

MITSUBISHI DENKI

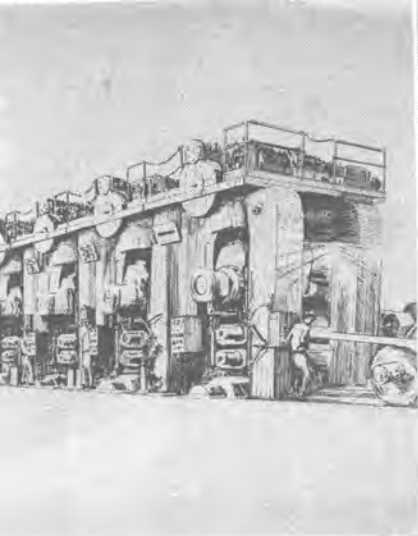
三菱電機



Vol. 27 1953

11

製鉄圧延機用電気設備特集



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

4段ロール連続式帯鋼冷間圧延機

旧式の圧延機による薄鋼板の製造は、従業員にとっては製鉄工場の作業中最も重労働といわれ、しかも製品は粗悪であつたが、最近のこの種新式圧延機によれば、従業員は労力を要することなく、研磨したような見事な帯鋼板が毎分数千尺の速さで製造され、正に驚異的進歩である。わが国では15年前に幅42吋のものが初めて八幡製鉄所に設置され、今回また1組設置されることになつたが、今回のものは前回のものに比し圧延速度が3倍近く速くなり毎分4000呎である。この圧延機の電気設備はいずれも三菱電機製品であり、詳細は本号記事を参照願いたい。

昭和28年第27巻第11号

(製鉄圧延機用電気設備特集)

目次

| | | |
|---------------------|----------------|----|
| 製鉄圧延機用電気設備特集号発刊に際して | 宗村 平 | 2 |
| 三菱電機会社圧延機用電気設備の製作記録 | | 3 |
| 分塊圧延機用電気設備 | 高月 一・伊藤嗣郎 | 4 |
| 分塊圧延機補機用電気設備 | 高月 一・生原春夫・田野和夫 | 14 |
| 連続式熱間圧延機用電気設備 | 竹内真一・片岡高示 | 23 |
| 帯鋼冷間圧延機用電気設備 | 竹内真一・片岡高示 | 32 |
| 帯鋼の酸洗、清浄、剪断設備用電気設備 | 竹内真一 | 41 |
| 最近の圧延機用誘導電動機と同期電動機 | 片山仁八郎・松村敏三 | 45 |
| 製鉄用イグナイトロン整流器 | 己斐健三郎 | 49 |
| 製鉄用特殊制御装置 | 新谷保次 | 54 |
| モータローラ | 高松茂利 | 58 |
| 自動洗浄型電気式空気清浄装置 | 斎藤 寛 | 60 |
| 圧延機用直流電動機製作経歴表 | | 67 |
| 圧延機用同期電動機製作経歴表 | | 68 |

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)
(電)和田倉(20)代表1631・2331

研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水
神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町
名古屋製作所 名古屋市中区矢田町
伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水
長崎製作所 長崎市平戸小屋町
大船工場 神奈川県鎌倉市大船
世田谷工場 東京都世田谷区池尻町
郡山工場 福島県郡山市宇城橋町
福山工場 福山市仲野上町
姫路工場 兵庫県姫路市上田町
和歌山工場 和歌山市岡町
中津川工場 岐阜県中津市駒場安森
福岡工場 福岡市今宿青木
札幌修理工場 札幌市北二条東12
大阪営業所 大阪市北区堂島北町8番地1
(電)福島(45)5251-9

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通
(電)本局(23)6231-5

福岡営業所 福岡市天神町(三菱ビル)
(電)西(2)5821-5825

札幌営業所 札幌市南一条西5の14
(電)(2)2378・3911

仙台事務所 仙台市東一番丁63
(電)仙台2573・8057

富山事務所 富山市安住町23の2
(電)富山4692・5273

広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)
(電)中1059・4824

高松出張所 高松市南新屋町34の3
(電)高松3178・3250

小倉出張所 小倉市博労町63(富士ビル)
(電)小倉3614

品質奉仕の三菱電機

製鉄圧延機用電気設備特集号発刊に際して

本社

宗村 平*

At the Publication of Special Number Entitled Electrical Equipment for Rolling Mills in Steel Industry

Taira MUNEMURA

Head Office

With the vicissitude of the world in the past decade, the steel industry walked a rocky path, so did the particular section of the electric industry correlated with it. But they are coming back with bright promises, the individual capacity of work and apparatus showing a marked increase if not surpassing the old production as a whole. "This is a special number to introduce the latest achievement of our company,"

一国の鉄鋼業の発達と軍備とは密接な関係がある。わが国の鉄鋼業も、戦前のいわゆる非常時に非常な発展をなし、当時の最新式圧延設備が相次いで設置された。その新式圧延機械設備の多くは、外国製品の輸入であつたにもかかわらず、その電気設備はすべて国内製品で、われわれ電機製造業者にとっては、多忙と繁栄の時代であつた。敗戦によりわが国の重工業は壊滅的打撃を受け、戦争放棄の宣言によつて絶望的感を深くした。かくて、鉄鋼業も領土の喪失によつて鉱石・石炭等の原料の供給源を無くしたと合せて、その復興は夢想だに困難と思われたのである。しかるに変転極まりない国際情勢の要請と、わが国鉄鋼業者の不撓不屈の精神によつて、その復興は意外に早く実現し、戦後 10 年未滿、その生産高においては未だ戦前に及ばないが、その内容においては戦前を凌ぐ有様である。圧延用の機械設備は依然として、戦後も大部分外国製品の輸入に依存しているが、電気設備はすべて国内製品で、その性能は最新の外国製品に劣らぬものが製作されるようになったことは、まことに喜ばしいことである。

わが三菱電機会社は、戦前においても当時の新式圧延設備に適合する各種類の多数の電気設備を製作したのであるが、戦後の復興に当つてもまた最新式圧延設備用の各種多数の電気設備を製作する機会を与えられた。ここに「三菱電機」の特集号を出して、当社の最近の研究調査の結果と製品をご紹介して斯界のご参考に供し、ご援助とご鞭達によつて一層の研鑽を積んで、さらに優秀な

