

極薄圧延機の電気設備について

The Electrical Apparatus of Three Stand Double Cold Reduction Mill

中 村 潔*
Kiyoshi Nakamura

根 本 幸 雄**
Yukio Nemoto

Synopsis :

A 3-stand DOUBLE COLD REDUCTION MILL was installed at Chiba Works for the first time in Japan. The mill is specified as a multi-purpose mill; it is capable of usual cold reduction and tempering as well as double reduction. The electrical equipment of this mill is so designed as to suit the strict requisitions of rolling, using electronically controlled SCR LEONARD and having excellent control functions.

Those who drive and maintain this equipment should not only have a proper electro-technical knowledge but understand features of the mill and how the equipment is designed to meet the mill requisitions. The descriptions are made mostly about the kinds of rolling, functions of control systems and maintenance problems.

1. 緒 言

本設備は、極薄ブリキの需要増加に対し、その品質向上と、コストの低減を目的として設置され、昭和46年5月から稼動している。圧延仕様は、極薄ブリキ用素材の圧延を主とし、冷間圧延、スキンパスもできるようになっているため、運転方法や、計測装置の使用法が複雑である。初めに運転法の概略を説明し、ついで代表的なものを例にとり、電気制御の説明をし、電気側の役割を理解してもらうことにした。また試運転上で問題となった点、保全の立場からみた設備に対する希望などを述べ、何らかの参考に供したいと考えた。

2. 電気設備の概要

本設備の概略制御系統を図1に、また電気品を



写真 1 圧延機用主電動機

表1に示す。機械仕様は、本誌別稿¹⁾に記されているので省略する。

3スタンド極薄圧延機の導入は、わが国で初めてのケースなので、メーカー側、当社側とも、種々考慮をはらっている。特に電気設備では、板に掛かる実質張力を一定に保つため、電動機のGD²の減少とリールの加減速補償の完全化が行なわれた。GD²を減少するために、入出側張力ロール

