

日本鋼管・水江製鉄所納入 56" 2基連続4Hテンパミル用電気設備

総合技術部工業技術第二課 小林 慎 治
設計部器具課 三 橋 成 生

Electrical Equipment for 56" 2-Stand Continuous 4-High Temper Mill delivered to Mizue Steel Works of Nippon Kokan K.K.

By Shinji Kobayashi
(Industry Technical 2nd Sect., Central Technical Dep't.)
Shigetaka Mitsunashi
(Apparatus Sect., Design Dep't.)

Synopsis

The 2-stand continuous 4-high temper mill newly established at Mizue Steel Works of Nippon Kokan K.K. has been put in business operation since May 1961.

The electrical equipment for this mill was manufactured by Our Company, and the main motor amounts to total output 4,160 kW and the main generator total output 4,460 kW. in which an individual generator system is adopted, whereby each of generator and motor is provided with an exclusive exciter and also high response control by 400 cycle magnetic amplifier system respectively.

I. ま え が き

昭和 34 年 9 月に納入した半連続式熱間圧延機用電気品に引き続き、水江製鉄所向け、調質圧延機用電気品一式を完成、納入した。本年 5 月から好調裡に営業運転に入っている。最高圧延速度 1,372 m/min という高速運転に応じるため、400% 磁気増幅器を用いた各個電圧制御方式を採用し、自動制御系統の速応性を高めている。以下に内容を紹介する。

主要機械の設計、製作は米国 BLISS 社が担当し、テーブル補機関係は石川島重工業が担当している。

II. 機 械 設 備

冷間圧延された薄鋼板が焼鈍・洗浄装置を経て調質圧延機へ送られてくる。すなわち、厚み 0.152~1.6 mm、幅 457~1,321 mm、最大重量 25 t の極軟鋼板が入側コンベア上から油圧操作バギーホイストを介してペイオフリールバギー上に移送される。ポジションロールによりコイルの口出し端をそろえた後、バギーはペイオフリールしん金位置まで移動する。ふたたびバギーホイストにより中心高の合致した位置までコイルを上げ、かつしん金にはめ込む。しん金上のコイル位置はエッジガイド用手動操作エアバルブにより、常に適切な位置に保持さ

れる。次にペイオフリールおよび入側ロールを寸動操作し、コイルを巻きほぐし、前面スタンドに送り込む。スタンド位置にてロール圧下量設定後、あらかじめ緩速張力側に切り換えられて回転している出側ロールにさらに送り込み、コイルをテンションリールにベルトラップを用いて巻きつけた後に、押しボタン操作によりいっせいで動作を行なう。この緩速方式は板通し時の張力設定量を適切にする限り、電動機の過速度は起こらず、板通し時間を節約する点に特長がある。

主機諸元は第 1 図を参照されたい。

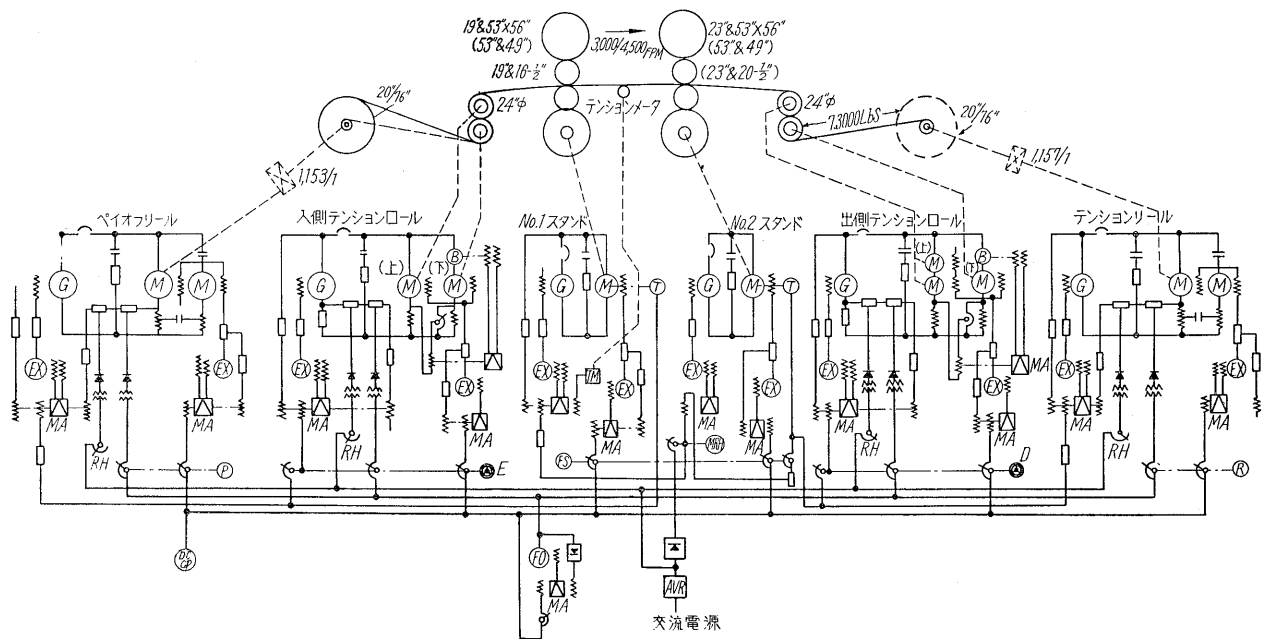
調質圧延機ではロール圧下量は少なくテンパは 4% ぐらいであり、電動機出力はほとんど張力および加減速量できまっている。コイル厚みが大きい場合には No. 2 スタンド単基運転でも運転可能なように考慮してある。

出側のコイル移送装置は入側のそれと類似しているが、電磁バルブおよび手動バルブ操作であり、電動機としては出側コンベアのみである。補助装置にはそれぞれの目的に応じた制限開閉器を取り付け連動運転を行なっている。

III. 電 気 設 備

1. 主電動機ならびに主 M-G

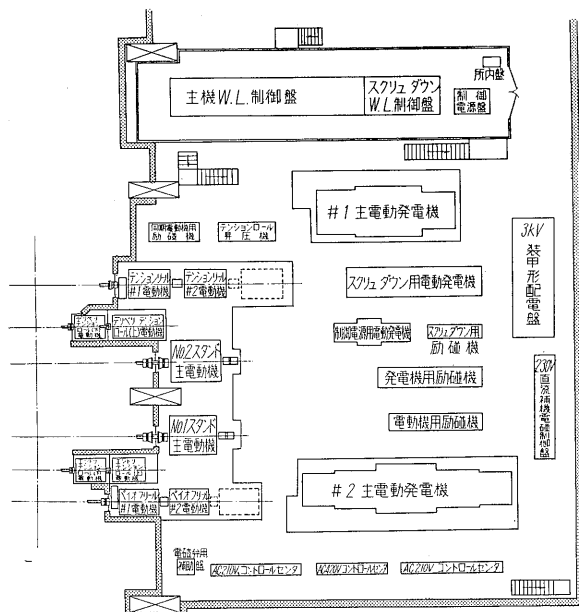
特に電気室を設けることなく電動機、発電機ともミル



- G: 発電機
M: 電動機
EX: 励磁機
MA: 磁気増幅器
B: プースタ
T: タコメータダイナモ
TM: テンションメータ
AVR: 交流定電圧装置
FO: 交流発電機 (フォーシング用)
DCCP: 直流発電機 (定電圧電源)
MRH: 主幹調整抵抗器 (電動操作)
PR: メモリ抵抗 (電動操作)
ED: 抵抗器 (手動操作)
RH: 張力設定用抵抗器 (手動操作)

