

圧延機のオートメーションについて

On the Automation of Rolling Mills

前川 敏 明*
Toshiaki Maekawa

内 容 梗 概

従来の圧延機に関する種々の自動制御装置をみるときそれらは個々にきわめて精巧な機能をもっているが、一連の圧延作業のための有機的な働きは人手にまっところが多い。日立製作所においてはすでに多数の圧延機ならびにその電気設備の製作を行ってきたが、さらに進んで自動化方面の研究および製作を着々進めている。

ここには、運転指令をすべてプリパッチボードまたはカードのごときのもので与えて圧延作業を自動的に進める粗圧延機のプログラム制御装置と、放射線厚み計で厚さを連続的に測定しつつ常に一定な厚みの鋼帯を生産するための自動厚み制御装置の問題点と一方式の説明、および鋼材の自動定寸切断装置の紹介を行い、今後の圧延機のオートメーション化に対する動向を知る一助とした。

1. 緒 言

圧延作業は長足の進歩をしてきたがいまだ運転者の熟練にたよる部分が非常に多い。圧延工場をオートメーション化された化学工場、ワンマンコントロールあるいは遠隔操作による無人発電所などと比べるとときには、たとえ作業工程に本質的な差異があるにせよ、なお考える余地が多分にあるように思われる。

日立製作所においては従来多数の圧延機、補機ならびに駆動設備の製作にたずさわって、それらの機能がいかにか高級複雑な要素を含むかを身をもって経験し、不断の研究討議により常に最先端をいく性能の機械を生みだすべく努力を続けてきた。ここには最近の各方面のオートメーション化の趨勢にかんがみ、自動圧延工場への第一段階とも考えられる装置について若干述べることにする。

2. 粗圧延機のプログラム制御装置

厚板、鋼帯圧延などの可逆粗圧延機による圧延作業は、素材を何往復かの圧延パスを通して次第に延ばしてゆき、奇数回目の最終パスによって所要の寸法に仕上げられるものである。いま厚板圧延機を例にとってみると各パスごとに次のような操作が必要である。すなわち

- (1) メインおよびエッジャーのロール開度を所定の値に設定すること。
- (2) 数段階ある圧延速度のうち所定のものを選び出すこと。
- (3) エッジャー速度をメインロール速度に対して所定の比率に設定すること。
- (4) メインおよびエッジャーロールを所要の方向に起動すること。
- (5) フィードロールを適当な方向に駆動して圧延素材を圧延機に送り込むこと。

