御用計算機を導入しての伸び率制御, 圧延機のパネ常数の制御とロールクラウン制御による形状制御が登場してきた。

一方, 省力化による労働力削減, 圧延能率向上による生産性向上, 上質ロールの保護を目的として, 適切な自動減速とコイル尾端の定位置停止, 高精度の製品重量分割, コイルの自動ハンドリングを採用するのが常識化されている。これらの自動化についても高性能が要求されるため制御用計算機が使用されることが多い。

図1は代表的配置例である。同図は2スタンドの場合であるが, 1スタンドや3スタンドの場合も同様である。またテンションローラが単なるデフレクタロールになることもある。一つのプラントを取り上げた場合, 図示した自動制御装置の一部が省略されることもあるため, トランジスタ, ICを使用したいわゆる Wired Logic による方式と制御用計算機を用いる方式とが, 自動制御項目の数と要求性能とを考慮して使い分けられている。最近では要求性能のきびしいこと, フレキシビリティのあること, 全自動化を目標とすることなどの種々の理由から計算機を利用することが増加している。

### 2. コイル自動ハンドリング

コイル自動ハンドリング装置はコンベヤの配置などの工場レイアウトによって大きく変化するが, 一般的には光電管, リミットスイッチ, 近接スイッチを検出器とし, 電磁弁と油圧機構を操作端とするシーケンス制御装置によって構成される。一種の順序制御装置であるが, コンベヤ上に並んだコイルの部分的欠除(いわゆる歯抜), 圧延順序の変更, 運転員の手動介入などの処理をする必要性からかなり複雑なものとなり多数の補助継電器を使用して構成されている。

このためラインの部分的変更は非常に困難であり, また1個の検出端の不良が全ラインの停止につながる場合もある。この解決策の一つは制御用計算機を用いて運転方式の変更をソフトウェア的に行ない, また複数個の検出端からの信号を処理して総合判定によってコイルの状態を知る方式である。

入側ハンドリングでは, 圧延のためコイルをペイオフロールまで運び, 正常な位置に装着させ圧延が円滑に行なわれるようにすることが重要となる。設備によりその方法は異なるが, 一例として図2のようなシステムについて述べる。

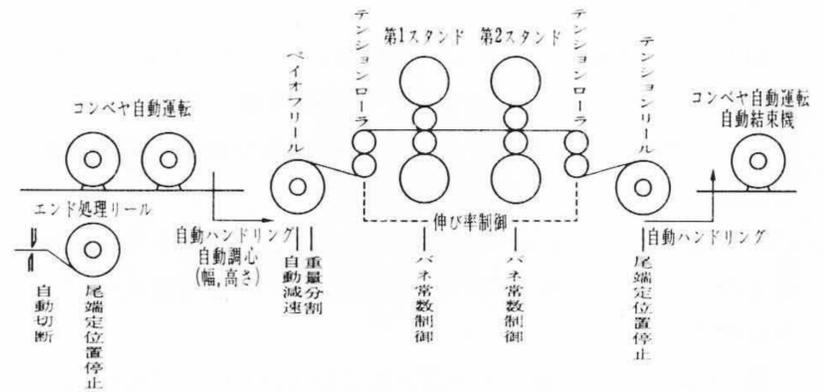
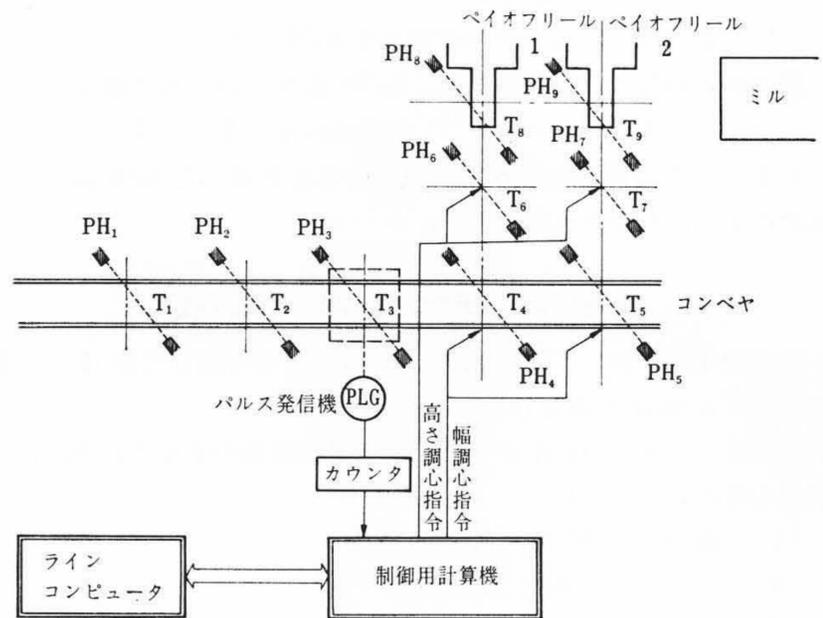