第1図 テンパミル原理図

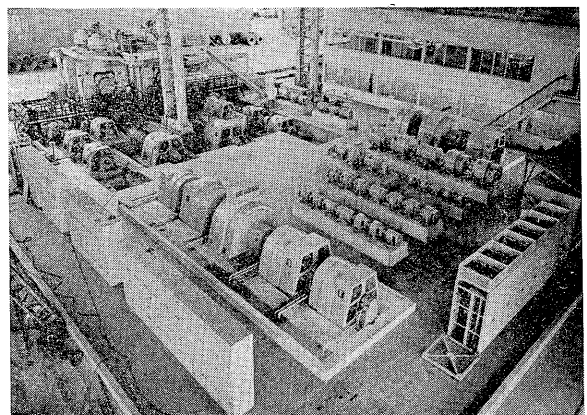
Fig. 1. Elementary diagram of Temper Mill



第2図 機器配置図

Fig. 2. Layout of electrical equipment

ヤードに設置されている。いずれも他力強制通風アップドラフトで地下室内の清浄空気が下部ピットから送り込まれる。第2図は地下室を除く機器配置である。台風時の高潮を防ぐため、周辺にコンクリート製防潮堤をめぐらしてある。一方電動機関係の基礎はフラット据付方式



第3図 主電気設備全景

Fig. 3. View of main electrical equipment

で床面上に設置され、ベッド周辺は幅 30mm のコンクリート帯で固められており、強度的に充分なものとしている。

加減速時のオフゲージを減らすためには各機の加速補償量を適切に定電流制御系に加え、その同調を図るのであるが、材料の不ぞろい、抵抗器の精度に基因する多少の張力変動はまぬがれない。最も基本的には系の GD^2 を減少し、加速時間を短くすることが好ましい。そのためには電動機自身の GD^2 は極力減らした設計としなければならない。またミルスパンの関係からも冷間圧延機では

第 1 表 主 直 流 電 動 機 (励磁機を含む)

Table 1. DC main motors

用 途	台数	出 力 (kW)	電 圧 (V)	回転数(rpm)	定格	励磁機(専用)(kW)	備 考
ベ イ オ フ リ ール	2	200	440	250/1,020	連続	1×7	2 電動機形
入口テンションロール(上)	1	300	440	575/863	連続	1×7	上, 下ロール 負荷平衡用昇 圧機 1×21 kW 付き
同 上 (下)	1	190	440	575/863	連続	上記と共用	
No.1 ス タ ン ド	1	750	750	225/400	連続	1×10	
No.2 ス タ ン ド	1	1,100	750	225/400	連続	1×10	
出側テンションロール(上)	1	2×225	2×220	575/863	連続	1×10	2 重電機子 上, 下ロール負 荷平衡用昇圧機 1×24kW 付き
同 上 (下)	1	220	440	575/863	連続	上記と共用	
デ ン シ ョ ン リ ール	2	375	440	250/1,020	連続	1×10	2 電動機形

注) 過負荷耐量: 15%連続, 25% 2時間, 100% 1分間 (NEMA)

第 2 表 主 M—G

Table 2. Main M—G

	用 途	台数	出 力(kW)	電 圧(V)	回転数(rpm)	定格	励磁機(専用)(kW)	備 考
No.1 M— G	No.1 ス タ ン ド	1	820	750	750	連続	1×10/20	
	No.2 ス タ ン ド	1	1,200	750	750	連続	1×10/20	
	三 相 同 期 電 動 機	1	2,200	3,150	750	連続	1×27.7/31.4	上記駆動用
No.2 M G	ベ イ オ フ リ ール	1	400	440	750	連続	1×10/20	
	入側テンションロール	1	490	440	750	連続	1×10/20	
	出側テンションロール	1	730	440	750	連続	1×10/20	
	テ ン シ ョ ン リ ール	1	820	440	750	連続	1×10/20	
	三 相 同 期 電 動 機	1	1,700	3,150	750	連続	1×25.1/28	上記駆動用

注) 過負荷耐量: 15% 連続 25% 2時間, 100% 1分間

第 3 表 直 流 補 助 電 動 機

Table 3. DC aux. motors

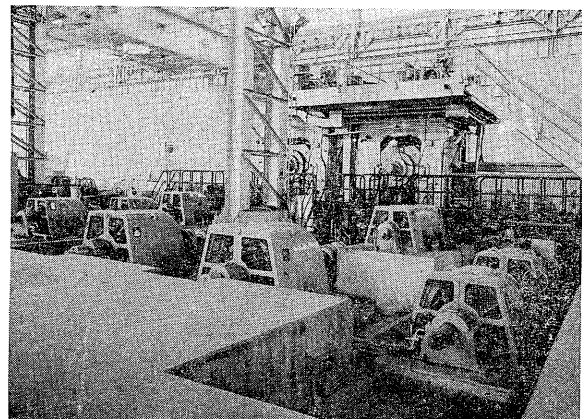
用 途		台数	出 力 (kW)	電 圧 (V)	回転数 (rpm)	定 格	励 磁 機	備 考
ロール圧下 (No.1, 2 スタンド)	電 動 機	4	55/140	220/560	515/1,300	連 続	他 励 分 巻 DC 220V	WL制御 J E M 612
	発 電 機	4	75/180	240/580	980	連 続	ラビダイソ 4×2kW	350kW誘導 電 動 機 駆 動
焼 鈍 炉 出 側 コ ン ベ ヤ		1	19	220	650	1 時 間	複 巻	J E M 606 N R D B
入 側 コ ン ベ ヤ		1	19	220	650	1 時 間	複 巻	J E M 606 N R D B
ポ ジ シ ョ ン ロ ール		2	7.5	220	800	1 時 間	複 巻	J E M 603 R D B
ベ イ オ フ リ ール バギートラバース		1	7.5	220	800	1 時 間	複 巻	J E M 603 R D B + A S S D
出 側 コ ン ベ ヤ		1	19	220	650	1 時 間	複 巻	J E M 606 N R D B

一般に電機子長が大きく、電機子径の小さい電動機となる傾向がある。ペイオフリールおよびテンションリールは負荷（コイルを含む）の GD^2 が大きく、ペイオフリールにおいては 18 秒加速時、加速電流が 100% を越える場合もあるので、リール関係駆動電動機は 2 電動機形構造で設計している。2 台の電動機は 40 kg/cm^2 油圧操作ディスエンゲイジ継手によりギヤ結合されている。軽張力時遠隔操作により継手は切り離され（1 ストローク 30 秒）負荷側電動機 1 台のみで運転され得る。そのため、軽張力運転においても設定張力感度が高められて、円滑な定張力制御を行なうことができる。

各電動機はすべて連続定格、過負荷耐量 25% 2 時間、100% 1 分間、最大トルク 200%、絶縁は B 種、温度上昇限度は 100% 負荷連続時 40°C である。各電動機は補償および整流巻線を有し、広範囲の界磁制御においても良好な整流を得ている。それぞれ、専用の励磁機を有し、400% 磁気増幅器により常に所望の界磁電流に保持される。リール用励磁機はコイル巻き太りに追従し界磁電流を変化させる必要があるので成層継鉄界磁極構造である。

各リール用 2 電動機間の負荷平衡は直列の和動および差動巻線により行なう。両者の差動巻線は均圧接続により並列に結ばれ、常時平衡している。一方の電動機の負荷電流が増大すれば、その電動機の和動界磁分が増大し、電流を減らすように働く。他方の電動機は逆に差動界磁分が増大し、主電流は増大し、負荷平衡が得られる。

No. 1 および No. 2 スタンド電動機反運転側軸端にはタコメータをオーバハング構造にて取り付けてある。No. 2 スタンドの自動定速度制御ならびに入側、出側電動機に対する同期速度信号用である。各リール用電動機には電動操作メモリ抵抗器制御用タコメータが内側電動



第 4 図 主 電 動 機 群

Fig. 4. Main motors, installed in Mizue Steel Works

機軸からプーリ・タイミングベルトを介して基礎台床上に取り付けられている。

各個発電機の定格、過負荷耐量は電動機に準じている。温度上昇値のみ 50°C である。それぞれ専用の励磁機を有し、400% 磁気増幅器制御である。励磁機は速応性を増すため、低飽和域で使用され、100/200V 倍電圧定格とし、界磁極は成層継鉄構造である。全励磁機とも 10/20kW 定格に統一し、機種を増大を避けた。