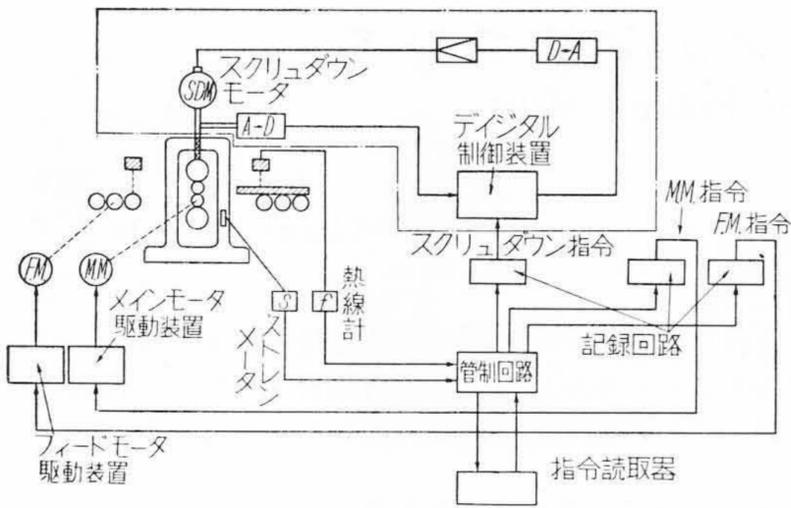
* 日立製作所日立研究所

- (6) 1パスが終れば、ただちに次のパスの準備行動に移ること。

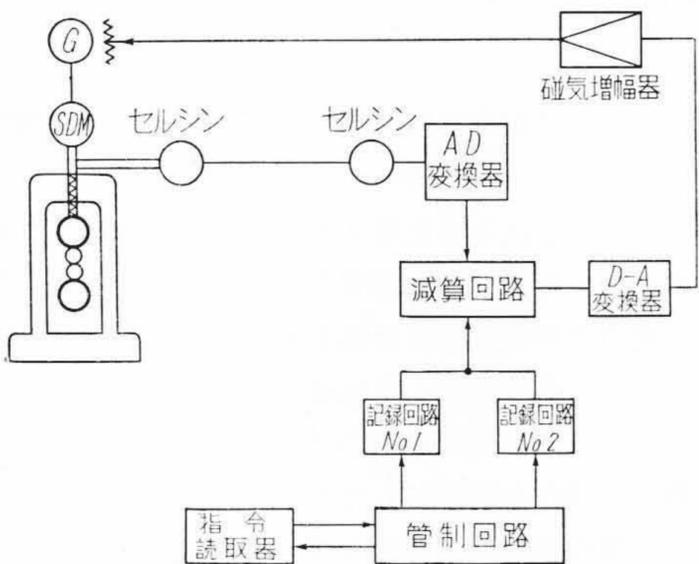
などである。これらは圧延スケジュールがきめられると、おのずから各パスに必要な操作ならびに順序が定まり、一連の工程が1個の圧延材料ごとにくりかえされる。そして生産計画により圧延スケジュールが変更されるまで、ほぼ同一作業がつづけられる。運転員は上記の何種類かの操作を順序にしたがってくりかえすことになるが、実際の圧延加工を行っている時間、すなわち材料がロールに噛まれている時間は全圧延時間の20~40パーセントくらいであるといわれている。残りの時間が運転員の熟練、疲労などの程度によって大いに左右されるものであることはあきらかであり、またこれが生産速度に影響することも大きい。

プログラム制御装置はこれら一連の運転操作をすべて機械に行わせることによって、理想的な熟練者が最良のコンディションで作業している状態をたえず容易に実現しようとするものである。欧米においてはプリセットスクリューダウン装置⁽²⁾や、粗圧延機のプログラム制御装置⁽³⁾などこの目的をもった機械が発表されている。日立製作所においてもすでにこの種の装置の開発に着手し、実際の圧延機と組み合わせて各種の実験、研究を進めている⁽⁴⁾。

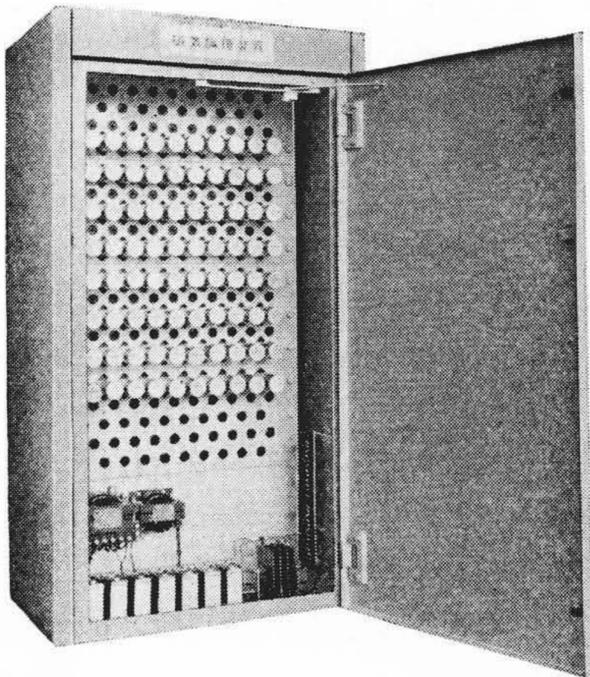
第1図は装置の概略説明図である。これは所定の指令装置(カード、プリパッチボードなど)に圧下量、圧延電動機、フィードロール電動機などの速度や方向をセットしておき、1パスごとに指令を進めていって全スケジュールを完了しようとするものである。圧延パスの進行はストレンメータ、熱線計などにより1パスのおわりを知って自動的に進める。圧延電動機やフィードロール電動機の運転は従来の駆動装置を用いて数種類のコンタクタを適宜選択する程度でよいから、指令により必要なリレーを閉じる装置をつくれればよい。しかし圧下制御の方