製品を製作し、悪条件の下に敢闘せられる鉄鋼業に寄与せんと念ずる次第である。

最近の圧延機用電気設備の進歩発達を概観すれば、まず圧延能力増大の上から、圧延用材料が大きくなり、圧延速度が著しく増大し、このために電動機の容量が非常に大きくなつた。外国の例によれば、分塊および鋸用鋼は圧延機用としては、1 組のロール機に対し、上下の各ロールに 5,000 馬力 ずつ合計 10,000 馬力のものが、長年の間最大のものであつたが、最近は上下の各ロールに 6,000 馬力ずつ合計 12,000 馬力のものができ、また帯鋼圧延機用としては 7,000 馬力程度のものがある。連続式冷間帯鋼圧延機では、最高圧延速度は戦前の 6 倍以上にもなり、毎分 7,000 フィートに達するものがある。電動機容量の増大にもかかわらず、加速および減速の所要時間は著しく短縮することを要求されるので、電気機械は設計上特別の工夫が必要になつてきた。すなわち極力機械的慣性を小さくするよう設計し、なおおよばなければ、2 重電機子または 3 重電機子型とし、さらにまた上下のロールを別個の電動機で駆動する方式が使用され、電氣的磁氣的慣性を小さくするために、直流機の継鉄にも成層鉄心が使用されるようになった。最近の例では、10,000 馬力級分塊圧延機の逆転所要時間が、1 秒以内と報ぜられている。また甚だしく苛酷なこの種用途に対しては、電機を大型に設計して安全を計ることは賢明ではないので、完全 B 種絶縁を用い、耐高温ワニス処理を施すことが採用される。主電動機の容量増大と加速および

減速時間の短縮に伴い、補助電動機の容量も大となり、その運転も敏速を要するために、補助電動機に直流レオナード方式の採用が盛んになつてきた。また制御方式および制御装置においても飛躍的進歩がもたらされた。ロートロール等の回転増幅調整機の活用は、もつとも顕著なものである。その増幅性と強制作用によつて、速応度が著しく高められ、電流制限作用によつて、許容の最高値に制限されるので、電動機の加速および減速時間は非常に短縮され、しかも安全が確保される。また回転増幅調整機は、各種の自動調整にも広く使用される。連続式圧延機によつて、高速度で帯鋼あるいは棒鋼を圧延する場合には、各ローラ機を運転する多数電動機の関係速度を、正しく保持することが必要条件である。この問題解決のために、最近電動機の負荷変動時あるいは加速減速時における過渡的特性の研究試験が盛んに行われ、その計算方法や、計算器も考案され、優秀な自動調整装置ができた。前記ロートロールよりさらに高度の速応性あるいは精度を要求される場合には、磁気増幅器や電

子管装置等が使用される。かくて、以前の圧延機用電気設備は、大体所要の馬力・トルク・回転速度だけを基に設計されたのであるが、最近の圧延機用電気設備は、その過渡的特性をも充分計算して設計されるようになった。直流電源用として、水銀整流器は種々の特長を有することが認められながらも、その使用は、これまで不安がられていたのであるが、イグナイトロンのような優秀なものができたので、今後その特長を利用した使用は、ますます増加するものと思われる。最近の圧延機用電気設備は、各機の容量も大で機数も多く、電動機室内の総容量は、20,000~30,000 キロワットに達するものは稀ではない。このために、通風冷却方式については、充分慎重に計画し、良い空気濾過装置が必要であるが、プレシピトロン電気清浄装置は、この目的に沿うものとして、その使用が増加しつつある。本特集号においては、以上のような諸問題について論じ、併せて当社の最近の技術と、製品をご紹介したいつもりである。

三菱電機会社圧延機用電気設備の製作記録

(わが国における画期的なものの記録)

1. 逆転式分塊圧延機用 5,000 HP イルグナ設備—二重電動機、発電機 2 台直列接続—昭和 11 年
2. 逆転式スラブ圧延機用 7,000 HP イルグナ設備—単電動機、発電機 2 台並列接続—昭和 15 年
3. 逆転式大型圧延機用 5,000 HP イルグナ設備—単電動機、発電機 2 台並列接続。ロートロール制御—昭和 26 年
4. 逆転式分塊圧延機用 3,500 kW イルグナ設備—成層継鉄電動機および発電機、電圧パイロットロートロール、ロートロール制御自動滑り調整器—昭和 29 年
5. プッシュベンチ型鋼管押出機用 650 HP イルグナ設備—昭和 12 年
6. エッジウオタ型車輪および外輪圧延機用 1,200 HP レオナード設備—昭和 8 年
7. 連続式ビレットおよびシートバー圧延機用電気設備—誘導電動機、同期電動機、直流電動機の組合—昭和 15 年
8. 連続式帯鋼熱間圧延機用電気設備—同期電動機(粗圧延)直流電動機(仕上げ圧延)、直流ローラテーブルおよびコイラ—昭和 28 年
9. 連続式帯鋼熱間圧延機用電気設備—昇圧機およびロートロールによる自動速度調整装置付—昭和 28 年
10. 連続式帯鋼冷間圧延機用電気設備—共通母線レオナード—昭和 13 年
11. 連続式帯鋼冷間圧延機用電気設備—個別発電機レオナード—昭和 28 年
12. 帯鋼調質圧延機用電気設備—共通母線レオナード—昭和 13 年
13. 帯鋼調質圧延機用電気設備—個別発電機レオナード—昭和 28 年
14. 逆転式帯鋼冷間圧延機用電気設備—共通母線レオナードロートロール自動張力調整—昭和 25 年
15. アルミ帯冷間圧延機用レオナード設備—昭和 14 年
16. アルミ箔圧延機用レオナード設備—昭和 29 年
17. 黄銅帯圧延機用レオナード設備—昭和 24 年
18. 直接駆動型(クラッチ無し)大剪断機用レオナード設備—昭和 15 年
19. 分塊圧延機ローラ圧下用レオナード設備—昭和 28 年
20. 帯鋼走間剪断装置用電気設備—昭和 26 年
21. 帯鋼連続式酸洗装置用電気設備—昭和 28 年
22. 帯鋼連続式電気清浄装置用電気設備—昭和 27 年
23. 帯鋼連続式電気鍍金装置用電気設備—昭和 29 年
24. 逆転式分塊圧延機主電動機運転用足踏主幹制御器—昭和 15 年
25. 帯鋼処理ループ自動調整用光電装置—昭和 26 年
26. 冷間圧延機張力自動調整用磁気増幅器—昭和 29 年
27. ロートロール制御自動滑り調整器—昭和 29 年
28. 冷却空気濾過用プレシピトロン電気清浄装置—昭和 28 年
29. 冷却空気濾過用ガラス繊維洗滌装置—昭和 28 年

分塊圧延機用電気設備

神戸製作所

高月 一・伊藤 嗣郎[※]

Electrical Equipment for Blooming and Slabbing Mill

Hajime TAKATSUKI・Tsugio ITO

Kobe Works

Electrical equipment for reversing blooming and slabbing mill is the one that must meet the most gruel requirements among the electric machinery for steel production, which makes it necessary that thorough attention should be paid to the design and manufacture of the control system as well as the electrical apparatus. Our products, noted for the high reliability and satisfaction in service, are equipped with the Rotorol to accomplish the fast, accurate control system.

This paper deals with the outline of the main drives as well as the control system just to introduce their recent development.