各個発電機方式としたため、(1)各電動機は独立に零電圧より定格電圧迄上昇し得るようになり、操作の融通性を増大した。(2)主回路の気中しゃ断器しゃ断容量が小さくてよい点において共通方式に比べ、すぐれている。

M-G は 2 組にわかれ、駆動三相同期電動機は 2,200 kW および 1,700 kW であり、常時進み力率 0.8 で運転されるよう、50% 磁気増幅器を用いた自動力率制御装置を有している。界磁電流制御回路に上限、下限リミッタを設け界磁電流範囲を安定値内に保っている。リアクトル起動、200% 起動電流時、20% 起動トルクである。各同期電動機軸受のみはプランジャ形圧油ポンプに

第 4 表 制 御 M-G
Table 4. Control M-G

用 途	台数	出 力 (kW)	電 圧 (V)	回 転 数 (rpm)	定 格	励 磁	備 考
高周波発電機	1	20 kVA	200	1,500	連続	磁 気 増 幅 器	400%
直 流 定 電 圧 電 源	1	10 kW	220	1,500	連続	同 上	
M R H 操 作 電 動 機 用 電 源	1	0.8 kW	220	1,500	連続	他 分	ラ ビ ダン イ
加 減 速 制 御 電 源	1	3 kVA	200	1,500	連続	磁 気 増 幅 器	同 期 発 電 機 単 相
三 相 同 期 電 動 機	1	37 kW	200	1,500	連続	D C 220 V	上 記 駆 動 用

第 5 表 補助電動機（交流）
Table 5. Aux. motors (AC)

用 途	台 数	出 力 (kW)	電 圧 (V)	回 転 数 (rpm)	定 格
モーゴオイル軸 受油循環ポンプ	2	19	200	750	連続
セントラルハイド ロリックポンプ	2	19	200	1,000	連続
ミルロール圧下 循環油ポンプ	2	19	200	1,000	連続
ロールポリリッジャ	2	1.5	200	1,000	連続
ペイオフリール 循環油ポンプ	1	0.75	200	1,000	連続
グリースポンプ	1	0.75	200	1,000	連続
ペイオフリールバギ ーホイスポンプ	1	37	200	1,000	30分
セントリビュージ ポン	1	0.75	200	1,000	連続
セントリビュージ	1	1.1	200	3,000	連続

より起動時、軸受を浮揚し、起動トルクの軽減を図っている。

2. 補助電動機

交・直総計 22 台である。ロール圧下用電動機は WL 制御直流分巻電動機とし、固定子フレーム上にユニット・ファンを有する強制冷却方式である。

3. 通風および冷却装置

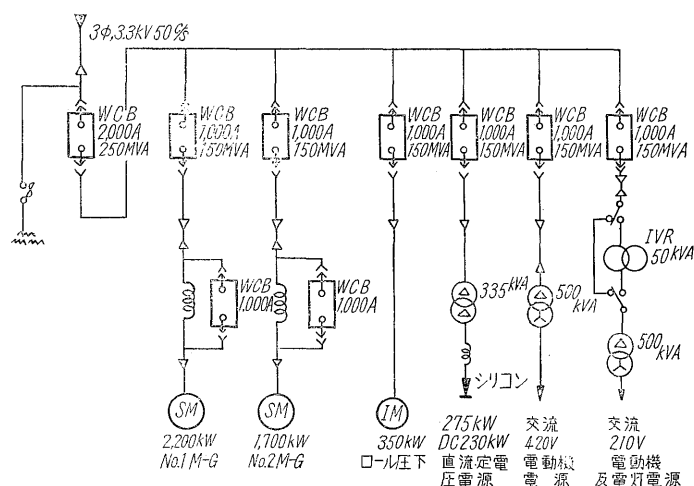
冷却空気は天井設置の AAF 製回転油膜式エア・フィルタから取り入れられ、地下室設置の電動ターボ送風機により気密室内に送り込まれる。気密室の内圧はほぼ 60mm 水柱に保たれている。送風量はほぼ $58 \text{ m}^3/\text{s}$ で、各電動機および M-G 下部ピットに設けられた通風ダクト（ダンパ付き）を通り、本体冷却後整流子側シールドから室内に吐き出される方式（アップドラフト）である。主回路用しゃ断器盤は気密室内に設置されている。

補助 M-G はすべて開放自己通風構造である。

主電動機および主発電機軸受は入、出側テンションロール用電動機を除き、すべて強制油循環冷却方式（オイルリング併用）である。集油タンクは共通に 1 タンクとし、油ポンプ、再冷却器は発電機側用と電動機側用の 2 系統に分けられ、いずれも地下室に設置される。

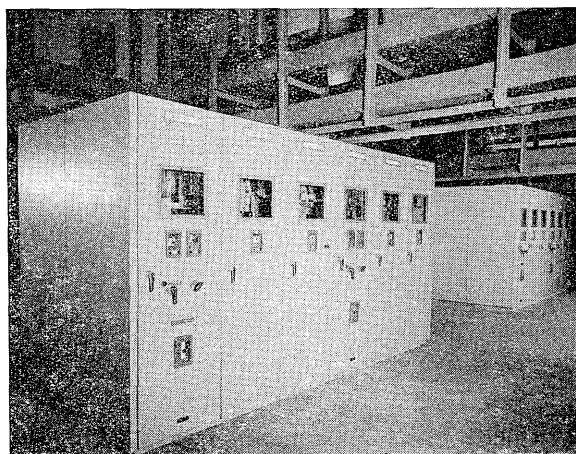
4. 配電盤

第 5 図に 3 kV 配電系統を示す。3 kV 配電盤は JEM 1114-G 形に準拠した装甲形をし直流 230V、交流 420V、210V フィーダに対しては屋内用ロードセンタ形を、さらに分岐フィーダに対してはコントロールセンタ形構造を採用している。3 kV しゃ断器は圧縮空気操作水しゃ断器で、受電用 1 台に系統のしゃ断容量 250 MVA を持たせ、フィーダ用 6 台は 150MVA に止めてある。地下室には 500kVA 乾式変圧器 2 台および



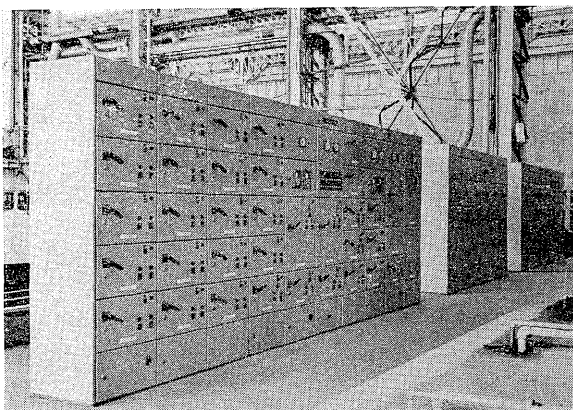
第 5 図 3 kV 電源系統図

Fig. 5. Skeleton diagram of 3 kV main circuit



第 6 図 テンションロール用直流主回路盤

Fig. 6. DC main circuit panel for tension roll



第 7 図 コントロールセンタ盤

Fig. 7. Control center panel for AC aux. motors

50kVA 誘導電圧調整器 1 台を収容した盤を設け、これらは低压側ロードセンタ盤と空中導体接続されている。

同期電動機用リアクトル短絡しゃ断器盤は地下室設置のリアクトルと空中導体接続構造である。直流定電圧電源としてリアクトルによる自動定電圧装置を有する 275 kW 230V、過負荷耐量 25% 2 時間、100% 1 分間定格のシリコン整流装置を供給した。軽負荷時、電圧が上昇するのを防止するため、固定抵抗を常置させた。主監視盤は記録計器盤とともに中 2 階上に据え付けられている。計器および操作開閉器は縮小形とし、スペースの削減を図っている。

操作者がミルヤードを見通せるように盤高さを選び、常時監視に必要な電流計、速度計のみを前面に取り付けてある。その他の計器は天井に別盤にて取り付けられている。主機自動制御装置は主回路装置とは別の盤内に収容され、監視盤室下の床面上に設置されてある。微弱電流にて動作する増幅器、継電器類がとりつけられてい