第1図 可逆粗圧延機のプログラム制御装置



第2図 スクリューダウン制御装置



第3図 圧延機プログラム制御装置用磁気論理装置の外観

は多種多様なスケジュールに応じうるもので、精度も全ストローク1m前後に対し0.5mm以下くらいを要求される。そこでこの部分には下記のようなデジタルサーボ装置をつける。

第2図に圧下制御装置のブロック線図を示す。まず2進法であらわされた圧下量は指令読取器から制御回路を

通じていずれかの記録回路に置数される。この値は減算回路に正数値として与えられ、一方そのときのロール開度を示す数値がほかの端子から与えられ、上記の指令値との差がえられる。この差はD A変換器によってアナログ量になり、磁気増幅器および発電機を通じて圧下電動機を所要の方向に駆動する。圧下機構の動きはセルシン装置によってA D変換器に送られるので、結局減算回路の出力が零すなわち圧下指令とロール開度が等しくなるまで動作する。A D変換器は2進法符号化板式であり、減算回路は並列式で信号はすべて直流的に処理されるから、圧下電動機の回転中にたとえ多少の演算誤差を生じてても最終位置の誤差とはならない。

管制回路、記録回路、減算回路などには多数の論理要素を用いるが、これには信頼性の高い磁氣的論理要素ヒタログ (Hitalog) を用いた。第3図は本装置の外観である。

3. 鋼帯圧延機の厚み制御

鋼帯圧延機は大体仕上工程に属する圧延機で、ここで加工された製品は所要の切断、表面処理などを経て商品となる。したがってこの工程における加工精度はただちに商品の品質を左右することになり、厚み精度の保持は重要な問題である。

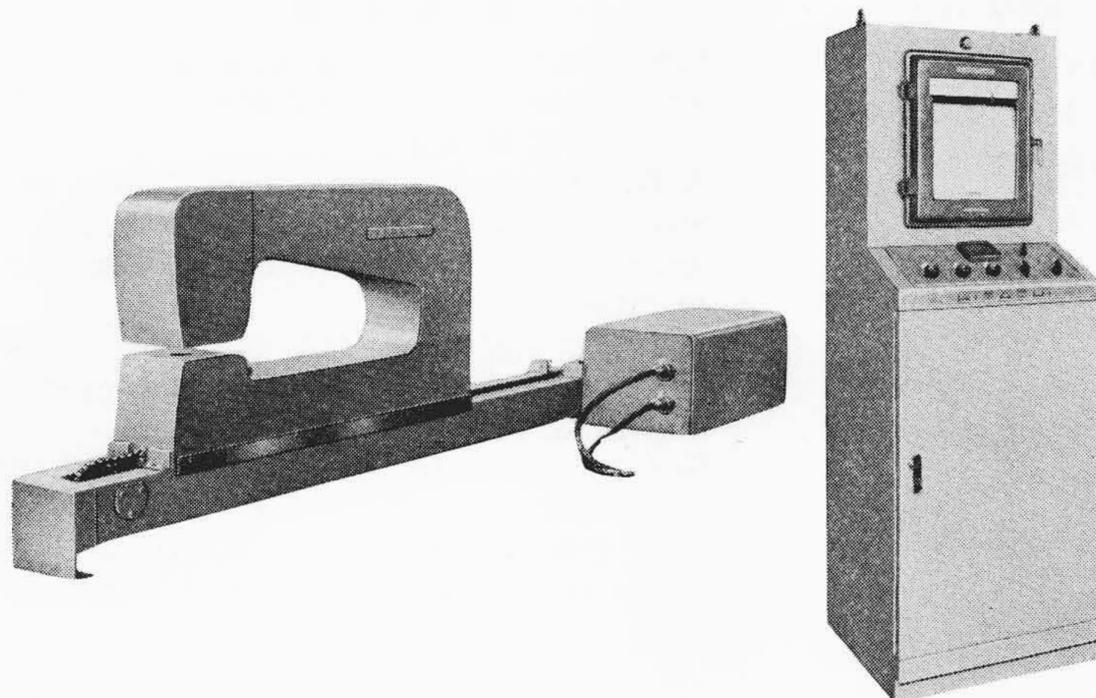
従来この厚み精度保持のために、圧下調整や張力調整装置などを用いて厚み計の指針を見ながら作業してきた運転員の努力は並々ならぬものであろう。厚さという一次元的な加工にもかかわらず従来この作業が熟練者を必要としていたことは、いかにむずかしい問題であるかを物語るものといえよう。しかしながら最近自動制御技術の進歩ならびに連続走間厚み計の改良および圧延現象の解明などによって厚みの自動制御が可能になってきた。