図1 調質圧延機における自動制御装置の配置例

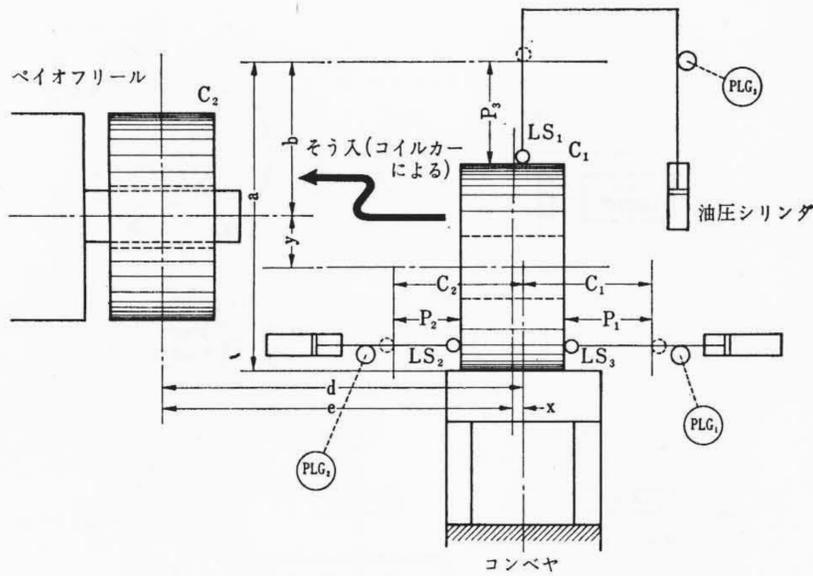


T<sub>1</sub>~T<sub>5</sub>; トラッキング点  
 PH<sub>1</sub>~PH<sub>5</sub>; 光電検出器

図2 入側の一例

T<sub>1</sub>からT<sub>5</sub>は, コンベヤの位置を示し, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>は, コンベヤとペイオフロールの中間位置を示している。まずコイルはT<sub>1</sub>にはいり, T<sub>4</sub>またはT<sub>5</sub>を通りペイオフロール1または2に装着される。このときT<sub>4</sub>またはT<sub>5</sub>でコイルは, コイルカーにてペイオフロールに装着されるが, コンベヤ上のコイルは, 幅方向にずれているのでペイオフロール装着時にずれ分を修正する必要がある。また, ペイオフロールにコイルを装着する場合, コイル径により高さ方向の修正を行なう必要がある。これに必要なコイルずれ量, コイル径は, コイルがT<sub>3</sub>にはいったとき測定され, 以後コイルに固有な情報として記憶される。この情報に基づきコイルカーの幅調心, 高さ調心の制御が行なわれる。例として図3のようなシステムでは幅調心制御量  $x$  および高さ調心制御量  $y$  は,

\* 日立製作所大みか工場



LS<sub>1-3</sub>; リミットスイッチ  
PLG<sub>1-3</sub>; パルス発信機  
C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>の coils が C<sub>2</sub>の位置に装着される。

図3 高さ調心，幅調心装置概略図

$$x = d - e = \frac{(C_2 - P_2) - (C_1 - P_2)}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$y = \frac{a - 2b + P_3}{2} \dots\dots\dots (2)$$

となる。ここで  $e$  は実際にコイルカーを移動させるべき距離であり、 $a, b, c_1, c_2, d$  は機械的位置関係により決まり、 $P_1, P_2, P_3$  はそれぞれパルス発信機 PLG 1~3 により測定される。

そのほか、上位計算機とのリンクによりコイルに関する情報の授受を行なう。

3. 自動減速，停止，重量分割

3.1 自動減速・重量分割

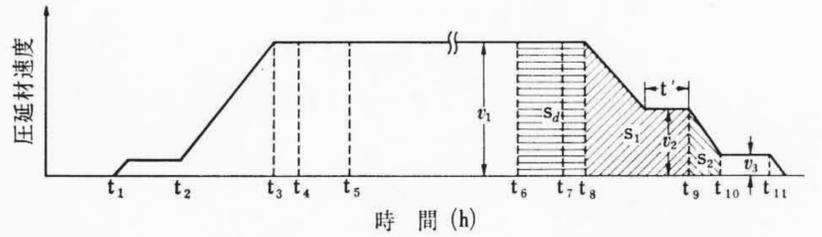
ペイオフリールに所定の残りターン数を残した状態で、圧延速度より所望の速度まで減速、あるいは素コイルを一定の重量に分割するために圧延速度より減速—停止することが重要となる。この制御方式については種々の方式が考案されているが、ここでは制御用計算機を導入した場合について述べる。この方式は検出された物理量の処理において、Wired Logic 方式では得られなかった能力を持っている。日立製作所においてもスキンプスミル，コールドミルにおいて、D. D. C 化した結果、画期的な性能を得ている。

まず、基本的な物理量であるコイル径測定(残りターン数)検出の方式について述べる。本方式は初期コイル径測定，後期コイル径測定とからなり、時間関係は図4に示すとおりである。