第8図 監視盤

Fig. 8. Main supervision panel

るため、特に防じんの意味で前面ガラスを有する壁で囲ってあり、ミルヤードから分離している。タンデム冷延室、変電所間にはインタホンにより結ばれ、相互連絡を密にしている。

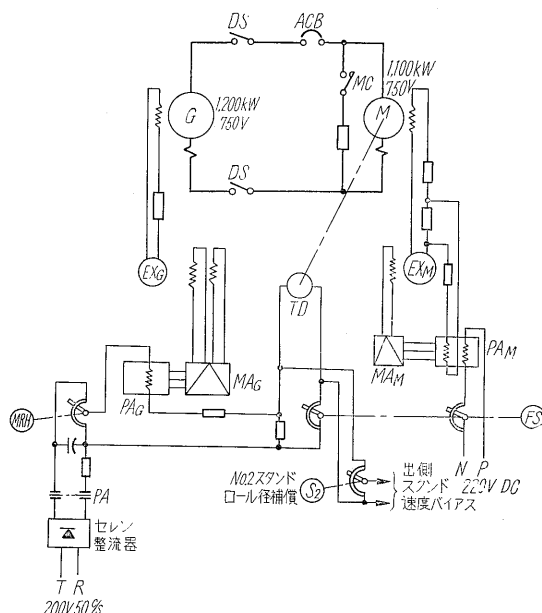
IV. 主機の制御方式

本装置の調質速度の基準となるのは、No.2 ミルスタンドでこのスタンドに対して No. 1 ミルスタンドおよび出側テンションロールは調質すべき材料に張力を与えるよう、張力制御される。テンションリール、入側テンションロール、およびペイオフリールも、それぞれ相隣るスタンド間の材料に所定の張力を与えるよう張力制御されることはいふまでもない。

1. 各スタンド駆動電動機の制御

1) No.2 ミルスタンドの制御

このスタンドは全スタンドの速度の基準となるものである。調質運転中 No.2 スタンドの速度が変動すると、張力制御系に対して不規則な外乱が与えられることになり、張力制御を行なっている各スタンドの慣性の相異により一定に保つべき材料の張力に変動を生じることは明らかであるから、この No.2 ミルスタンドの速度変動はできるだけ小さくしなければならない。またセットの加速、減速中には後述するごとく、加減速フォーシングを行なうが、このフォーシング量を一定にするためには、一定加減速度で加速、減速を行なわなければならない。第9図に No.2 スタンドの概略接続図を示す。速度指令信号としては、電動操作の主幹調整器 MRH により、



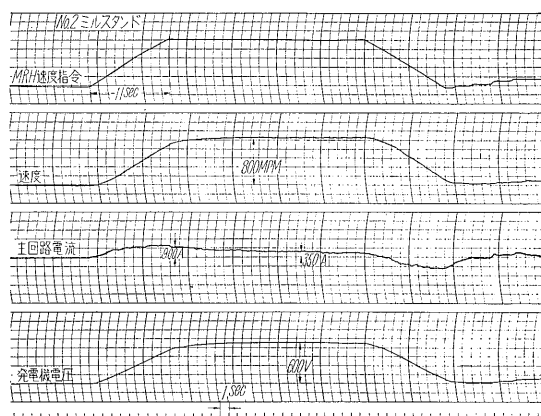
第9図 No.2 スタンド概略接続図

Fig. 9. Skeleton diagram of No. 2 stand

直線的に変化する直流電圧が磁気増幅器 PA_G の入力巻線に加えられ、発電機 G の電圧を制御する。

負帰還信号としては、主電動機 M に直結されたタコメータダイナモ TD の出力電圧が前記の PA_G の入力巻線に入力信号電圧を打ち消す方向に加えられることにより、自動定速制御系を形成している。調質速度は最高 4,500 ft/min (1,372 m/min) となっており、3,000 ft/min までは発電機による電圧制御により、また 3,000 ~ 4,500 ft/min の速度は電動機の界磁制御により得られるようになっている。調質速度を決定する方式には、電圧制御にひきつづき界磁制御を行なう方式と、界磁はあらかじめ所定の値にプリセットしておいて、電圧制御のみによって行なう方式とが考えられるが、前者では電圧調整範囲から界磁調整範囲にうつるさいに加速電流にみだれを生じ、加速度の直線性に悪影響をおよぼすおそれがあるので、本装置では後者の方式を採用した。

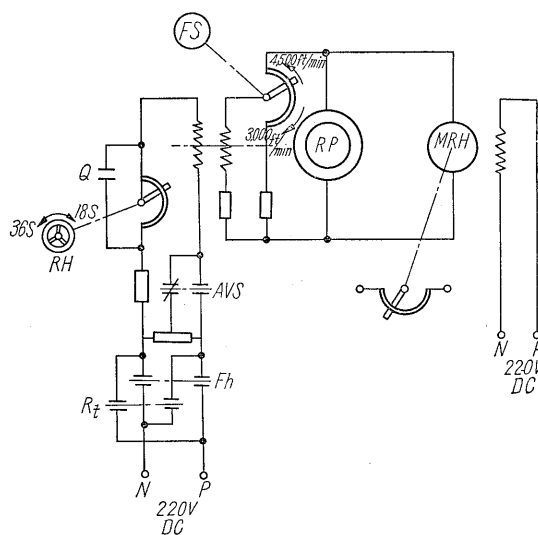
この結果加減速特性は全域にわたって直線的となり、加減速中の張力の変動が避けられる。第10図は No.2 スタンド電動機の特性を示すオシログラムである。加減速に要する時間はできるだけ短いことが望ましいが、この調質圧延機では最高速度 4,500 ft/min に達するまでの時間は18秒から36秒まで任意の時間を選定できるようになっている。また前にのべたとおり界磁プリセット方式であるために、MRH が最高の入力信号を出すまでの時間はそのときの界磁の設定値に応じて変えなければ



第10図 No.2 スタンドオシログラム
Fig. 10. Oscillogram for No. 2 stand

ならない。

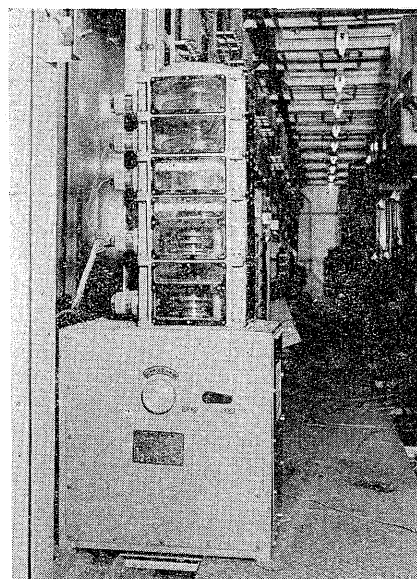
たとえば最弱界磁にプリセットしたときは、最高速度に達するまでの *MRH* のしゅう動時間を 18 秒とすると、最強界磁にセットしたとき同じ加速度で加速するためには、*MRH* のしゅう動時間は 12 秒にしなければならない。また *MRH* のしゅう動速度に変動があると、加減速の直線性に影響するので、*MRH* の駆動電動機は特に 500 W という大容量の直流電動機を用い、ラピダインによるレオナード制御を行なっている。第 11 図はこの *MRH*



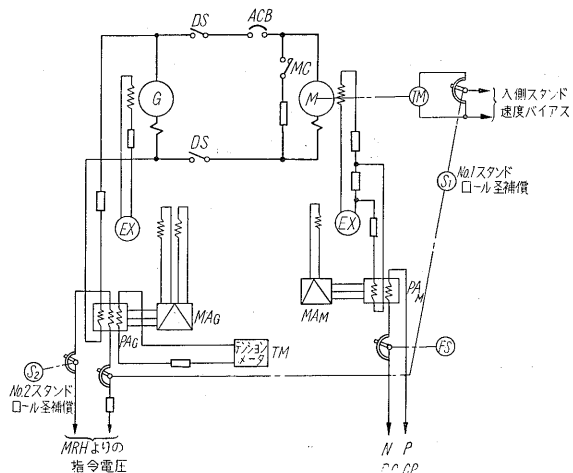
第11図 MRH 制御回路
Fig. 11. Control circuit of MRH