圧延されて出てくる鋼帯の厚みは、圧延機のロール間隙の大きさと、入口および出口側で鋼帯に与えられる張力とに關係する。前者は圧下装置によって調整され、後者は巻取機に設置された張力制御装置、あるいは連続式圧延機の場合には前後の圧延機の前速度調整装置によって制御される。自動厚み制御は厚み計の信号によって上記の2種のうちの適当な調整方法をとる。

圧下調整法と張力調整法とはそれぞれ次のような特長があるといわれている⁽⁵⁾。すなわち

- (1) 鋼帯の断面積が大きい場合
- (2) 鋼帯の厚さに比し、ロール径が小さい場合
- (3) ロールならびにハウジングの弾性係数を特に大きく設計してある場合
- (4) ロールと鋼帯間の摩擦係数が小さい場合

などには圧下調整が有効である。しかし圧下調整による厚み変化は張力制御系の応答にも關係してくるので一般



第4図 放射線厚み計の外観

に張力調整によるそれよりも応答速度がおそい。鋼帯の断面積が小さくなれば単位断面積当りの張力が大きくなるから張力調整が有効になってくる。そこで初段圧延パスにおける厚み制御には圧下調整が用いられ、サンプリング制御方式が適する。最終パスには張力制御による厚み制御が適当である。この2方式は共用またはそれぞれ単独で用いられる。

連続冷間鋼帯圧延機用自動厚み制御装置には次のようなものがある⁶、第1、2スタンド間にX線厚み計をそなえ、この偏差検出値によって第1スタンドの圧下調整を行う。圧下電動機は厚み偏差に比例した所定の時間(ON Time)だけ駆動され、次に鋼帯速度に逆比例した所定の時間(OFF Time)だけ休止する。この動作が繰り返えされるサンプリング制御方式である。第5スタンドを出たところにさらに1台の厚み計をおき、この検出値によって第5スタンドの速度を調整し、第4、5スタンド間の張力を変えて最終的な厚み制御を行っている。

日立研究所においては、軽便にして取り扱いの簡単な放射性同位元素を用いた第4図のような厚み計を用い、四重冷間鋼帯圧延機と組み合わせて各種方式による自動厚み制御の研究が進められている。

4. 自動定寸切断装置

本装置は圧延機そのものには関係ないが、圧延機につづく生産工程として必要なものである。高速度で鋼帯圧延機から出てくる材料は適当な寸法に切断することが必要である。これには楕円歯車を用いた同期機構を有するドラム形連続自動剪断装置⁷や第5図に示すような自動切断、累積装置⁸などがある。

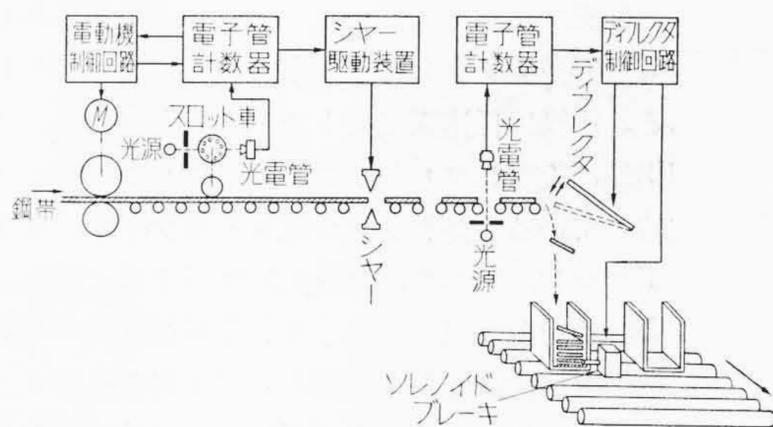
第6図に示すのは住友金属工業株式会社小倉製鉄所に納入したフライングクランプシャー用定寸切断装置の原