3.1.1 初期コイル径測定

圧延速度に達したことを、定速判定で検出したのち、初期コイル径測定にはいる。コイル径測定の構成図は図5に示すとおりである。

プリセット・オーバフローカウンタは、ペイオフリールの回転によって発生したパルスをカウントするものであるが、カウント値が計算機によってあらかじめプリセットされた数に達するごとに、計算機に割込みを発生する。この割込みタイミングにより計算機は、ペイオフリール  $m$  回転に対応するテンションロール回転数  $n_2$  をカウンタ  $C_1$  によってカウントし読み取る。こうしてペイオフリール  $m$  回転ごとのカウンタ  $C_1$  のパルス数  $n_2$  を、 $q$  回計算機内に取り込んでおく。この  $q$  個のデータ  $n_{2,1} \sim n_{2,q}$  と巻戻しターン数との関係は図6のように比例関係となる。計算機はこの  $q$  個のデータに基づき処理され、図6の直線の方程式を決定し、これよりペイオフリール径および残りターン数を予測する。



|                      |                            |                              |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| 手動操作                 | 計算機演算および指令                 | $t'$ : 中間速度保持時間              |
| $t_1$ : 圧延開始         | $t_3 \sim t_4$ 間: 定速判定     | $v_1$ : 圧延速度                 |
| $t_2$ : 加速開始         | $t_4 \sim t_5$ 間: 初期コイル径測定 | $v_2$ : 中間速度                 |
| $t_{11}$ : 停止 (圧延終了) | $t_6 \sim t_7$ 間: 後期コイル径測定 | $v_3$ : 通板速度                 |
|                      | $t_8$ : 第1減速指令             | $S_d$ : 後期コイル径測定のための余裕ターン数   |
|                      | $t_9$ : 第2減速指令             | $S_1$ : 第1減速より第2減速までの巻戻しターン数 |
|                      | $t_{10}$ : ペイオフリール抜け       | $S_2$ : 第2減速による巻戻しターン数       |

(2段減速方式の場合)

図4 自動減速演算時間関係図

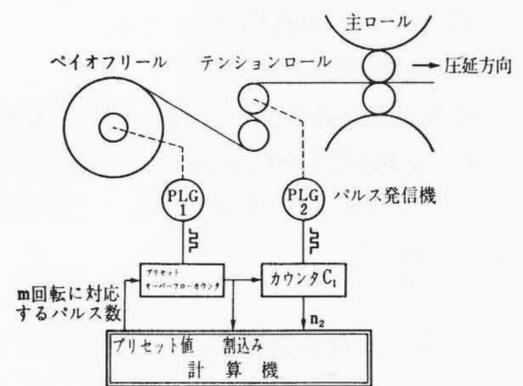


図5 ペイオフリールコイル径測定システム

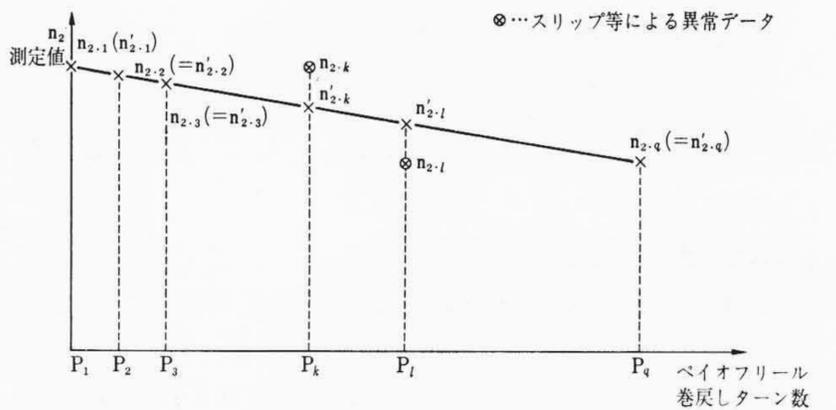


図6  $n_2$  とペイオフリール巻戻しターン数の関係

この方法により実際上の問題としては、いったん定速になった後には、テンションロールでの材料のスリップはないはずであるが、たまに生ずるスリップについては、測定点が図6の⊗点のようになるため除外される。

上記のデータ処理後の値  $n'_{2,1}, n'_{2,q}$  に基づき

$P_1$  点でのコイル径  $D_{C,1}$

$P_m$  点でのコイル径  $D_{C,q}$

を求める。

コイル径は(3), (4)式により求められる。

$$\pi \times D_C \times \frac{m \cdot n_{10}}{n_{10}} = \pi \times D_T + \frac{n_2}{n_{20}} \dots\dots\dots (3)$$

$$D_C = D_T \times \frac{n_2}{m \times n_{20}} \dots\dots\dots (4)$$

- ここに、 $D_C$ : ペイオフリールコイル径
- $D_M$ : ペイオフリールマンドレル径
- $n_{10}$ : ペイオフリール1回転で発生するパルス数

$D_T$ : テンションロール径  
 $n_2$ : カウンタ  $C_1$  のカウント値  
 $n_{20}$ : テンションロール 1 回転で発生するパルス数