1. ま え が き

製鋼の第1段階にある分塊圧延機は一般に2重逆転式であつて、その取扱う鋼片の形状によつて角鋼片に対して分塊ミル (Blooming Mill)、平鋼片に対してスラブミル (Slabbing Mill) と呼ばれる。また平鋼片の縁を圧延するエッジローラーを別に備えたセットもあり、これはユニバーサルスラブミルまたはプレートミルと称している。

これらの主駆動機は現今ではすべて電動機運転であつて、その広範囲の圧延スケジュールに対して制御の容易な可逆直流電動機が採用される。この電動機の制御には一般にイルグナ方式が使用され、交流電源に対する尖頭負荷時の影響を少くし、円滑かつ迅速に電動機を駆動する。さらに圧延機には多数の補助電動機を使用してテーブル、ロール圧下、鋼塊操縦機その他が運転される。

本文はこれら諸電気設備のうちで最も主要な主圧延ロール駆動用のイルグナ式電気設備についてその概要と最近の進歩を述べ、当社の実績を紹介したものである。

2. 主要電機品

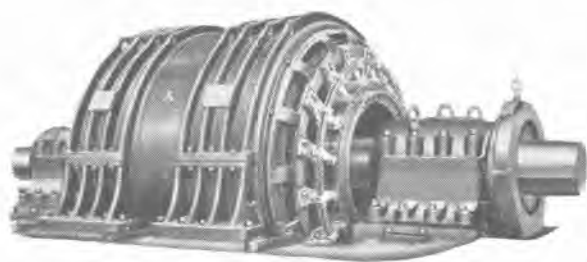
ア. 主電動機

可逆分塊ミル用主電動機は頻繁苛酷な逆転および圧延

負荷のために電気的および機械的に大きな衝撃と過負荷を受けるもので、大容量電気機械中最も厳しく使われるものの1つであろう。したがつて電動機は過負荷の整流を確実にし、かつ逆転を容易にするため慣性を小さくして、電気的機械的に充分信頼できるものでなければならない。一般に慣性の大きいすなわち大きい寸法の電機の過負荷時の整流条件は良好であるが、可逆運転を短時間に行うときの加速減速電流が大きくなり圧延負荷に加つて著しい過電流となつてくる。また慣性の小さいものに設計するとどうしても整流条件が悪くなり過負荷に耐えられない。

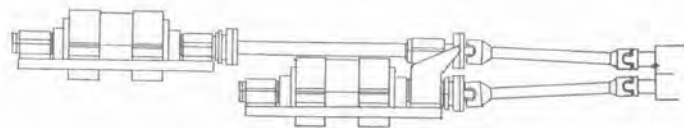
したがつて主電動機は上記の条件にできるだけ適合するように経験と研究とによつて独自の発達をしてきたのであるが、その跡を顧みると、初期においては比較的小容量のもので事足りたので、もちろん単電機子型であつた。その後次第に大容量のものが要求されるようになると、設計工作上種々の困難が生じて2重電機子型が採用されたが、技術の進歩によつて最近では7,000~8,000 HP程度が単電機子型で製作可能となつた。1図は当社の昭和11年製の5,000 HP 2重電機子型で⁽¹⁾、2図はその後昭和16年製の7,000 HP 単電機子型である⁽²⁾。

さらにTwin Driveと称して上下ロールを別々の電動機で運転する方式が現われてきた。これはビニオンズ



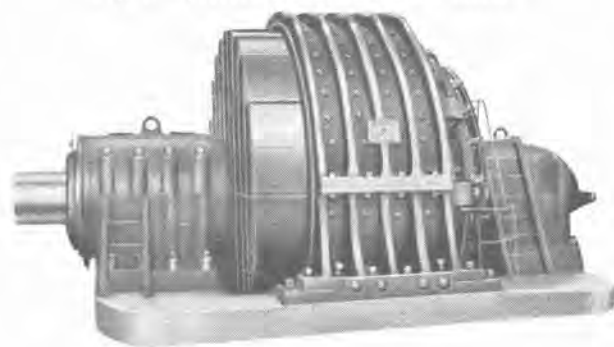
1 図 5,000 HP 2×600 V 0.50 120 rpm
直流二重電機子逆転ミル電動機

Fig. 1. 5,000 HP Double armature motor.



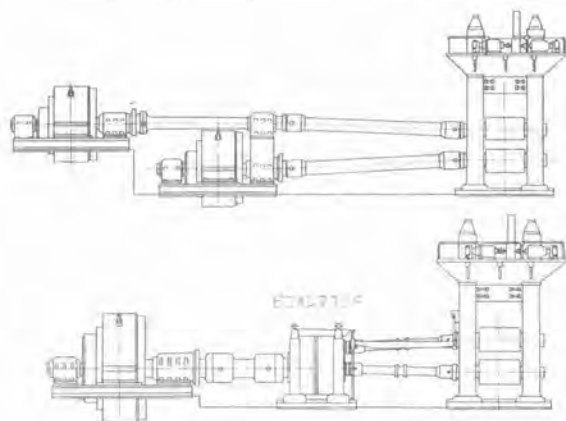
4 図 二重電機子 Twin drive

Fig. 4. Double armature twin drive.



2 図 7,000 HP 700 V 0.40 100 rpm
直流単電機子逆転ミル電動機

Fig. 2. 7,000 HP Single armature motor.



3 図 Twin drive と単一駆動

Fig. 3. Twin drive and single drive

タンドが不要となり機械設備が簡単になる。3 図はその一例である。

これらの主電動機の型式の比較はしばしば論議されるが、定量的な比較を一般的に出すことは困難で、ここでは一例として 4,000 HP, 50/100 rpm についての比較を掲げて見ると 1 表のようである。

一般に単電機子型が価格性能保守その他の点で優れており、特別の場合を除き製作可能の範囲で単電機子型が採用される。単電機子型の製作範囲をこえると Twin Drive とするのが普通で、さらに大容量となると寸法上の制限もあつて串型に結合した 2 電機子を Twin とする。(4 図参照)

圧延電動機の仕様は温度上昇限度 40°C または 50°C, B 種絶縁, 強制通風とするのが普通であつて、その過負

1 表 主電動機型式の比較例

| | 単電機子型 | 二重電機子型 | Twin Drive |
|------------------------------------|------------|------------|------------|
| 全重量 (T) | 135 (100%) | 158 (117%) | 176 (130%) |
| GD ² (TM ²) | 190 (100%) | 155 (82%) | 145 (77%) |

荷耐量の標準は 5 図に示すようなもので、常用最大トルク 225 %, 非常最大トルク 275 % とする⁽³⁾。この最大トルクは電動機が定格負荷で定格基本回転数の場合に対して加えられる過負荷であつて、電動機界磁を弱めて高速にしたときは整流が苦しくなるので過負荷耐量は低くなる。

電動機の加速減速さらに逆転はできるだけ短時間に行い生産能率をよくしなければならない。2 表は従来の標準逆転時間を示すが、現今の記録は米国ウエスチングハウス社の設計になる 10,000 HP, 40/100 rpm の Twin 方式のもので基本速度 40 rpm から -40 rpm までに実に 1 秒間で逆転し、80 rpm から -80 rpm までを 3 秒で逆転している⁽⁴⁾。