理図である(ただしこれは線材圧延機補機である)。走行中の鋼材の先端が所定の位置を通過する瞬間を光電管で検出し、タイマによってそれから一定時間経て後にシャー用電動機を起動し所定の位置で鋼材を切断する。この場合シャーは定位置から起動するが切断位置まで回転したとき鋼材と同一速度(あるいはシャーの要求により数パーセント大きい速度にえらばれる)にまで加速され、またそれが所定の鋼材切断位置とも一致していることが必要である。したがってシャーの起動後切断位置に達するまでの所要時間、そのときの速度などが常に鋼材速度と一定の関

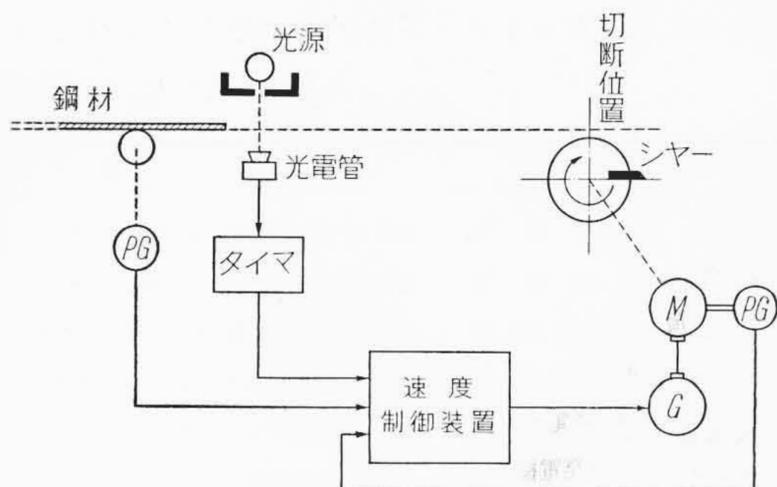
係になければならない。このため駆動装置には精密な速度制御装置が設けられている。本装置を用いることにより切断寸法の変更はタイマの調節のみで簡単にできる。

5. 結 言

以上に、運転指令をすべてパンチカードのごときもので与えて圧延作業を自動的に進める粗圧延機のプログラム制御装置と、放射線厚み計で厚さを連続的に測定しつ



第5図 鋼帯の自動切断、累積装置



第6図 フライングクランプシャーの自動制御装置

つ常に一定な厚みの鋼帯を生産するための自動厚み制御装置の問題点と一方式の説明、および鋼材の自動定寸切断装置の紹介を行い、今後の圧延機のオートメーション化に対する動向を知る一助とした。近年各種工業にオートメーションが取り入れられ自動工場の出現も予想されるが、圧延工場のオートメーションにはまだ相当困難な問題が多いようである。しかしここに述べた二、三の装置はこの段階への第一歩ともいえるものと思う。今後とも主体となる圧延機に関するもののみならず、多種多様な補機類に対する自動装置の出現が期待され、それらが有機的に結合されるとき無人圧延工場も夢ではなくなるであろう。