とする。

$D_{C.1}, D_{C.q}$  を使用し、板厚  $h$  を求める。

$$h = \frac{D_{C.1} - D_{C.q}}{2 \times 99 \times m} \dots\dots\dots (5)$$

この板厚  $h$  は、占積率も考慮した板厚で、実際の板厚より厚い。

$P_m$  点で、コイル残ターン数  $n_{100}$  は、

$$n_{100} = \frac{D_{C.q} - D_M}{2 \times h} \dots\dots\dots (6)$$

となり、これより後期コイル径測定時点を予測する。すなわちペイオフリール残りターン数が図4の斜線部分  $(S_1 + S_2) +$  余裕  $S_d$  に対応した値になった時点で、後期コイル径算出を行なう。 $(S_1 + S_2 + S_d)$  の合計のターン数を  $n_d$  とし、 $n_{100} - n_d$  を外部プリセットカウンタにセットし、カウント完了信号(割込み)を計算機は待つ。この時点が後期コイル径測定開始点となる。

3.1.2 後期コイル径測定

後期コイル径測定割込みを受け付けると、計算機は初期コイル径算出時と同様に、 $m$  回にわたり  $n_2$  データ取込みを行ない、データ処理し、後期コイル径  $D_{C.F}$  を決定する。この結果、板厚  $h$  は、

$$h = \frac{D_{C.q} - D_{C.F}}{2 \times N} \dots\dots\dots (7)$$

となる。ここで  $N$  は、 $D_{C.q}$  計算データ取込み時点より  $D_{C.F}$  計算データ取込み時点までのペイオフリール巻戻しターン数である。 $D_{C.F}$  時点のコイル径は、初期コイル径より大幅に減少しているので、 $N$  の数も非常に大きな値となる。(7)式で求めた板厚  $h$  は占積率も含むもので、この  $h$  を用いて以後の残りターン数の予測をすればきわめて精度の高い演算が可能となる。

$D_{C.F}$  計算時点以後の残りターン数  $n$  は、

$$n = \frac{D_{C.F} - D_M}{2 \times h} \dots\dots\dots (8)$$

となる。

3.1.3 減速点決定

図4に示すように2段減速方式を採用した場合について述べる。

(8)式にて  $D_{C.F}$  計算時点の残りターン数  $n$  が決定されると、計算機は以降一定時間ごと(0.2秒程度)に巻戻しターン数を加算していく。この  $D_{C.F}$  計算時点以降の巻戻しターン数を  $n_a$  とする。またこのとき圧延速度  $v_1$  を読み込みこれより減速に必要なターン数  $(S_1 + S_2)$  を求める。この結果第1減速までの残りターン数  $n_{dec1}$  は

$$n_{dec1} = n - n_a - (S_1 + S_2) \dots\dots\dots (9)$$

となる。 $n_{dec1}$  が0になれば第1減速指令を出力する。

同様に第2減速指令は第2減速指令までの残りターン数を  $n_{dec2}$  とすれば、

$$n_{dec2} = n - n_a - S_2 \dots\dots\dots (10)$$

により決定される。

3.1.4 重量分割

素コイルを所望の重量に分割するために、圧延途中にてテンションリールに所定重量巻き取ることを目的としてラインを自動停止させ、シヤールにて切断する。この場合も基本になるのは、上記のコイル径測定および残りターン数の検出である。設備によっていろいろと考えられるが、ここでは、前工程のラインコンピュータなどにより素コイル重量が入力できる場合について述べる。

自動減速の場合と同様にまず初期コイル径測定を行なう。この

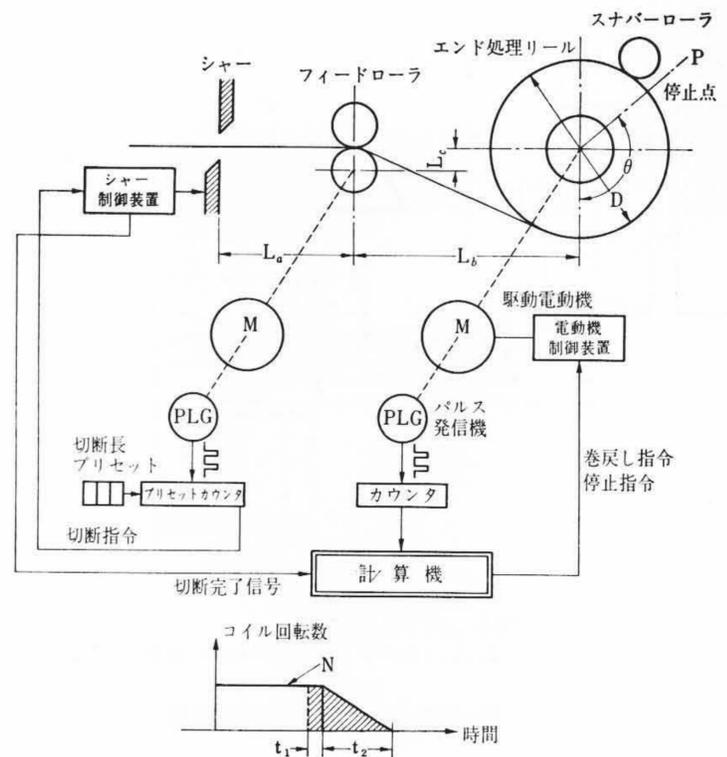


図7 エンド処理リールの制御装置

結果とあらかじめ通板開始よりカウントしてきた巻戻しターン数  $N_I$  より素コイル径  $D_{IN}$  を求める。

$$D_{IN} = D_{C1} + 2 \times h \times N_I \dots\dots\dots (11)$$

これより指定された分割重量  $W$  と、分割後のコイル径  $D_{NX}$  は、

$$W_I : W = \frac{\pi}{4} (D_{IN}^2 - D_M^2) : \frac{\pi}{4} (D_M^2 - D_{NX}^2) \dots\dots (12)$$