駆動電動機の制御回路を示す。図中 RR は加減速時間の設定抵抗、 FS は主電動機界磁設定抵抗と連動する調整抵抗で、前にのべたとおり界磁の設定量に応じて MRH のしゅう動時間を変化させるためのものである。 Q は後述する緊急停止用の接点で急停止を要するときは、この接点が閉じ、全スタンドを $4,500 \text{ ft/min}$ の速度から約 9

秒で停止させるようになっている。また起動、停止時のショックを緩和する意味で *MRH* のしゅう動速度は起動時あるいは停止時には約 $\frac{1}{3}$ 速度に下げ、ゆるやかに No.2 スタンド電動機を速度を上昇、下降させる。この範囲を特に緩速範囲と名づけるが、その範囲は *MRH* の全ストロークの 10% まで任意に選定できるようになっている。第 11 図の *AVS* なる接点はこの緩速中は図示の状態となっていて、ラピダインの入力信号を所定の $\frac{1}{3}$ に分圧している。第 12 図は *MRH* の写真である。



第12図 直流110V電動操作主幹調整器(MRH)
Fig. 12. DC 110 V motor operated master
regulator (MRH)

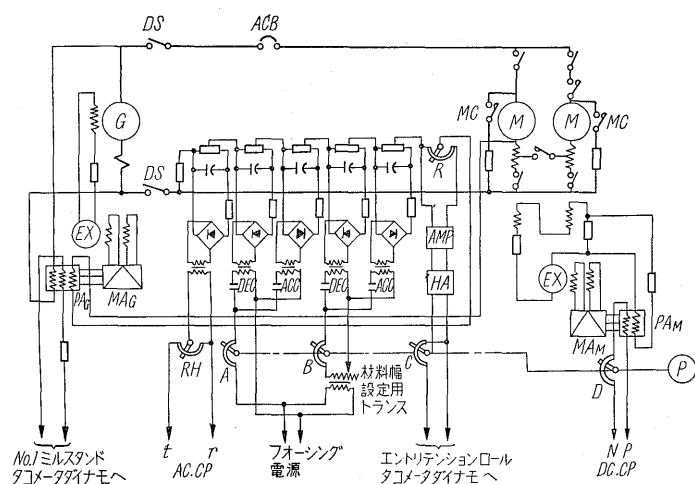


第13図 No.1 スタンド概略接続図

Fig. 13. Skeleton diagram of No. 1 stand

2) No.1 ミルスタンドの制御

第 13 図は No.1 ミルスタンドの概略接続図である。
No.1 ミルスタンドは No.2 ミルスタンド間の材料に



第 14 図 ペイオフリール概略接続図
Fig. 14. Skeleton diagram of pay off reel

かかる張力を一定とするように張力制御される。材料の張力を検出するためにはテンションメータ (TENSION METER) TM が用いられ、検出張力を設定張力と比較してその偏差に比例した電圧を磁気増幅器 PA_G , MA_G で増幅し、発電機電圧を制御している。また上記磁気増幅器 PA_G へのバイアス信号としては、前項でのべた MRH よりの直流電圧が同時に加えられ、発電機 G はほぼそのときの調質速度に対応した電圧を発生する。

電動機 M の界磁は No.2 ミルスタンド電動機の界磁プリセット用の調整器 FS により No.2 ミルスタンドと同時にプリセットされる。

3) ペイオフリールの制御

調質すべき材料はまずペイオフリールのマンドレルに掛けられる。調質運転中は入側テンションロールとの間の材料に一定張力を与えるように、いわゆる定張力制御が行なわれる。ペイオフリール上のコイル径は調質作業がすすむにつれて、次第に細くなってゆくの、定張力制御としては、電動機の電機子電流を一定にするとともに、界磁の強さをコイル径に比例して減少させなければならない⁽¹⁾。

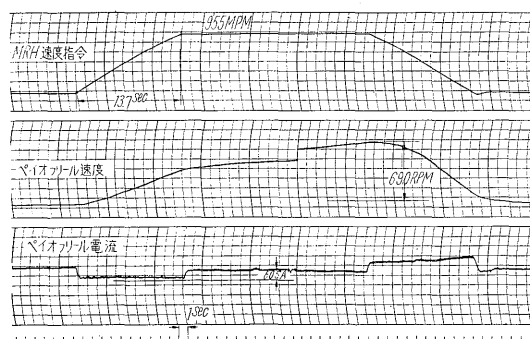
第 14 図にペイオフリール電動機の概略接続図を示す。図からわかるように張力設定抵抗 RH により与えられる直流入力電圧と電動機の電機子電流とを磁気増幅器 PA_G 中にて突き合わせて定電流制御を行なうとともに、 P にて示した電動機界磁調整器により電動機界磁をコイル径に応じて変化させている。この P はコイル径を記憶するものであるから特にメモリ抵抗器と呼ばれているが、この動作については別の論文にて詳しくのべてあるのでここでは省略する。⁽²⁾

発電機制御用磁気増幅器 PA_G にはバイアス信号とし

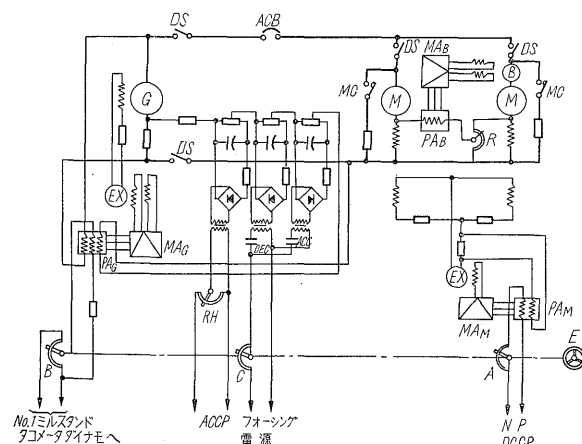
て、No.1 ミルスタンド発電機のタコメータダイナモの発生電圧が加えられているが、これは電動機 M の逆起電力が定電流制御系に一種の外乱として作用し、設定電流にオフセットを生じるので、これを防止するためのものである。第 15 図はペイオフリール電動機特性を示すオシログラムである。

4) 入側テンションロールの制御

ペイオフリールからの材料はいったんこの入側テンションロールに掛けられて、No.1 ミルスタンドにかみ込まれる。上ロール、下ロールはそれぞれ、別々の専用電動機により駆動され、その電動機は 1 台の制御発電機により制御される。第 16 図は入側テンションロール電動機の概略接続図を示す。



第 15 図 ペイオフリールオシログラム
Fig. 15. Oscillogram for pay off reel



第 16 図 入側テンションロール概略接続図
Fig. 16. Skeleton diagram of entry tension roll

図からわかるように、張力設定抵抗は上ロール、下ロール両電動機の電流の和を一定に制御することになる。ペイオフリールと異なりロールの径は常に一定なので、

定張力制御はただ電流を一定に制御すればよいわけで、メモリ抵抗を必要としない。テンションロールも 3,000 ft/min までは発電機の電圧制御、3,000~4,500 ft/min の速度は電動機の界磁制御により得られる。図中 E は手動の界磁抵抗器であって、 A ダイアルは界磁設定用、 B ダイアルは界磁調整範囲中、発電機は最高電圧以上の電圧となるのを防止するため、No.1 ミルスタンドのタコメータダイナモからのバイアス電圧を一定値に分圧するためのものである。