参考文献

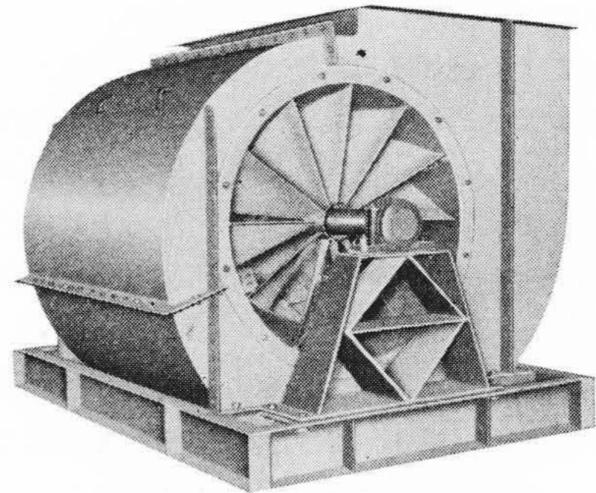
- (1) U.S.S.Co.: The Making, Shaping and Treating of Steel, (邦訳), 日本鉄鋼協会: 鉄鋼製造法, 中, (昭31丸善)
- (2) A. W. Schlechte, C. Allan Schurr: Iron and Steel Eng., 34, 5, 109 (May 1957)
- (3) Andrew W. Smith: Westinghouse Eng. 17 40 (Mar. 1957)
- (4) 日立評論, 別冊 No. 8, 147 (昭29-10)
- (5) R. A. Phillips, H. S. Maxwell: Iron and Steel Eng. 34, 5, 149 (June, 1957)
- (6) H. S. Maxwell: Iron and Steel Eng. 33, 8, 132 (Aug. 1956)
- (7) 橘川, 近藤, 梶原: 日立評論 37, 909 (昭30-6)
- (8) James D. Fahnestock: Control Eng. (Jan. 1955)

製品紹介

イルグナー変流機電気設備用通風機

イルグナー変流機の各種電気設備用として、各地の製鉄所において多数のファンが使用されているが、ここに八幡製鉄所納め 9,000 kW イルグナー装置に使用された例をあげてファンの紹介をしよう。

別表に 9,000 kW イルグナー装置用通風設備一式の例を示す。電気室押込用ファンは主として大風量低風圧に適した大形多翼ファンが採用されている。この例に示した #15 両吸込形多翼ファンは換気用としては大きさの記録品である。本機は低速回転でトルクが大きいので、プーリは専用軸に設置しフレキシブルカップングを介して主軸と接続している。多翼ファンはターボファン、リミットロードファンに較べて、比較的形態が小さく騒音も低いので大風量を扱う用途に適しているが効率はやや低い。圧延電動機、主直流発電機用としては両吸込形ターボファンが使用されている。ターボファンは比較的風量が少なく、風圧の高い用途に適し効率は最良である。主誘導電動機用、可逆電圧発電機用、そのほかの電動機類の冷却にはリミットロードファンを使用している。リミ



第1図 両吸込形リミットロードファン

ットロードファンは多翼ファンと同様、大風量、低風圧の用途に適しており、効率も多翼ファンより良好であるが形態はやや大きくなる。写真はリミットロードファンの外観を示す。

以上のようにこの用途に使用されるファンはいずれも大風量、低風圧の傾向があるため、今後この用途に適し、効率の比較的良好なりミットロードファンが多く採用されるものと思われる。また最近ターボファンの適用範囲が風量の大きい方にのびているので、効率の良いターボファンの利用価値も高まるものと思う。

第1表 イルグナー装置用通風設備

用途	名称	型式	台数	仕様
電気室押込用	#15 両吸込形多翼ファン	ODS-RH	2	風量 × 風圧 × 温度 × 回転数 × 出力 6,200m ³ /min × 40mmAq × 0~40°C × 180rpm × 150kW
圧延電動機用	#11 両吸込形ターボファン	PDT-CH	2	1,800m ³ /min × 85mmAq × 5~60°C × 600rpm × 52kW
主直流発電機用	#9½ 両吸込形ターボファン	PDT-CH	2	1,300m ³ /min × 85mmAq × 5~60°C × 720rpm × 37kW
主誘導電動機用	#9 片吸込形リミットロードファン	POLT-CH	1	1,000m ³ /min × 85mmAq × 5~60°C × 720rpm × 37kW
可変電圧電動発電機用	#6 片吸込形リミットロードファン	POLT-CH	1	400m ³ /min × 85mmAq × 5~60°C × 1,200rpm × 15kW
スラブシャー電動発電機用	#7½ 片吸込形リミットロードファン	POLT-CH	1	650m ³ /min × 85mmAq × 5~60°C × 900rpm × 22kW
可変電圧直流電動機用	#8 片吸込形リミットロードファン	POLT-CH	1	800m ³ /min × 125mmAq × 0~40°C × 900rpm × 37kW