より、

$$D_{NX} = \sqrt{D_{IN}^2 - \frac{W}{W_I} (D_{IN}^2 - D_M^2)} \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 $W_I$ : 素コイル重量

この  $D_{NX}$  をペイオフリールのマンドレル径とみなせば、自動減速の場合と同様の処理にて重量分割を行なうことができる。

この方式は、指定される分割重量と素コイル重量との比を使用するだけで分割可能であり、比重、板幅、占積率の問題もなく制御可能である。

3.2 コイルエンド処理

前工程から送られてきたコイルの先端の形状は一般に悪いので、圧延に先だつて先端切断をするエンド処理工程が必要である。切断する長さをプリセットするとフィードローラにより自動的に繰り出され、プリセットカウンタの指令によって切断される。切断長が長いときはスクラップ処理上不都合なため、定尺切断を繰り返し全長がプリセット切断長になるようにする。

切断後は、圧延のため尾端があらかじめ定められた点にくるまでエンド処理リールを巻き取り、停止する必要がある。先端停止の方式を下記に述べる。

シヤールで切断後、コイル先端を所望の位置で停止させる。このとき、シヤールから停止位置までの距離  $l$  は、

$$l = f(D, L_b, L_c, \theta) + L_a \dots\dots\dots (14)$$

となり、これをターン数  $l_T$  に換算すれば、

$$l_T = \frac{l}{\pi D} \dots\dots\dots (15)$$

となる。

巻戻し開始直後から 0.1 秒ごとに加算するターン数を  $N_T$  とすれば、下記判定式が成立し、停止出力する(図7)。

$$N_T = l_T + L \dots\dots\dots (16)$$

ここで  $L$  は、停止指令出力後、停止するまでの回転数で下記の関数となる。図7において、

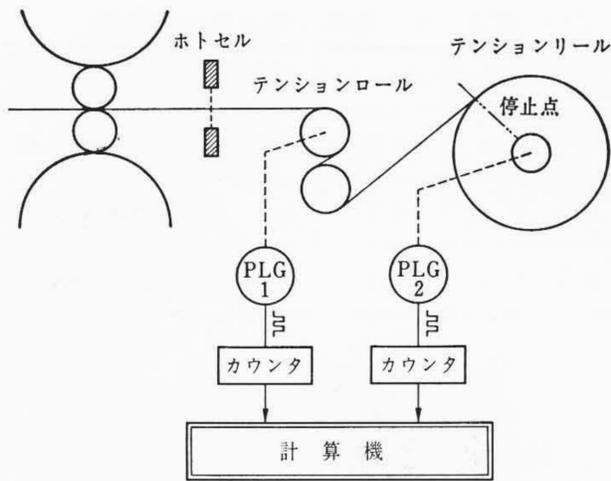


図8 尾端位置停止制御システム

$$L = t_1 \cdot N + \frac{1}{2} t_2 \cdot N \dots\dots\dots (17)$$

$t_1$ : dead time  
 $t_2$ : 電動機制御方式によって異なるが一般的には次式で示される。

$$t_2 = \frac{(GD_1^2 + GD_2^2) \times N}{375(T_E + T_F + T_B)} \text{ (s)} \dots\dots\dots (18)$$

ここに、

- $GD_1^2$ : 機械系, 電動機の  $GD^2$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )
- $GD_2^2$ : コイルの  $GD^2$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )
- $N$ : コイルの回転速度 (rpm)
- $T_E$ : 電動機発生トルク (回生制動トルクなど) ( $\text{kg} \cdot \text{m}$ )
- $T_F$ : フリクショントルク ( $\text{kg} \cdot \text{m}$ )
- $T_B$ : ブレーキのトルク ( $\text{kg} \cdot \text{m}$ )

3.3 コイル尾端位置停止

圧延終了後コイル尾端が所定の位置にくるようにテンションロールで巻き取ることは、コイル尾端をスナバーローラとコイルリフタで押し自動的にコイルを払い出す。これは次工程の自動結束機にかけるために必要である。この位置停止は圧延能率上重要な制御項目である。

方式は前項のコイルエンド処理の位置停止と同様に、コイルの尾端がホットセルを通過した後の図8のパルス発信機 PLG<sub>2</sub> よりのパルスをカウントすることにより行なわれる。設備によって一概には言えないが、停止精度としては ±10 度程度である。

4. 伸び率制御

4.1 伸び率および伸び率計

調質圧延機としては、1 スタンドから3 スタンドまで作られるようになり、伸び率表示および伸び率制御を行なうのが普通である。伸び率という観点から考えると圧延油を用いる場合には1 スタンドでじゅうぶんな伸び率が得られるが、後工程の関係で圧延油を用いない場合には1 スタンドのみではなかなか所定の伸び率が得られないため、スタンド数を増すとともに第1 スタンドにダブルロールを用いて伸び率を出やすくするなどの処置がとられる。