構造上は上記のような苛酷な使用状態に対して充分の安全度をもつよう軸・輪受・電機子の機械的設計を行う必要があり、圧延機側のスラストを受けるものにはスラスト軸受をつける。負荷側輪受の締付ボルトは基礎ボルトを兼ねて上下に貫通し、台枠と軸受台との間には軸方向に直角のクロスキーを入れて電動機を確実に保護し、非常過負荷に対して微動もせぬ強固な構造となつている。また潤滑は強制給油であるが油環を設けて、油の止まつたときにも暫時自己潤滑作用をするようにするなど各部にわたつて細心の注意を払つて設計製作される。

4. 主電動発電機

主電動機の制御はイルグナ方式によるのが普通で、滑り調整器付きの誘導電動機で駆動される主発電機が電源となる。この電動発電機セットには蓄勢輪をつけて交流電源に対する尖頭負荷を避けている。

圧延電動機とそれに対する直流発電機、誘導電機および蓄勢輪との関係は普通の圧延作業のものに対して 3 表のような定格の対応にある。

主発電機は主電動機と同じ負荷がかかるから回転数を上げて経済的に設計しようとする、整流条件が苦しくなり、単機容量 3,000 kW, 360 rpm または 400 rpm あるいは 2,500 kW, 514 rpm 程度が最もよく使われる単位である。

発電機は 2 台または 2 台以上の場合が多く、接続方式は普通並列接続 (6 図) が用いられるが、2 重電機子型電

動機で発電機2台の場合にはいわゆる8の字結線(7図)として直列にすると各機の不平衡負荷の心配はない。並列接続の場合には各発電機の負荷は平衡せしめるため、おののおに和動差動の直巻コイルを付して6図のような接続するが、発電機内外の接続が大電流であるため実施困難な場合にはロートロールを使用して比較的小さな電流で平衡せしめることもある。これは主電動機に対しても同様で Twin Drive の場合負荷平衡用ロートロールが付属するのが普通である。(8図参照)

次に主電動機の急速な加速および逆転を行うためには発電機電圧すなわち発電機磁束の時間的变化は普通の機械に見られぬ程急速な変化を要し、さらに過負荷時に滑り調整器が働いてセットの回転数が落ちた場合でも規定の電圧を維持するために定格回転数での磁気飽和度は比較的低く採る。最近では主発電機の磁気回路をすべて成層構造として急変電流に対する整流条件を良好にし、同時に磁束の急激な変化を容易にしている例もある。このため継鉄の構造には特別な工夫が凝らされている⁽⁴⁾。継鉄を成層構造とすることは主電動機に対しても考えられるが、主電動機の方は回転数が低いので発電機程厳しい整流条件にあるものではなく、とくに迅速な制御を要求する場合の他は主電動機まで成層構造にすることは稀である。

誘導電動機の容量は尖頭負荷時に対して蓄勢輪を備えているから負荷の平均値から決まってくる。一般に主電動機の等価連続出力より小さい。圧延スケジュールによ

って誘導電動機ならびに蓄勢輪容量の適当な値があるわけで、一般に先掲の3表のようなものである。比較的長尺のものを圧延するときには圧延負荷のかかる時間が長くなって、誘導電動機の容量が大きくなってくる。この傾向が著しくなつてくると、同期電動機駆動にして自動的に力率調整を行うことも考えねばならないが、これは普通に分塊ミルの範疇を脱したもので例外とする。

直流発電機および誘導電動機の普通の仕様は圧延電動機に準じてB種絶縁、強制通風を行つて熱劣化を防ぎ、製鉄所の塵埃から保護する。

蓄勢輪は厚鋼板または鋳鋼製で可撓継下によつてセットに結合し、鋼板カバーをつける。これらのセットは輸送組立等の諸条件を考慮して分割台枠上に組立てられる。

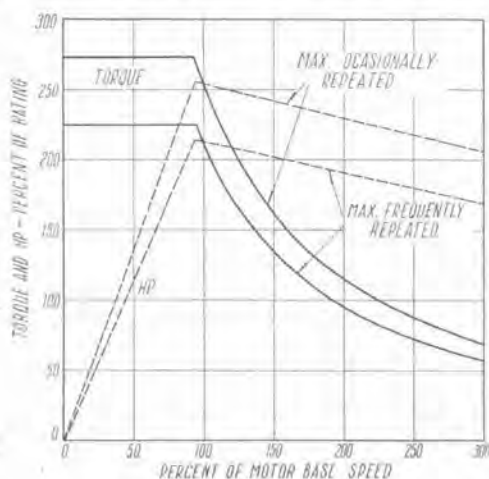
ウ. 励磁機とロートロールセット

主電動機と主発電電動機には、それぞれ専属の励磁機を要し、さらに定電圧励磁電源、誘導電動機の制動用発電機が必要で、これらは誘導電動機駆動である。

主電動機および主発電機用の主励磁機は急速な制御をするため頂上電圧を高くとり、充分の強制励磁電圧を出し得るように設計される。とくに急速励磁を要する場合には継鉄まで成層構造とする。また急速励磁のときにはは

3表 標準定格表

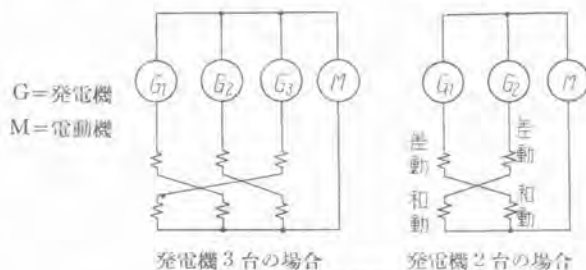
| 直流電動機 HP | 直流発電機 | | 誘導電動機 HP | 蓄勢輪効果 HP・sec |
|-------------|-------|------|-------------|-----------------|
| | 全 kW | 過負荷% | | |
| 2,000 | 1,750 | 250 | 1,750 | 80,000 |
| 3,000 | 2,500 | 275 | 2,500 | 100,000 |
| 4,000 | 3,500 | 250 | 3,500 | 122,000 |
| 5,000 | 4,000 | 275 | 4,000 | 142,500 |
| 6,000 | 5,000 | 275 | 4,500 | 155,000 |
| 8,000 | 7,000 | 250 | 6,000 | 185,000 |
| 10,000 | 9,000 | 250 | 7,000 | 215,000 |



5図 分塊およびスラブミル用電動機の標準過負荷容量
Fig. 5. Overload capacity of standard motors for reversing blooming and slabbing mills.