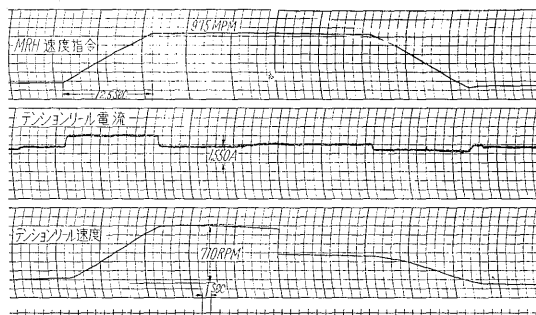
調質作業上、上ロールと下ロールの張力比を変化させたい要求があるので、このために下ロール電動機に直列にブースタ B を設け、張力比設定抵抗 R により、このブースタの出力電圧を変化させて、上下ロール電動機の電流比を変化させている。その電流比は上ロール電動機を基準として下ロール電動機の電流を 50~200% の間変化させることができる。

5) 出側テンションロールの制御

出側テンションロールの制御は入側テンションロールの制御とほとんど同じなので省略する。

6) テンションリールの制御

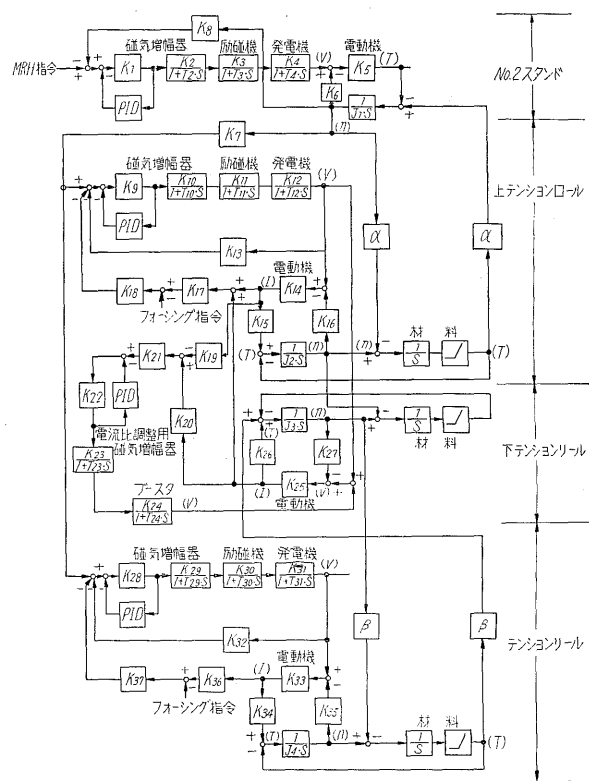
調質された材料は最後にテンションリールに巻きとられる。この制御はペイオフリールに準ずるので説明は省略する。第 17 図がこの電動機の特性を示すオシログラムである。



第 17 図 テンションリールオシログラム

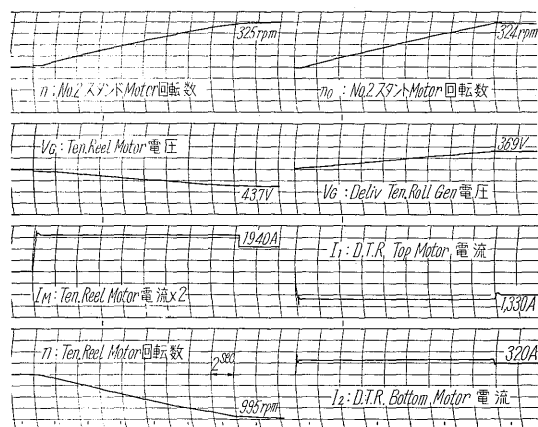
Fig. 17. Oscillogram for tension reel

本設備の設計にさいしては各スタンド自体の制御系の速応性、安定性の検討のみならず、各スタンドは材料を介して互にエネルギーの授受を行なうので、全セットを一つの系として考えた場合の速応性安定性も問題となるので、アナコンによる模擬テストを行なった。第 18 図は No.2 スタンド、出側テンションロール、およびテンションリールを一つの系と考えた場合のアナコン検討用のブロック線図であり、第 19 図はアナコンによるオシログラムである。



第 18 図 出側電動機制御用ブロック線図

Fig. 18. Block diagram for motors on delivery side



第 19 図 アナコンによるオシログラム

Fig. 19. Oscillogram by analog computer

2. 各種補償動作

圧延機、調質ミルなどで材料の厚みの精度、調質度などに大きな影響を与えるのは、圧延速度ならびに材料にかかる張力である。この点から加減速時間をできるだけ短縮するとともに、張力を常に一定に保つための種々の補償指令を加え、材料のオフゲージを減少させなければならない。このために必要な補償要素には次のごときものがある。

1) 加減速補償

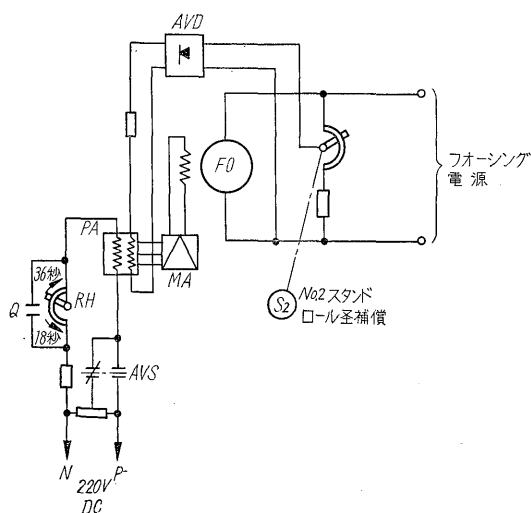
張力制御を行なうペイオフリール、入側および出側テンションロール、およびテンションリールでは加減速中は材料の張力を保持する電流のほかに、回転機械部分の加減速に必要なトルクを生じる電流を別に与えるように制御しなければならない。この作用をフォーシングと称する。

フォーシングに要する加減速電流は

$$\frac{I}{I_{100}} = \frac{GD^2 \times N^2}{K \times t_a \times kW} \times 100 (\%) \text{ で表わされる。}$$

ここに GD^2 は回転部分の慣性モーメント、 N は電動機の回転数、 t_a は起動時間、 kW は電動機の出力、 K は常数、 I_{100} は定格電流である。入側および出側テンションロールではロール径は常に一定なので、 GD^2 は常に一定であって問題ないが、ペイオフリールおよびテンションリールでは、調質作業が進むにつれて、コイル径が変化するので、材料の GD^2 が変化するとともに同じ調質速度でも電動機の回転数は変わることになる。したがってフォーシング量もコイル自体の GD^2 の補償量と、一定機械部分のそれとに分けて考えなければならない。コイル自体のフォーシング量には材料の幅の変化も考えなければならないことはもちろんである。第 14 図の接続中メモリ抵抗 P の A ダイアルにより一定機械部分のフォーシング量が与えられ、 B ダイアルによりコイル自身に対するフォーシング量が与えられる。フォーシング電源としては、別に交流発電機を設け、その発生電圧を加減速度に応じて変化させている。

第 20 図にフォーシング電源の接続図を示す。 RH は MRH のしゅう動速度設定用抵抗器と連動する抵抗器で

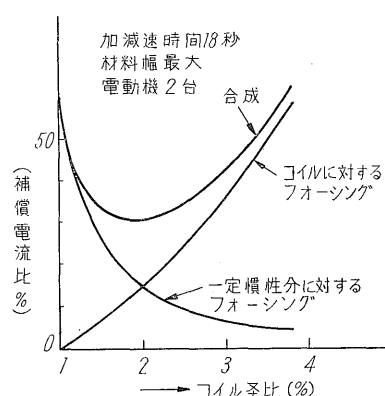


第 20 図 フォーシング電源制御回路

Fig. 20. Control circuit of forcing source

ある。本調質圧延機に採用しているフォーシング、ならびに張力設定回路の特長は、第13図からわかるように直流指令電圧はすべて交流電源から変圧器とセレンを介して得られているために、電源側はすべて完全に絶縁されているので、多くの指令量を磁気増幅器の一つの巻線中に重畳させることができ、回路は非常に簡単となり、磁気増幅器の巻線の数に無関係に種々の指令値を導入することができることである。