伸び率の定義は周知のように、

$$l = \frac{h_1 - h_2}{h_2} \times 100 \text{ (%) } \dots\dots\dots (19)$$

ここに、

- $h_1$ : 入側板厚
- $h_2$ : 出側板厚

で表わされる。実際に伸び率を測定する方法には種々あるが、現在通常用いられている方法は入側および出側のデフレクタロールにパルス発生器を取り付け一定時間両者の発生パルス数をカウントして

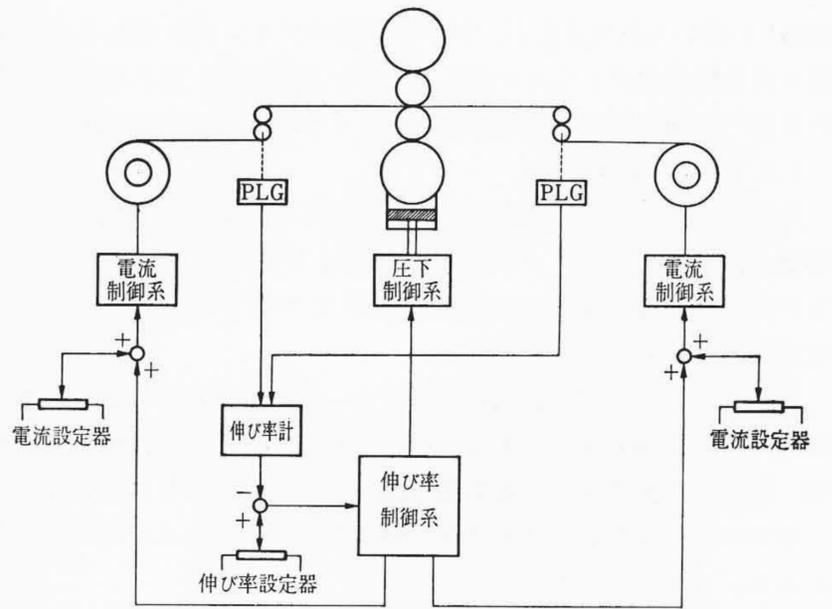


図9 シングルスタンドアナログ伸び率制御系

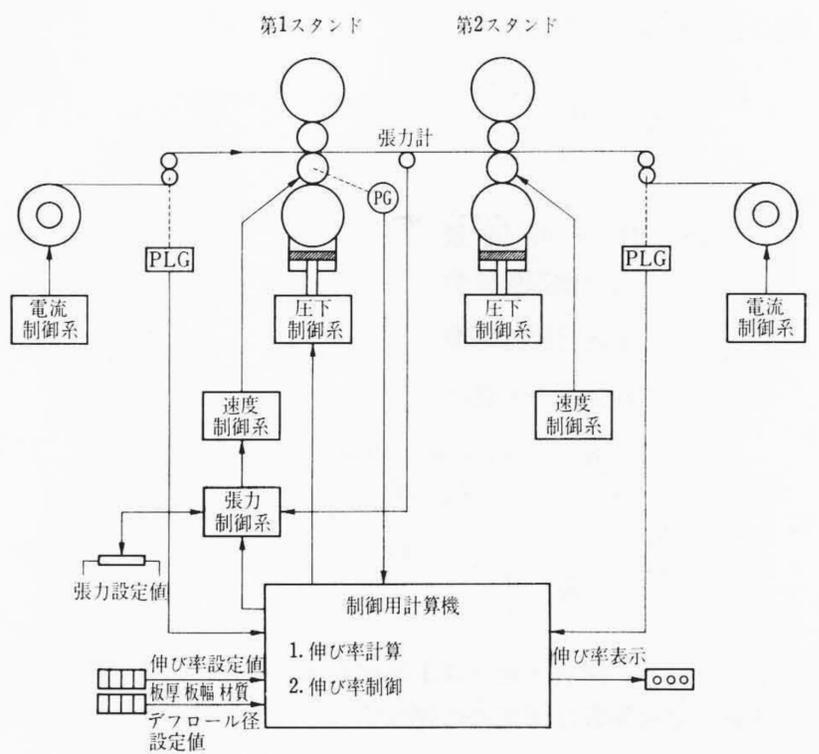


図10 2 タンデムミルデジタル伸び率制御系

演算している。すなわち、

$$e = \frac{\frac{D_2 C_2}{P_2} - \frac{D_1 C_1}{P_1}}{\frac{D_1 C_1}{P_1}} \times 100 \text{ (%) } \dots\dots\dots (20)$$

ここに、

- $P_1, P_2$ : 入側および出側のデフレクタロール1回転あたりの PLG パルス発生数
- $C_1, C_2$ : 入側および出側の一定時間あたり PLG パルス発生数
- $D_1, D_2$ : 入側および出側のデフレクタロール径