2表 逆転時間の標準

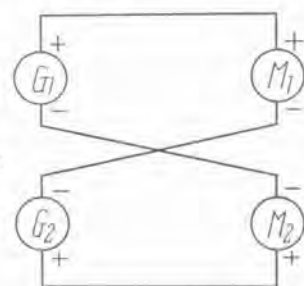
| 基本速度に対する (%) | 逆転時間 (秒) |
|--------------------|----------|
| 100 % から -100 % まで | 2 |
| 150 % から -150 % まで | 3 |
| 200 % から -200 % まで | 5 |
| 240 % から -240 % まで | 7 |
| 300 % から -300 % まで | 12 |

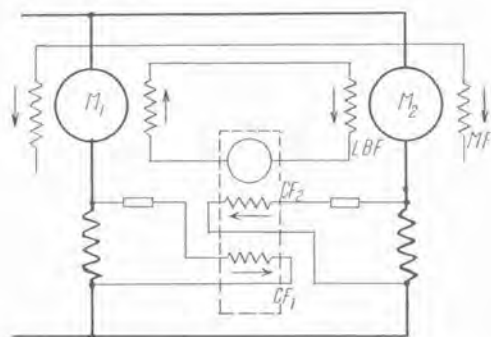


6図 発電機の並列接続
Fig. 6. Parallel connection of DC generators.

7図 発電機電動機の直列接続

Fig. 7. Series connection of DC generators.





LB 負荷平衡用 ロートトロール
LBF 負荷平衡界磁 MF 主界磁 CF 電流界磁

8 図 負荷平衡ロートトロールの簡略回路

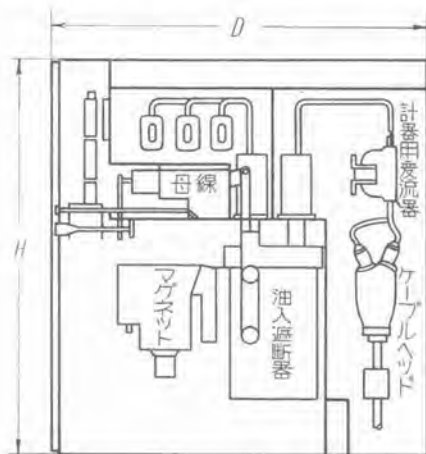
Fig. 8. Load balancing of two motors by Rototrol.

励磁機出力が定格値よりも大きくなるから蓄勢輪つきの励磁機セットをつくることも考えられる。これはまた圧延中の停電に対して励磁機が充分の電圧を発生して、とにかく 1 バスを完了せしめるためにも重要なことである。

次にロートトロールセットは制御の脳髄に相当するもので、発電機の電圧制御用と電動機の界磁電流制御用とともに電流制限ロートトロールとからなる。これらの主励磁機および主ロートトロールは制御上欠くべからざるもので、充分の信頼度をもつよう設計されており、圧延作業を中断しないよう小容量機器に至るまで細心の考慮を払っておかねばならない。

なお励磁機セットとロートトロールセットは、おのこの別セットにしてあり、型式は開放、自己通風型で点検保守に便利にするのが普通であるが、最近主電動機容量の増加に伴い主励磁機容量も増加してきて高い回転数が採れなくなり、主電動機用の励磁機だけ別にするとか、あるいは 2 つの励磁機に分割したりすることがある。

ロートトロール⁽³⁾はその構造は一般直流機と同じで、ただ制御要素を導入する各種の界磁コイルを備えている



9 図 (a) WF 型および WB 型メタルクラッド配電盤
Fig. 9. (a) Type WF & WB metal clad switchgear.

もので、動作の確実迅速なこと、強烈な強制励磁作用をもっていること、安定な回路の構成が容易であること等のため分塊圧延用電機品の制御に好適である。

3. 補助機器

分塊圧延機用電気設備には上記の主要電機品の他にロール圧下、銅塊操縦等の多数の補助電動機群とこれらの制御機器さらに自動滑り調整器等があり、本号においてそれぞれその表題の下に詳述されている通りであつて、これらが一体となつて分塊工場の電気運転が行われる。なおこの他に附帯設備として次のものがある。

ア. 通風設備

主電動機・主発電機および誘導電動機は、いずれも強制通風を行うのが常識で、通風方式として現在使用されているのは循環式と非循環式と、またそれぞれ上向排気 (up draft)、下向排気 (down draft) とがあつて、分塊工場の場合は主電動機と主電動発電機セットの 2 系統に分割するのが通例である。いずれの方式を採用するかは工場の設置される場所の雰囲気等の諸条件から決定されるべき問題で、最近の傾向としては循環式下向排気方式がよく使われる。この方式によると電機室が清浄で夏でも冷気に保つことができるが、空気冷却器を要し電機室の気密度に注意を要するのが幾分建設費はかさむ。空気清浄装置としては塵埃を油に付着せしめる油皮膜型、水を噴霧させる空気洗浄式、さらに最近現われた静電収塵作用によるプレジビトロン⁽⁶⁾、サイクロンがある。

通風量は大体機械の熱損失 1 kW 当り 3.4~4m³ 毎分が普通で、湿度はブラシの寿命に関係があり常温において相対湿度約 20% が適度といわれている⁽⁷⁾。

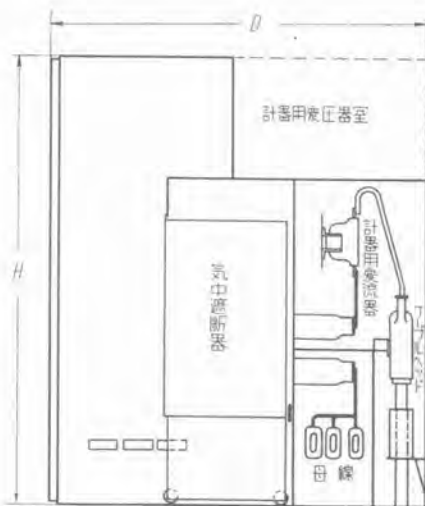
また機械を休止状態に置く場合に主要機の下方にスペースヒータを設けて吸湿による絶縁低下を防ぎ、運転開始と同時にヒータを電源から切り放す。

イ. 潤滑系統、始動装置その他

主電動機および主電動発電機は、それぞれ輪受に強制



9 図 (b) WF 型メタルクラッド配電盤
Fig. 9. (b) Type WF metal clad switchgear.



10 図 (a) WH 型メタルクラッド配電盤

Fig. 10. (a) Type WH metal clad switchgear.