* 千葉製鉄所動力部副部長

** 千葉製鉄所動力部電気整備課技術係長

と No.1 スタンドを除いて2重電機子電動機とした。また電動機の配置は双電動機駆動方式のようにして、狭いスペースを有効に使い、駆動軸を減

速機で結合する方式を取り入れた。巻取りリール用電動機は2重電機子電動機を2台縦に接続し、継手にて1台、または2台運転ができるようにし

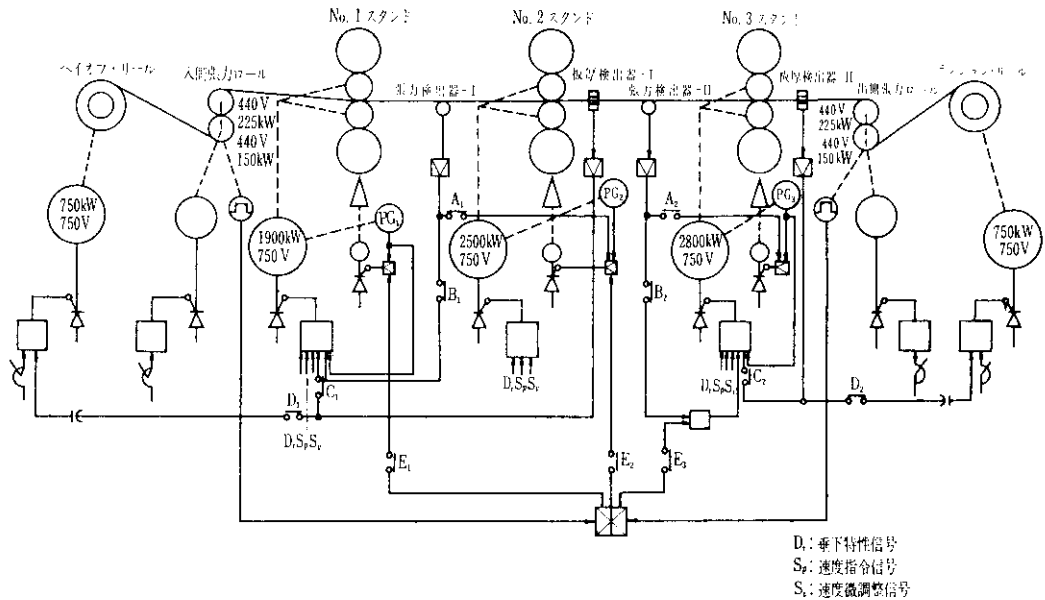


図1 DCR制御系統図

表1 電気品一覧表

分類	用途	電動機仕様			員数	電 源										員数	制 御 方 式
						S C R					トランス						
		容量 (kW)	回転数 (rpm)	電圧 (V)		コンバーター 容量 (kW)	電圧 (V)	電流 (A)	員数	インバーター 容量 (kW)	電圧 (V)	電流 (A)	員数	トランス 容量 (kVA)			
主 ロ ー ル	巻戻しリール	2×375	228/1200	750	1	332	650	510	1	664	650	1020	1	1125	6.6kV/ 780V	1	定電流制御+逆起 電圧一定制御
	入側下張力 ローラー	150	400/ 800	440	1	32	400	80	1	128	400	320	1	1000	6.6kV/ 440V	1	定電流制御
	入側上張力 ローラー	225	400/ 800	440	1	49.5	400	124	1	198	400	495	1	同上を共用		0	定電流制御
	1 スタンド	950	175/ 666	750	2	2100	750	2800	1	735	750	980	1	3090	6.6kV/ 780V	1	マイナーACR付き定速 度制御+垂下特性調整
	2 “	2×625	230/ 830	750	2	2750	750	3670	1	963	750	1285	1	4050	6.6kV/ 780V	1	マイナーACR付き定速 度制御+垂下特性調整
	3 “	2×700	260/ 830	750	2	3050	750	4070	1	1070	750	1420	1	4490	6.6kV/ 780V	1	マイナーACR付き定速 度制御+垂下特性調整
	出側上張力 ローラー	225	400/ 800	440	1	250	440	568	1	62.5	440	142	1	入側下張力ローラー のものを共用		0	定電流制御
	出側下張力 ローラー	150	400/ 800	440	1	170	440	386	1	42.5	440	965	1	同上を共用		0	定電流制御
	巻取りリール	2×375	228/ 1200	750	2	1700	750	2270	1	850	750	1135	1	2500	6.6kV/ 780V	1	定電流制御+逆起 電圧一定制御
直 流 補 機	入側コイル コンベヤー	7.5	900	220	1	20	220	91	1					1200	6.6kV/ 420V/210V	1	定電圧制御
	出 “	7.5	900	220	1	同上を共用			1					同上を共用		0	定電圧制御
	ストリップ 給油ポンプ	7.5	1350/ 3000	220	3	11	230	48	3					75	420/230V	1	定速度制御

である。巻取り張力が小さいときは、1台運転とし、余分な電動機のGD²を除くようにした。加減速補償は加減速時のみに効くだけでなく、定速運転中、板厚制御に由来する速度変動に対しても効くようになっている。

駆動方式はサイリスタ・レオナードであり、制御方式は自動界磁弱めのマイナー ACR (Automatic Current Regulator) 付き ASR (Automatic Speed Regulator) である。したがって制御性は非常によくなったが、鋭敏になりすぎて、わずかの圧下設定、または速度設定の狂いが、板切れや電動機に過電流を発生させる原因となるおそれがある。これを防止するため、0～10%の垂下特性調整装置を付けた。またワークロールの交換を容易にするため、ロール定位置停止回路を設けてある。この圧延機は普通の冷間圧延も可能であるが、冷間圧延時は大きな回転力が必要なので、界磁をあまり弱くできない。圧延速度も 700m/min くらいまでである。各軸受けは強制給油のオイルリフト式で、機械的にも起動が滑らかとなるようになっている。

3. 圧延の種類とその制御方法

圧延の種類は次に示す3種である。

- (1) 極薄ブリキ用素材の圧延
- (2) 冷間圧延
- (3) スキンパス

圧延の種類によって、要求される特性、精度などが異なるので、制御方法も変わってくる。制御

系の構成を表2に示す。次に各圧延時の制御方法を示す。

3.1 極薄ブリキ用素材圧延

圧延は板厚一定制御 (AGC) である。制御は油膜補償制御、スタンド間張力制御、および圧下制御で構成されている。

油膜補償制御は、圧下の値は変わらなくても、速度の大小により、バックアップロール軸受けの油膜厚さが変わり、板厚が変わるのを防止する。

スタンド間張力制御は、板厚が設定値に対し偏差を生じたとき、スタンド間の張力を制御して、設定値どおりにするもので、次のようにして行なう。板厚検出器-Iで、No.2 スタンド出側の板厚を検出し、偏差があると No.1 スタンドの速度を制御して、No.1～No.2 スタンド間の張力を制御し、所定の板厚にする。また張力変動のため生じた板速変化に起因する巻戻しロールの速度変動に対し、加減速補償信号を与える。板厚検出器-IIは、No.3 スタンド出側の板厚を検出し、偏差があると、No.3 スタンドの速度を制御して、No.2～No.3 スタンド間張力を制御し、所定の板厚にする。張力変化のため生じた板速変動による巻取りロールの速度変動に対し、加減速補償信号を与える。No.1 および No.3 スタンドの速度発電機 PG₁ と PG₃ は、張力制御に必要な ΔS (単位板長さあたりの速度の変化分) を、線速の大小に関係なく一定にするため、張力制御系の利得を制御する。