第 21 図にテンションリールのコイル径とフォーシング電流の特性曲線を示す。



第 21 図 コイル径に対するフォーシング量

Fig. 21. Value of forcing corresponding to coil diameter

2) 巻き太り巻細りによる加減速トルクの補償

たとえばペイオフリールは運転中、次第に材料は巻きほどこれてコイル径は次第に減少してゆく。すなわちペイオフリール電動機は次第に回転数が増加してゆくわけで、このための加速トルクは、材料によってテンションロール電動機から与えられることになるので、材料の張力はそれだけ増加しようとする。この加速トルクがいかに変化するかを検討してみよう。

U = 材料の調質速度 (m/s)

D = ある時刻のコイル径 (m)

$\Delta D = \Delta t$ 秒間に減少するコイル径 (m)

D_1 = レリンドレルの径 (m)

N = 電動機の回転数 (rpm)

GD^2 = コイル以外の機械部分の慣性 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

α = 歯車比

T = コイル径が減少するにつれ材料が吸収する加速トルク ($\text{kg}\cdot\text{m}$)

τ = 材料の厚み (m)

とすると Δt 秒間にまきほどこれる材料の量は

$$\tau \cdot U \cdot \Delta t = \frac{\pi}{4} \cdot \{ (D - \Delta D)^2 - D^2 \} \div \frac{\pi}{2} \cdot D \cdot \Delta D \dots (1)$$

$$\text{また} \quad \frac{N}{\alpha} = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{U}{D} \dots\dots\dots(2)$$

$$(1)\text{式より} \quad \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{dD}{dt} = \frac{\tau \cdot U}{\frac{\pi}{2} \cdot D}$$

$$\text{また}(2)\text{式より} \quad \frac{dN}{dD} = \frac{60 \cdot U \cdot \alpha}{\pi \cdot D^2}$$

$$\therefore \frac{dN}{dt} = \frac{dN}{dD} \cdot \frac{dD}{dt} = \frac{120 \cdot U^2 \cdot \alpha \cdot \tau}{\pi^2 \cdot D^3} = \frac{2K_1 \cdot U^2 \alpha \cdot \tau}{\pi \cdot D^3} \dots\dots(3)$$

$$\text{となる。} \quad \left(K_1 = \frac{60}{\pi} \right)$$

必要とする加速トルク T は

$$T = K_2 \cdot 2\pi \frac{dN}{dt} GD^2$$

であるからこれに(3)式を代入すると

$$T = \frac{4K_1 \cdot K_2 \cdot U^2 \cdot \alpha \cdot \tau}{D^3} GD^2 \text{ (kg-m)} \dots\dots(4)$$

で表わされる。

$$\text{また} \quad T = \frac{K_3 \cdot kW}{N} = K_4 \cdot I \cdot \phi = K_5 \cdot I \cdot D$$

で表わせるから

$$\frac{4K_1 \cdot K_2 \cdot U^2 \cdot \alpha \cdot \tau}{D^3} GD^2 = K_5 \cdot I \cdot D$$

$$\therefore I = \frac{4K_1 \cdot K_2 \cdot U^2 \cdot \alpha \cdot \tau}{K_5 \cdot D^4} GD^2 \text{ (A)} \dots\dots\dots(5)$$

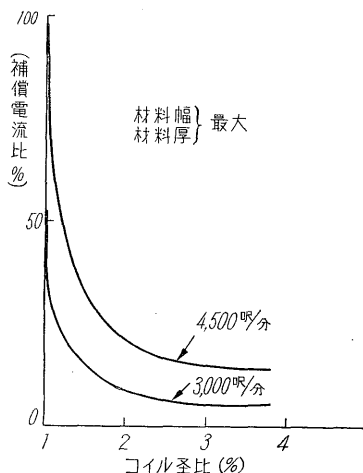
で表わせることになる。

$$\text{ここに} \quad K_1 = 60/\pi, \quad K_2 = \frac{1}{4g \times 60}$$

$$K_5 = \frac{T_{100}}{I_{100} \times D_1} \left(\begin{array}{l} \text{コイル径 } D_1 \text{ において } 100\% \\ \text{トルク } T_{100} \text{ を生じるための} \\ \text{電流を } I_{100} \text{ とする} \end{array} \right)$$

である。

第 22 図にペイオフリールのコイル径と巻き細り補償用電流の特性曲線を示す。第 14 図の HA および AMP がこの補償のための装置であって、調質速度 U はテン



第 22 図 コイル径変化に伴うトルク変動に対するフォーシング

Fig. 22. Value of forcing to compensate induced torque by variation of coil diameter

ションロール電動機のタコメータダイナモの発生電圧で検出され、この電圧をコイル径 D の 4 乗および GD^2 の関係を表わすメモリ抵抗の C ダイアルを通してホール起電体 HA に導き、 HA の出力で 2 乗特性を得てこの出力を増幅し張力設定指令として張力制御系に導入している。厚みに対する影響は抵抗 R を用いて AMP の出力電圧を分圧している。第 22 図よりわかるようにこの補償の効果は材料がほとんどマンドレルの上になくとき顕著に現われるので GD^2 としてはほとんど機械部分のそのみ有効になるためコイルと機械部分の GD^2 の効果を分離せず一体として考えている。この種の補償は圧延速度が 1,000~1,500 ft/min 程度のものであればほとんど問題とならないが本設備は先にのべたように 4,500 ft/min の高速度を保証しているため、特にこの補償を加えた。

3) ロール径補償

No.1 ミルロールおよび No.2 ミルロールとも補強ロールの径は約 10% 変化する。No.2 ミルロールの径が 10% 減少すると圧延速度が 10% 低下することになるのでフォーシング量も 10% 低下させなければならないことは当然で第 20 図中の抵抗 S_2 はこのためのものである。またタコメータダイナモからのバイアス電圧も 10% 低下させなければならないので第 9 図に示す S_2 が必要となる。

No.1 ミルロールの径が 10% 変化するときには圧延速度は同じなのでフォーシング量を変える必要はないが、ただタコメータダイナモの電圧が高まるので、バイアス電圧を一定にするために第 13 図の S_1 を用いるだけでよい。

4) 圧下量に対する補償

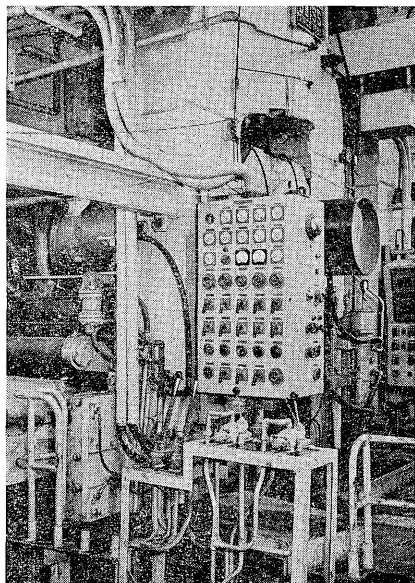
調質ミルでは一般に圧下量は 4 % 程度にすぎないので定張力制御を行えば圧下量による影響は充分補いうるから本装置ではこの補償は行っていない。

3. 運 転

運転はすべてスタンドに取りつけられた機側盤上の開閉器、抵抗器および計測器により行なわれる。機側盤は、No.1 スタンド機側盤、スタンド中間機側盤、および No.2 スタンド機側盤の 3 箱に分けられている。中間盤には主としてスクリュードダウン制御用の開閉器およびロール開度指示用のプロダクチメータが取り付けられており、主機の運転用開閉器は No.1, No.2 スタンド機側盤に取りつけられた緩速、保持、運転、停止の 4 個の押しボタン開閉器を操作することにより張力運転を行なうことができる。それぞれの電動機の制御は張力運転と

寸動運転とに分けられ各電動機ごとに“運転”―“寸動”の運転切換開閉器が設けられている。この開閉器を“運転”に切り換えると張力運転が行なわれる。張力運転にも緩速張力運転と運転張力運転の2種類の方式があり、この選択には全セットに共通の切換開閉器が設けられている。この開閉器を“緩速張力”に切り換えると緩速運転中は緩速張力(0~60% 張力に設定可能)がかかり高速運転になると運転張力(0~120%張力に設定可能)がかかるようになっていく。“運転張力”にすると緩速運転中にも運転張力がかかる。停止中はいずれの場合にも緩速張力がかかる。寸動運転用には電動機ごとに寸動用の操作開閉器があり定格速度の5%の速度で正逆寸動運転が可能である。