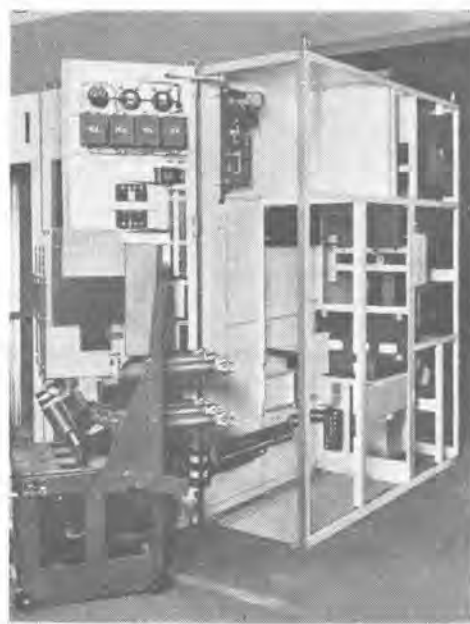
給油し、外部で油を冷却するのが普通で、電動油ポンプ、油冷却器および油タンクを要する。電動油ポンプは2組備え、うち1台を予備としておくのが慣例となっており主電動機系統と主電動発電機系統とを別にする場合と共通する場合とがある。

主電動発電機セットは大きな蓄勢輪があるからその起動を容易にするため始動装置をつける。これは30HP～50HP程度の短時間定格の小型誘導電動機によつて駆動され、減速歯車装置を経て可撓継手部分に連結される。主電動発電機を起動するときはこの始動装置で極く低速度で回し、次に主誘導電動機を起動して回転数が適当な値に達すると自動的にセットから切り放される。この装置は点検等のためセットを低速度で回したいときにも利用できる。

なお主電動機とロールのピニオンスタンドとの間には可撓継手があつて、圧延の際にロールに発生する衝撃を緩和している。これは圧延機製造者において製作するものであるが、既設圧延機械の電動機のみ新製するような場合電機製造者側で担当することがある。当社は富士製鉄釜石製鉄所納入の新5,000HP型鋼ミル⁽⁸⁾に対してグリッドスプリング型の可撓継手⁽⁹⁾を製作した経験をもっている。これは周辺に多数のスプリングを納めた円板形のもので、溝の形状はスプリングのヒズミを考慮してテーパ状になつている。

4. 制御装置

制御装置は電動機の運転を司る「神経系統」であつて、その優劣は直ちに電動機の運転性能に影響する。制御装置の設計に際しては、圧延屯数の増加、能率の向上等をとくに考慮して、電動機の特長を充分に發揮させている。また分塊ミルに使用される制御装置は、極めて頻繁苛酷な使用に耐え得るように、構造が簡単頑丈で電氣的にも機械的にも耐久力があり、かつ動作の敏速なことが必要である。当社においては、とくにこの用途のために設計



10 図 (b) WH 型メタルクラッド配電盤

Fig. 10. (b) Type WH metal clad switchgear.

した極めて信頼度の高い器具を使用するとともに、極力使用器具の種類を少くし、部品の取換補給を容易にしている。

ア. 交流側制御

交流側制御装置には、高圧配電盤、滑り調整器、主電動発電機の制動装置、補助電動機用起動器などがある。

(1) 高圧配電盤

高圧配電盤は、主電動発電機の駆動誘導電動機回路用、励磁電動発電機の駆動誘導電動機回路用、低圧電源変圧器回路用などで、従来はキュービクル型配電盤、トラック型配電盤などが、使用されていたが当社では最新の設計になるメタルクラッド型配電盤⁽¹⁰⁾を使用している。メタルクラッド型配電盤には、油入遮断器を格納したWF型、WB型と、気中遮断器を格納したWH型とがあり、それぞれ下記の特長を有している。

- (a) 従来のものに比し各部の絶縁が完全である。
 - (b) 鎖錠装置が完備しており、誤操作に対しても安全に保護している。
 - (c) 点検修理に便利な構造になつている。
 - (d) 外観が美しい。
 - (e) 床面積ならびに容積が少なくすむ。
- (9 図 a, b 10 図 a, b および 4 表参照)

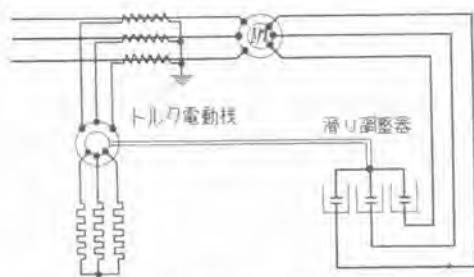
(2) 滑り調整器

滑り調整器は、イルグナ式電気設備の交流側制御の中で最も重要なものである。従来電極の操作はトルク電動機によつて行つていたが(11 図)、最新のものでは、直流分巻電動機を使用し、これをロートロール発電機で制御している(12 図)⁽¹¹⁾。ロートロール発電機使用の滑り調整器の特長として、次の点が挙げられる。

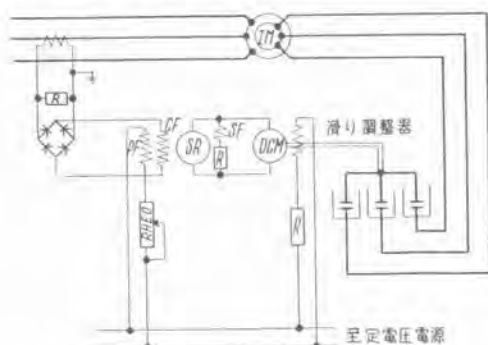
- (a) ロートロール発電機の高い増巾作用により、制御界磁の僅小の変化も鋭敏に検出され、感度

4表 屋内用メタルクランプ配電盤寸法表

| 型 | 遮断器型名 | 遮断容量 kVA | 寸 法 | | 寸 法 | | |
|--------|----------|-------------|----------|----------|--------|------------------|---------|
| | | | 電 圧 V | 電 流 A | W 幅 | H 高サ | D 奥行 |
| WF-124 | F-124 | 50,000 | 11,500 | 600 | 510 | 2,300 | 1,450 |
| | | | 6,900 | 1,200 | | | |
| | | | 3,450 | 1,500 | | | |
| | | | 3,450 | 2,000 | | | |
| WF100 | F-100 | 100,000 | 11,500 | 600 | 610 | 2,300 (1,800) | 1,800 |
| | | | 6,900 | 1,200 | | | |
| | | | 3,450 | 1,500 | | | |
| | | | 3,450 | 2,000 | | | |
| WB-20 | B-20 C | 150,000 | 11,500 | 600 | 710 | 1,850 | 1,800 |
| WB-22 | B-22 C | 250,000 | | 1,200 | | | |
| WB-28B | B-28B | 500,000 | 11,500 | 600 | 910 | 2,000 | 2,150 |
| | | | | 1,200 | | | |
| WH-3 | 3-DH-5 | 50,000 | 3,450 | 600 | 660 | 2,300 | 1,950 |
| | 3-DH-10 | 100,000 | | 1,200 | | | |
| | 3-DH-15 | 150,000 | | 1,200 | | | |
| | 3-DH-25 | 250,000 | | 1,200 | | | |
| | 3-DH-15 | 150,000 | 3,450 | 2,000 | 910 | 2,300 | 1,950 |
| | 3-DH-25 | 250,000 | | 2,000 | | | |
| WH-6 | 6-DH-15 | 150,000 | 6,900 | 600 | 910 | 2,300 | 2,350 |
| | 6-DH-25 | 250,000 | | 1,200 | | | |
| | 6-DH-50 | 500,000 | | 1,500 | | | |
| WH-10 | 10-DH-15 | 150,000 | 11,500 | 600 | 910 | 2,300 | 2,350 |
| | 10-DH-25 | 250,000 | | 1,200 | | | |
| | 10-DH-50 | 500,000 | | 1,500 | | | |



11 図 トルク電動機による滑り調整器制御簡略接続図
Fig. 11. Schematic diagram of slip regulator operated by AC torque motor.