圧下制御は、圧延スケジュールに従い、あらか

表2 制御系の構成表

検出器具	張力検出器-I		張力検出器 II		X-Ray-I		X-Ray-II		伸び率信号			圧延を構成している機械							
系の接続 厚板モード	A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	C ₁	D ₁	C ₂	D ₂	E ₁	E ₂	E ₃	入側テンション・リール	入側テンション・ロール	No.1 スタンド	No.2 スタンド	No.3 スタンド	出側テンション・リール	出側テンション・ロール	
極薄ブリキ圧延	○	×	○	×	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	×	○
冷間圧延	○	×	○	×	○	○	○	○	×	×	×	○	×	○	○	○	○	×	○
スキンパス	×	×	×	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
制御対象	No.2 スタンド の圧下*	No.1 スタンド の速度	No.3 スタンド の圧下**	No.3 スタンド の速度	No.1 スタンド の速度	ベイオフ・リールの加減速補償	No.3 スタンド の速度	テンション・リールの加減速補償	No.1 スタンドの圧下	No.2 スタンドの圧下	No.3 スタンドの速度								

○印：使用する

×印：使用しない

* No.1～No.2 スタンド間張力が制限値をこえたときの自動作

** No.2～No.3 スタンド間張力が制限値をこえたときの自動作

じめ規定の圧力を各スタンドに加えておき、スタンド間張力の大幅な変動で、板切れや、絞り込みの危険が生じたとき動作して、これを未然に防ぐ。別名張力リミット不感帯制御ともいう。

3・2 冷間圧延

冷間圧延もAGC制御で、制御方法は極薄ブリキ用素材圧延のときと同じであるが、入出側の張力ロールは使わない。

3・3 スキンパス

スキンパスでは伸び率一定制御(AEC制御)が行なわれている。圧延機はNo.2, No.3スタンドを使用する。制御は、油膜補償制御、スタンド間張力制御、および圧下制御で構成される。

油膜補償制御は、極薄ブリキ用素材圧延のときと同様の動作をする。スタンド間張力、および圧下制御は、伸び率に偏差が生じたとき動作し、No.3スタンドの速度、およびNo.2スタンドの圧下を制御して、伸び率を一定にする。

スタンド間張力制御は、張力をあらかじめ設定しておき、伸び率に偏差が生じたとき、その信号で設定値を変えて行なう。No.3スタンドの速度発電機PG₃の働きは、極薄ブリキ用素材圧延のときと同じである。このほかにATR(Automatic Tension Regulator)制御も可能である。

4. 電気制御

本格的な電子制御の採用により、メモリー・レオスタット、速度指令発生器など、今までのサイリスタ・レオナードで摺動抵抗器を用いた部分も、静止器に置き替えられたので、コントロールモーターで駆動されるものがほとんどなくなった。次に制御系の代表としてNo.1スタンドと、巻戻しリールを挙げ、それらのうちの重要部について説明する。

4・1 No.1 スタンドの制御

制御系の概略を図2に示す。

(1) 速度信号

この信号は速度指令信号を、速度設定器70Mで

設定(分圧)したものをを用いる。TOA5の入力側に速度微調整器が付いている。調整範囲は速度信号の±10%となっているが、定格最高速度は速度設定最大、速度微調整+10%、垂下特性0%のとき得られる。TOA10は各種の速度信号を加算して、TOA11に送る。TOA10までは速度信号であるが、TOA11の出力は電流信号となる。TOA11はTOA10までのオフセット誤差を0にするため、±出力制限付き積分増幅器が用いられている。