上式は圧延ラインの各部での質量速度一定という関係から(19)式より導かれる。

伸び率計算のためにパルスをサンプリングする時間は短いほどよいが、精度の観点から0.1秒以上とる場合が多い(通常サンプリング・タイムは最高圧延速度時0.2~0.25秒である)。またサンプリング時間は圧延速度に無関係に一定とするほうが伸び率制御の観点からは望ましいが、演算精度を速度に無関係に一定にするという観点からはサンプリング時間を速度に逆比例させている。

以上のように伸び率の定義は実際にはその測定方法に依存しており、通常(20)式による。これはスタンド数にはよらない。

伸び率の計算は図9に示すようにこれまで専用の伸び率計(演算

回路) が用いられてきたが、伸び率制御のデジタル化あるいは各種の自動項目のデジタル化によって計算機が用いられる場合には計算機内で同時に伸び率計算を行なうようになってきた(図10)。

4.2 伸び率制御

調質圧延における伸び率制御の自動化もここ数年常識化しており制御自体も従来のアナログ制御からデジタル制御に移りつつある。伸び率制御の要求精度は通常±0.1%であり、母材にもよるが比較的容易に達成できる。

伸び率制御は入側と出側の板厚比を一定に保つことであり、本質的には板厚制御と同じである。板厚を制御する手法には圧延油の種類、量および温度を変える方法もあるが、通常用いられるのは圧下と張力の制御である。このほかいわゆる定圧制御による伸び率制御がある。

4.2.1 圧下による伸び率制御

調質圧延の場合スタンドの前後張力は、シングルあるいはタンデム圧延にかかわらず一定に制御されており、この場合圧下制御による出側板厚の変化は、

$$\Delta h_2 = \frac{K}{K + \frac{\partial P}{\partial h_1}} \cdot \Delta S \dots\dots\dots (21)$$

ここに、

ΔS: 圧下制御量

K: 圧延機弾性係数

$\frac{\partial P}{\partial h_1}$ : 圧延材塑性係数

したがって伸び率の変化は、

$$\Delta e = \left\{ \frac{h_1 - h_2}{h_2} - \frac{h_1 - (h_2 + \Delta h_2)}{h_2 + \Delta h_2} \right\} \times 100$$

$$\doteq \frac{h_1}{h_2^2} \cdot \frac{K}{K + \frac{\partial P}{\partial h_1}} \cdot \Delta S \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (22)$$

で与えられる。調質圧延では圧延材の加工硬化が進んでいるため圧延材の塑性係数は圧延機の弾性係数の数倍ある。また  $h_1 \doteq h_2$  の場合が多い。したがって圧延油を用いた場合(22)式は大略、

$$\Delta e \doteq (0.1 \sim 0.2) \cdot \frac{\Delta S}{h_2} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (23)$$

圧延油を用いない場合にはロールと圧延材の間に滑(すべ)りがなく、摩擦係数が非常に高くなり圧下力はほとんどロール偏平に用いられ、圧下の効果はきわめて小さくなる。これを実測データについてまとめると表1のようになり、潤滑油のない場合には圧下の伸び率への効果はほとんど期待できない。

4.2.2 張力による伸び率制御

張力の板厚への影響は通常後方張力のほうが前方張力に比べ数倍大きい。したがってシングルスタンドでは後方のリール張力を制御する。タンデムの場合にはスタンド間に張力制御がかかっており、伸び率制御にもスタンド間張力を制御する。この場合タンデム圧延機では制御されたスタンド間張力に対し、後方スタンドにとっては前方張力が、前方スタンドにとっては後方張力が変わったことになり、両者は板厚に対し相乗効果を持つが、上記のように後方張力の影響が大きいので、一次効果としては後方張力のみ考えればじゅうぶんである。スタンド間張力を変えるには前方または後方の速度を制御するが、形状の観点から後方スタンドの速度を制御するほうが望ましい。

張力の伸び率への効果は次式にて与えられる。

$$\Delta h_2 = \frac{1}{\frac{\partial \sigma}{\partial h_2}} \cdot \Delta \sigma \cdot b \cdot h_2 \dots\dots\dots (24)$$

表1 圧下制御の伸び率への効果

|   | 圧延機   | スタンド | 圧延油 | $\frac{\text{伸び率変化}}{\text{圧下移動量}}$ |
|---|-------|------|-----|-------------------------------------|
| 1 | シングル  | #1   | あり  | 0.04~0.08 %/μ                       |
| 2 | 2タンデム | #1   | なし  | 0.0004~0.00015 %/μ                  |
| 3 | 3タンデム | #1   | なし  | 0.00033 %/μ                         |

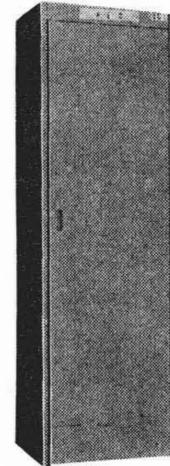


図11 伸び率制御盤

$$\Delta e = \frac{h_1}{h_2^2} \cdot \frac{\Delta \sigma}{\frac{\partial \sigma}{\partial h_2}} \cdot b \cdot h_2 \times 100 \dots\dots\dots (25)$$

$$= \frac{h_1}{h_2^2} \cdot \frac{1}{\frac{\partial \sigma}{\partial h_2}} \cdot \Delta T \times 100 \dots\dots\dots (26)$$