12 図 直流分巻電動機およびロートロール
による滑り調整器制御簡略接続図
Fig. 12. Schematic diagram of slip regulator
operated by DC motor and Rototrol.

が非常に良い。

(b) 可動部分の慣性を極力小さくしているの、ロートロールの高い増巾作用と相まって、応動速度が非常に速い。

(c) 整定電流は基準界磁の調整により、極めて簡単、かつ連続的に変更できる。

(3) 主電動発電機の制動装置

主電動機はその軸に大きな落勢論を有し、運転中はその大きな落勢輪効果を有効に利用しているが、停止の際はこのために電動機を電源から切放して放置しただけでは容易に停止しない。これをできるだけ短時間で停止させるために、制動装置を設ける。誘導電動機の制動は、小容量のものでは逆相制動、大容量のものでは直流制動が用いられている。直流制動の場合、誘導電動機の固定子に励磁を与える直流電源としては、従来電動機、または発電機の励磁機が使用されていたが、最近のものでは直流制動用励磁機を専用に設ける場合が多い。これは低電圧で比較的電流量の大きな励磁機を必要とするためである。

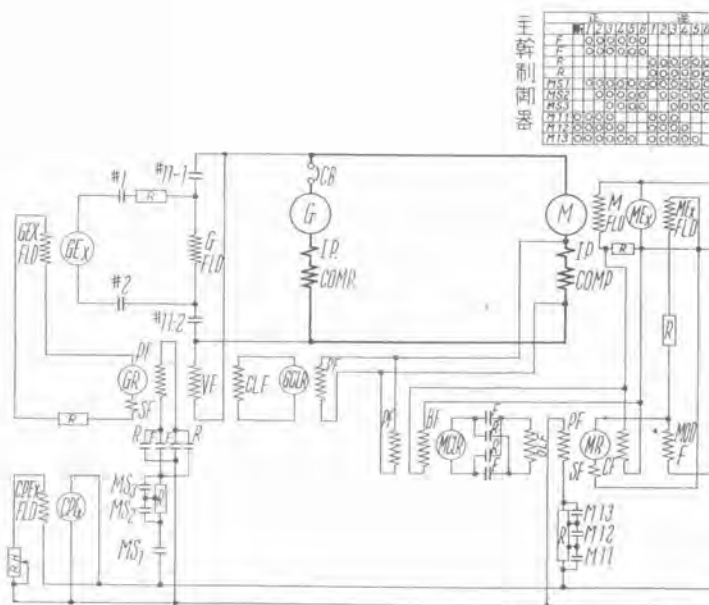
(4) 補助電動機用起動器

滑り調整器抵抗液循環ポンプ、バーリングギヤー回転用電動機、冷却送風機電動機、油ポンプ電動機、ロートロール励磁機駆動電動機などの補助電動機の起動器は、各別個の鉄箱に納め、任意の場所に据付けられるようにし、制御盤上の制御開閉器あるいは附属の押釦の何れによつても任意に操作できるようにしている。

イ. 直流側制御

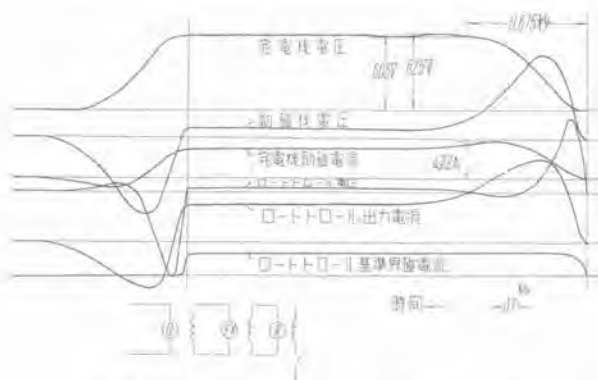
分塊ミルの運転では、電動機の加速減速逆転が頻繁に繰返される。したがって与えられた最高速度に対して、全体としての圧延速度を高めて作業能率を向上させるためには、加速減速逆転の時間をできるだけ短くしなければならない。このため制御の容易な発電機の電圧制御が使用され、さらに電動機や発電機の容量を有効に使うために、鋼片の寸法が長くなつて必要なトルクが減少した時には電動機の界磁制御を応用する。大きな慣性能率を有する電動機および圧延機を急速に加速減速逆転させる運転では、発電機電圧を急速に上昇させ、電動機界磁電流を急速に減少させるとともに、尖頭負荷電流を電動機および発電機の許容電流値以内に制限することが重要である。最近の圧延作業では、この要望に答えて回転型増巾機を使用する制御方式が採用されているが、当社ではロートロールおよび電流制限ロートロールを使用して優秀な成績を納めている⁽¹⁴⁾。

(1) 発電機電圧の強制励磁および電動機界磁の強制



13 図 イルグナ式電気設備直流側制御簡略接続図
(ロートコントロールによる制御方式)

Fig. 13. Schematic diagram of DC circuit of Ilgnar set (Rototrol regulating system).



14 図 ロートコントロールおよび強制励磁機による
直流発電機の無負荷電圧上昇

Fig. 14. Test oscillogram of voltage build up of DC generator by means of forced exciter and Rototrol.

減磁

大型直流機の界磁電流の立上りは本質的に鈍いから、発電機の電圧を急速に上昇させるためには、発電機の界磁を強制的に励磁する必要がある。13 図において、発電機側のロートコントロールは定電圧調整器として使用し、発電機の電圧は基準界磁 (PF) によって整定する。ロートコントロールはその電機子回路につながる回路の抵抗をロートコントロールの飽和曲線の立上りに合致させて同調をとっている。自動界磁 (SF) の作用と相まって僅かな分巻界磁電流の変化に対しても高い電圧を発生する。したがって発電機の電圧を上昇させる場合に、強制励磁を行って急速に電圧を上昇させる。この方式による発電機の電圧上昇は 14 図のオシログラムに示すとおりで、ロートコントロールは反応度が充分速く、ロートコントロールおよび励磁機はともに頂上電圧が極めて高いから、基準界磁に励磁を与えるとロートコントロールおよび励磁機の電圧は、発電機に必要な励磁電圧よりもはるかに高い値に速かに上昇している。発電機の端子電圧によって励磁される電圧界磁 (VF) は基準界磁と差動に働くから、発電機電