(2) ロール径補償

これは速度帰還回路のTOA1の負帰還抵抗を変え、速度帰還の利得を調整して行なう。

(3) 垂下特性

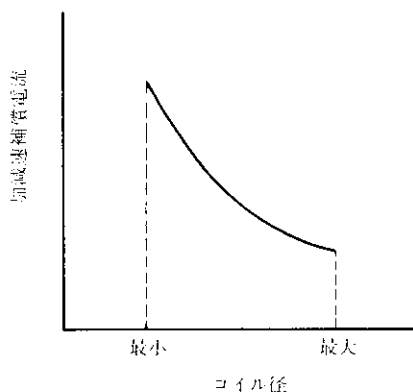
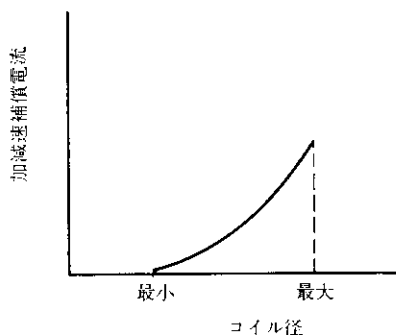
これはTOA8とTOA9より、電機子電流に比例した出力を取り出し、速度信号を打ち消す向きに加え、電流の大きさに応じて速度を下げる。これにより、小量の板速や圧下設定の狂いによる板の品質に対する影響を、無くすることができる。

(4) ロール位置停止回路

この回路はTOA6とTOA7でできている。定位位置停止がかけられると、1.5 sec 後にS₁から定格速度の5%の速度信号が出て、ロールを回転する。ロール位置検出のため、ロール駆動軸に90° 間隔で取り付けられた2個の近接スイッチのうち、最初のものが働くと、S₁はS₂と入れ変わる。S₂の信号は定格速度の1~2%である。さらに90° 回転して、次のスイッチが働くと、停止がかかりその場で停止する。定格の1~2%の速度信号は、速度検出器などに、磁気増幅器タイプのもので用いられた場合、それらの温度ドリフトの誤差範囲内に入る懸念があるので、あらかじめ誤差を検出し、それを打ち消す向きに極性を変えて、S₁またはS₂の信号に加え、TOA10に与えるようにした。TOA6が誤差を検出積分する。ドリフト補償は、主にC₁のリークを補償する。

(5) 自動界磁弱め

この操作はTOA16で行なう。TOA16は±出力制限付き積分増幅器で、Rより⊕入力が入り、ベース界磁のときは⊖最大出力となる。これとI_f(界磁電流)最小信号を合わせたものが、TOA17に入り、ベース界磁に相当する出力を、APPS

図 4 機械分 GD^2 補償曲線図 5 コイル分 GD^2 補償曲線

れる。板が切れると張力が0となるから、電流も0となる。するとインバーターは、逆転コンバーターに変わって逆電圧を電動機に加え、電流を設定値まで流そうとするから、電動機は逆転高速となり、電気的にも機械的にも悪影響を与える。これを防ぐのが板切れ時の過速防止回路である。板が切れると電動機は逆転し、逆起電圧が反対となる。するとTOA2の出力も⊕に反転し、 D_1 を通してTOA3に入り、張力設定信号 $\ominus I_f$ を打ち消し、TOA3の入力を0にして電動機の逆転を止める。実際にはわずかに逆転を続ける。

5. 試運転調整

わが国で初めての3スタンド極薄圧延機であったが、メーカーの企画の良さ、試験調整員の辛抱強い努力により、試運転調整は順調に進められた。今まで試運転時には行なわなかった一気加減速運転（速度を0から設定値まで上げるとき、または設定速度から0まで下げるとき、途中で速度をいったん保持させず運転すること）も最初からできて、オペレーターに対する制御性の信頼を高めた。また有効な記録も多くとり、好結果のうちに終了した。その中にあって次に挙げた事項で、調整員や担当者が苦勞した。

(1) 油圧圧下サイリスタ・レオナードの問題

冷間圧延時、線速が200~300 m/minの点で、板破断がしばしば起きた。また同じ点で知らない間に、油圧圧下制御弁駆動電動機用サイリスタ・トランスの、一次側のしゃ断器が開いていたことなどから、油圧圧下サイリスタ・レオナードに問題ありとみなされた。結局主機サイリスタの裁断波によるノイズが、圧下制御用IC増幅器に影響し、誤パルスを発生させ、コンバーターとインバーターの短絡を誘起させていた。

(2) HSCB（高速度しゃ断器）しゃ断時のサ



写真 2 主電動機用サイリスタ盤

ージ電圧吸収用抵抗の焼損

この抵抗はHSCBと並列に入っているから、焼けるのはコンバーターとインバーターが短絡するのではないかという懸念があって、解析を長引かせた。それに焼けても故障として現われないから、保守員が発見するまでわからず、関係者を困らせた。原因はHSCBしゃ断投入回路の、a b接点開閉時点の、時間差によるものであった。

(3) 入出側コイルハンドリングの動作不良

コイルハンドリングの自動化は、制限開閉器の良し悪しにより、その成否が左右される。今回の制限開閉器は、今までのものより良いものであったが、事故は多かった。問題の大半は取り付け位置不适当、ストライカーの形状および取り付けの不良であった。