ここに、

σ: ユニット張力

T: 全張力

b: 板幅

全張力を変化させた場合の伸び率への効果は設備によって異なるが、0.5~1.0%/tでありじゅうぶんな制御効果が期待される。

4.2.3 定圧制御

定圧制御は圧延荷重を一定に保つ制御であり、たとえば入側板厚が変化した場合、圧下を制御して圧延荷重を一定に保つものである。

いま入側板厚が変化した場合、無制御の場合と定圧制御をしたときの伸び率の変化は概略次式で示される(圧下率の小さい場合)。

$$\Delta e_N \doteq \frac{\Delta h_1}{h_2} \quad (\text{無制御の場合}) \dots\dots\dots (27)$$

$$\Delta e_P \doteq \frac{K}{M} \frac{\Delta h_1}{h_2} \quad (\text{定圧制御の場合}) \dots\dots\dots (28)$$

ここに、

Δh<sub>1</sub>: 入側板厚変化 (mm)

h<sub>2</sub>: 出側板厚 (mm)

K: ミルバネ定数 (t/mm)

M: 材料の塑性特性の傾き (t/mm)

通常 M は K の数倍あり、特に調質圧延では材料がかたいのでこの意味で定圧制御を行えば、無制御の場合に比べて伸び率変化を10~20%程度に押えることができる。しかし伸び率計による制御ほど完全ではない。

4.3 伸び率制御における問題点

4.3.1 形状との関連

調質圧延機においては伸び率制御の場合、圧下または張力を大幅に変えると形状が悪化する。特に BOWING が生じやすく良好な形状を保ちながら制御できる範囲は圧下制御で50~100 μ、張力制御では0.5 t くらいである。すなわち伸び率制御の範囲は

形状の観点から ±0.5% 程度である。これらの数値は設備によって異なることはもちろんである。

4.3.2 サンプルングタイム

伸び率計のサンプルングタイムは通常圧延速度に逆比例して短くなり、このため閉ループ伸び率制御系の安定性を図る必要がある。近似的にはこのサンプルングタイムを検出器でのデッドタイムと考えると、圧延速度がおそいほどデッドタイムが長くなるので閉ループ制御利得を速度の関数として補償する必要がある。

4.3.3 計算機制御の導入

伸び率制御においては圧下制御の場合でも伸び率制御の場合でもいわゆる所要制御利得は、板厚、板幅、材質などによって異なる。また制御系の安定性の観点からは制御利得または位相を速度の関数として変更する必要がある。これらの利得のきめ細かい制御にはデジタル計算機が向いている。さらに計算機を用いれば、伸び率の計算に専用の伸び率計を設ける必要もなく、システムとしてのまとまりがきわめてよい。近年、制御用計算機の信頼性はアナログシステム並みまたはそれ以上になり、ほかの自動制御項目のデジタル化の傾向とも関連して、高度の目的制御には必須(ひっす)のものとなった。

なお、図9はシングルスタンドのアナログ制御による伸び率制御系のブロック図を、図10は2タンデムのデジタル制御によ

る伸び率制御系のブロック図を示したものである。また伸び率制御盤の写真は図11に示すとおりである。

5. 結 言

調質圧延機の自動制御は品質向上と省力化の二面からの要求で、最近広範囲に採用されるようになったが、いま一步の感がある。たとえば前工程からのコイルの形状がときたま悪いために、全コイルを自動ハンドリングすることができず手動介入を必要としている。また失敗した際の被害が大きいため100%の信頼を得られず、専任ではないにしても運転員が監視している状態である。

自動化が一項目ずつ取り上げられてきた歴史と制御用計算機に対する信頼感の問題から、計算機が導入されているにもかかわらずWired Logicが混在していて必ずしも調和が取れていない。

今後は全制御に統括的に計算機を利用して全圧延作業を完全に自動化し、運転員は状況を監視するのみとする方向に進むべきだと考えている。

終わりに本設備の計画から納入に至るまで種々の助言をくださった顧客のかたがたに厚く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 斎藤ほか： スキンパスミルの D. D. C 昭和45年電気四学会連合大会資料 No. 2541

Vol. 53 日 立 評 論 No. 9  
目 次

- ・高周波脈動吸収用アキュムレータ (ハイパルソーバ) の開発
- ・多周波データハイウェイシステム
- ・ストリップ圧延における自動形状制御
- ・冷間タンデムミル計算機制御
- ・H-7833 プロセッサカラーディスプレイ
- ・耐フロン絶縁モートル
- ・大容量焼結排風機用翼形ブロワ
- ・無溶剤ゴムの実用性
- ・貯湯式ガス焚温水ボイラの開発とその特性
- ・油入パイプ形ケーブルの絶縁油移動現象
- 半導発光素子特集
- ・注入発光と III-V 族発光材料
- ・GaAs<sub>1-x</sub>Px の気相成長
- ・GaAs<sub>1-x</sub>Px 発光素子の研究
- ・GaAs<sub>1-x</sub>Px 発光素子の特性とその応用
- ・GaAs<sub>1-x</sub>Px 発光素子の信頼度

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号  
郵便番号 100  
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地  
郵便番号 101  
振替口座 東京 20018番