この他 No.1 スタンド機側盤および No.2 スタンド機側盤には緊急停止用押しボタン開閉器が設けられていて、これを押すことによりセットは最高速度から約9秒で急停止する。第23図は No.2 スタンドの機側盤の写真である。



第23図 出側機側盤

Fig. 23. Delivery side control cabinet

4. 保護装置

1) 材料切断時または材料巻き終わりにける過速防止回路

調質圧延中万一材料が切断するとテンションリール電動機に張力電流を保たせようとして発電機の電圧は急上昇し、電動機は急激に加速され危険である。よってこの過速防止回路が必要となる。これには速度基準となる No.2 スタンドのタコメータダイナモの発生電圧よりある値以上テンションリール発電機の電圧が上昇すると速

度リミット用磁気増幅器が出力を発生して、張力指令値を打ち消し、それ以上発電機の電圧が上昇するのを防止する。

ベイオフリールは材料がなくなると発電機電圧は急激に反転し、電動機は逆転を開始するので電圧が逆方向に一定値以上になると No.2 ミルスタンドの速度には無関係に過速防止が行なわれる。

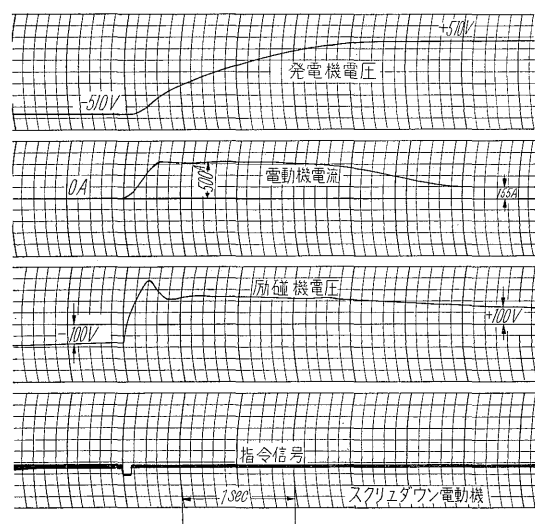
2) 事故発生時の保護方式

事故に対する保護方式は重故障(主機関係の事故)と軽故障(主として補機関係の事故)とに分けられ、重故障時には ACB を瞬時トリップさせ電動機を電源から切り離すと同時に、急速に停止させるために電機子に並列に制動抵抗をそう入し発電制動を行なっている。

軽故障のときは ACB はトリップさせず、MRH を急速に停止方向に逆転させ緊急停止を行なう。この時間に先にものべたように最高速度から停止まで約9秒である。

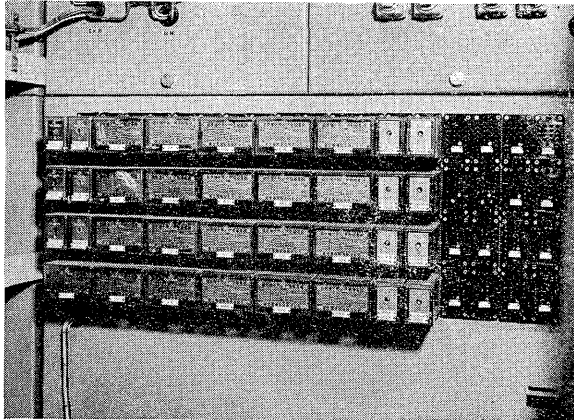
V. 補機の制御方式

本装置の補機としてはエントリ、デリベリコンベヤ、バギートラバス、バギーホイストその他のものがあるが代表的なものとしてスクリュードアウンの制御について簡単にその概要をのべる。本設備のスクリュードアウン装置は特に寿命およびひん度に対し安全を期するため、磁気増幅器形の無接点継電器を使用したワードレオナード制御が行なわれる。また加減速時間を短縮するために電流制限特性の向上を図り、特に電流制限用磁気増幅器を設けて効果を上げた。第24図は上方向運転から急激に下



第24図 スクリューダウンオシログラム

Fig. 24. Oscillogram of screw down



第 25 図 磁気増幅器形無接点継電器

Fig. 25. Mag. amp. type static relay

方向運転（いずれも最高速）に制御指令を切り換えたときの特性を示しているが、電流は約 200% に制限された

状態がよく表われている。

VI. む す び

上記により本調質圧延機電気品の主要点をご理解願えたことと思う。電気品の据付、配線工事一式は富士電機工事が施行した。現地調整にあたっては日本鋼管技術者と緊密な連絡を保ち、能率的に行なった。本設備の性質上、自動制御系の解析には特に意を用いたが、ほぼ予期どおりの成果を得ることができた。稿を閉じるに当たり、種々ご援助頂いた日本鋼管関係各位に対し、厚く感謝する次第である。

参考文献

- (1)(2) 三橋成生：古河電工・日光精銅所向け 4 段冷間圧延機用
電気設備 富士時報 33, No. 5 (昭 34)

発明の紹介

高 速 度 開 閉 器

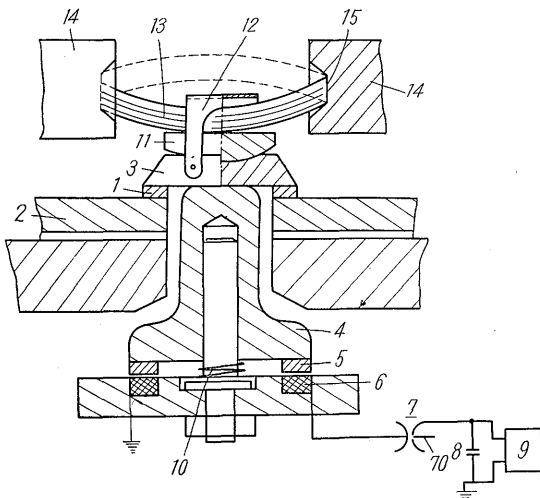
(登録第 534895 号)

本案は蓄電器の放電エネルギーによる電磁反発力を利用して接点を開離させる高速度開閉器に関するもので、1 は固定接点、3 は固定接点を橋絡する可動接点、4 はこの可動接点を固定接点 1 から開離する突上棒で、その底部に二次短絡リング 5 が固着されております。この短絡リング 5 に対向して一次巻線 6 が設けられ、三点放電ギャップ 7 を介して蓄電器 8 に接続されております。なお 9 は蓄電器 8 の充電装置です。

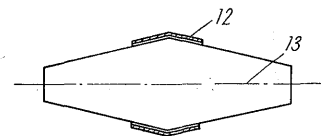
可動接点 3 は、球面座 11 と取付片 12 を介して、板

ばね 13 にゆるく結合されております。なお板ばね 13 は、図のような湾曲状態で支持片 14 にその両端を支持されています。

いま三点放電ギャップ 7 の起動電極 70 が起動すると、蓄電器 8 の電荷が急激に一次巻線 6 に放電され、誘導作用によって二次短絡リング 5 にはきわめて大きな衝撃電流が生じ、一次巻線との電磁反発力によって、突上棒 4 が瞬間的に上方へ運動し、可動接点 3 を固定接点 1 から開離する。このとき接点ばね 13 は死点を越えて上方へ突起形に湾曲し、可動接点 3 を開離状態



第 1 図



第 2 図

に保ちます。

本案によれば、接点の開離に蓄電器の放電による電磁反発力を利用しているので、瞬間的にきわめて大きな開離力が得られ、可動接点を湾曲した板ばねにゆるく結合したので構造が簡単かつ堅固であり、板ばねにより接点の接触圧力を得るとともに、そのスナップアクションを利用して、付加的な機構なく可動接点を開離位置に保持できるなどの利点があります。

(特許課 中平)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。