6. 保全から見た改善事項

保全を担当する者から言えば、故障や整備にかかる工数ができるだけ少なく、制御も簡単で、しかも必要な制御精度が得られることである。しかし圧延機やプロセスラインとなると、そう簡単にはいかない。多少の複雑さはやむをえないと思われる。メーカーの一般的な傾向として、技術レベルを上げることや、コストの低減には熱意を注ぐが、利用者がわの保守のしやすさまで完全に考慮するとなると、困難のようである。以下筆者らが気づいた点について述べる。

(1) 制御要素の信頼性を高めること

電子制御器の制御性能は非常にすぐれているが、温度の影響で基準点が狂ったり、接点点が電氣的につながっていないことがある。またリミッター電位などを、抵抗で決める場合その値が狂うと、制限値が異なってしまい、正常な制御動作を乱したり、最悪のときは制限による機器の保護が失われる。

(2) 制御要素の種類を少なくすること

たとえば同じパルス発信器でも、駆動されるサイリスタの容量に応じて、型や大きさが違うのは好ましくない。このような場合発信器は一種類とし、容量に対してはパルス増幅器か、パルス・トランスで解決するのがよい。その他基本制御要素

は種類を限定し、それらを組み合わせて、必要な制御要素を作るべきである。

(3) 試運転調整時の記録を確実にとること

これは単に、可変抵抗器の位置を記録するだけでなく、たとえば摺動点のある位置にすると、それから出る電圧は何ボルトで、それが各制御系の最終出力で何ボルトとなり、定格速度、電圧、または電流の何%に相当するかを、明記するものでなければならない。そうしないと有効な記録とはならない。

(4) 監視のための記録は必要なものを選定し、できるだけ自動記録にするのがよい

事情が許せばメタル温度、ステーター温度、RMS値などは自動記録にし、ある値以上で警報を出させ、それ以上で運転を停止させる。なお欲をいえば、運転中の主機の絶縁抵抗を、自動的に記録できるようにすると大変よい。

(5) 器具の取り外しを簡単にすること

制御盤や操作盤に取り付ける器具は、取り外しが簡単で、盤内に手や工具が自由に入るようにすべきである。盤の扉を開けても、取り出すことができず、たった1このリレー交換のため、大もとの電源を切らねばならぬようでは、保全をする人は大変である。

(6) 電動機の整流子回りの整備を少なくすること

発電機は静止器（サイリスタや水銀整流器）に変わり、この種の整備はなくなったが、電動機は省けない。一番工数のかかるのは整流子まわりである。まず、いえることは整流子の銅伸びをなくすことである。これは周囲環境や、電刷子の品質に大きく左右されるが、メーカーとしても事前に十分検討する必要がある。また電刷子の幅と長さを大きくし、取り替え工数を省き、周期を長くする方向で設計する必要がある。

(7) 図面は正確で見やすいこと

図面の書き方は各社異なるが、すべてが利用者に理解しやすいものとはいえない。基本的なことは、各線が交差しないこと、直線であること、入力から出力の順に従って、左から右へ順次配列されることなどで、多くの入出力関係が一見してわかるようにすべきである。少なくとも、線番、デ

バイスナンバー，端子番号などは誤りなく，明確に記すべきである。

(8) 制限開閉器や電磁弁の回路を区分する

機械まわりに取り付ける制限開閉器，および電磁弁は，その電源を絶縁トランスで他と区別する。制限開閉器の接点や圧力開閉器の接点などは，直接シーケンス回路に使用せず，いったんリレーを動作させ，その接点を使用する。これらのリレーは，まとめて一つの盤に納め，制限開閉器や電磁弁に至る配線も，共通線の現場渡りは止める。省力化，自動化のおりから，圧延機回りの各種の操作は，いやでも制限開閉器や，電磁弁に頼らざるをえない今日，意外にこれらに対する関心

が薄い。

7. 結 言

以上千葉製鉄所に設置された極薄圧延機の圧延方法と電気設備の概要，および制御方式について述べた。また何かの参考にと，保全を担当する側からの希望を述べた。運転に至らしめるまでに，日立製作所，当該担当者，および関係各社より，真しな努力が注がれた。おかげで現在良好な運転を行なっている。関係各社に対し深く感謝の意を表するしだいである。

参 考 文 献

- 1) 小林，君嶋，塩田：川崎製鉄技報，4（1972）1，25
- 2) 尾山：東芝レビュー，15（1960）12，1364