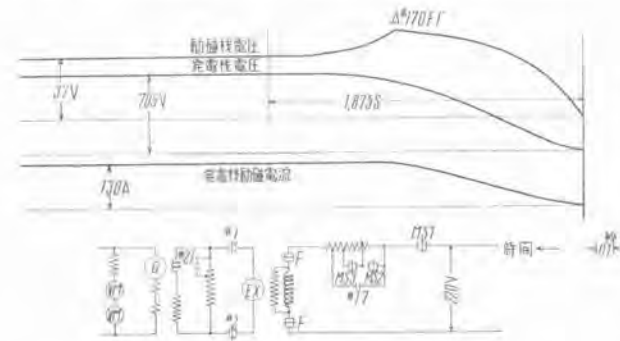
圧が上昇するにつれて基準界磁を打消し、ロートコントロールおよび励磁機の電圧は次第に降下する。最後には基準界磁と電圧界磁とは等しくなるが、発電機はロートコントロールの自動界磁により基準界磁で整定された電圧を維持する。この方式によれば発電機の電圧はハンチングを伴うことなく 0.67 秒で定格値に達しており、従来使用されていた継電器による制御方式の場合のオシログラムと比較して、強制励磁作用が極めて強力に行われ発電機の電圧上昇ははるかに速くなっていることが判る。しかもロートコントロールの制動作用が充分効いていて過電圧 (Over shoot) は僅小で実用上差支えない程度である。なお各励磁回路の時定数は極力小さくしており、ロートコントロールの自動界磁は励磁機回路に接続すれば更に運転の安定度を増加することができる。15 図のオシログラムは発電機界磁強め継電器 VW によって電磁接触器 17 を作動させて強制励磁を行つた場合の発電機の電圧上昇を示している。この方式は従来最も広く使用されていたもので、16 図はその接続の一例である。励磁機の界磁に励磁を与えると、発電機の電圧が所定の値に達しない間は励磁機の界磁回路の直列抵抗の大部分が短絡されているので、励磁機の電圧は発電機の励磁電圧よりも高い値に速かに上昇している。図の A 点は強制励磁が解かれた点で、励磁機の電圧は次第に降下して発電機の励磁電圧に達する。発電機の電圧は 1.87 秒で定格値に達している。

基本速度から最高速度までは電動機は界磁制御によって速度を増加するが、この場合には電動機界磁の強制減磁が必要である。電動機側のロートコントロールは電流調整器として使用し、電動機の界磁電流は基準界磁 (PF) によって整定する。電流界磁 (CF) は電動機の界磁電流で励磁され基準界磁と差動に働くから、界磁電流は基準界磁で整定した値になるように急速かつ自動的に制御される。従来は電動機の界磁電流が所定の値にならない間

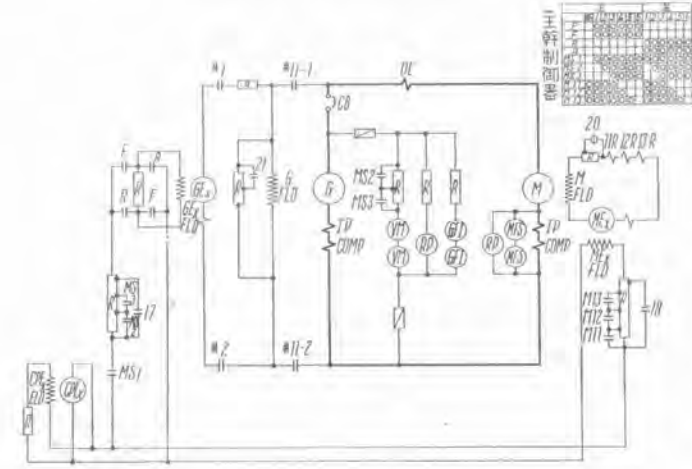
は電流継電器 11R (12R, 13R) によつて電磁接触器 20 を作動させ電動機の界磁回路に直列抵抗を挿入して強制減磁を行い、所定の値になれば強制減磁を解くという方法が使用されていた。この場合もロートロールによる制御の方が強制減磁作用が強力に行われることはいふまでもない。

(2) 尖頭負荷電流の制限

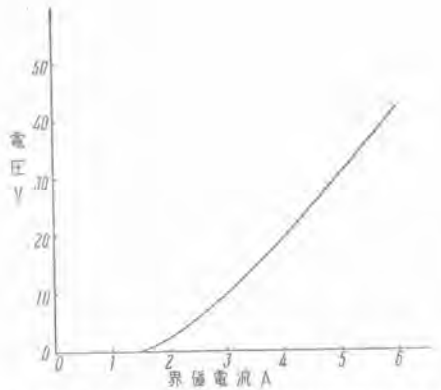
電動機の加速減速逆転を急速に行うときは、尖頭負荷電流が著しく増大するが、13 図に示すようにロートロールにさらに電流制限ロートロールを組合せて、この過電流を電動機および発電機の許容電流値以内に制限している。発電機側および電動機側の電流制限ロートロールは何れも電動機の補極および補償界磁の電圧降下によつて励磁される基準界磁 (PF) を有し、特殊な構造によつて 17 図に示すような静的飽和特性を有している。その動作点を電動機の許し得る最大電流値に整定しておけば、これ以上の負荷電流が流れると電流制限ロートロールは急に電圧を発生する。電圧制御中負荷電流が増加すれば、発電機の電圧を下げて尖頭負荷電流を低下させる。弱め界磁制御中負荷電流が増加すれば、電動機の



15 図 発電機界磁強め継電器使用の場合の直流発電機の無負荷電圧上昇
Fig. 15. No-load voltage build up of DC generator by means of forcing relay.



16 図 イルグナー式電気設備直流制御簡略接続図 (継電器による制御方式)
Fig. 16. Schematic diagram of DC circuit for Ilgner set (Relay regulating system)



17 図 電流制限ロートロール無負荷飽和特性
Fig. 17. No-load saturation curve of current limit Rototrol.

界磁を強めて電動機の逆起電力を増加せしめ尖頭負荷電流を減ずる。

なお 5 図に示すように、電動機は界磁を弱めて高速で運転している時は整流上の問題から過負荷耐量は減少するので、電動機側の電流制限ロートロールに偏倚界磁 (BF) を設け、電動機の界磁電流で励磁して、弱め励磁で高速で運転するときは、制限電流を低下させている。

弱め界磁で運転している電動機を逆転する場合には、その界磁は強め界磁となる。もしその界磁が急激に強まれば電動機は大きな発電制動電圧を生じ、過大な制動電流が流れて電動機および発電機の整流を害する。これを防止するために電動機側のロートロールには調整界磁 (MODE) があつて、ロートロールの電圧と励磁機の電圧との差が調整値を越えると調整界磁が励磁されてロートロールの電圧を下げ、電動機の界磁を弱めて制動電流を電動機の許容電流値以内に制限する。ただし調整界磁は基準界磁と差動にのみ作用するように、回路に整流器を挿入して逆方向の電流は阻止している。

従来は 16 図に示すように、尖頭負荷電流に対しては過負荷継電器 OL の作動により発電機や電動機を保護していた。この場合は 1 度過負荷継電器が作動すれば主幹制御器を元に戻さなければ再起動できないようにしてある。また電動機界磁強め継電器 MFS によつて電磁接触器 18 を作動させて、負荷電流が増加した時に一時電動機の界磁を強めて、負荷電流を制限する方法を併用している。電動機の減速中は逆電力継電器 RP によつて電磁接触器 21 を作動させて発電機の電圧が急速に降下しないようにし、過大な制動電流が流れるのを防止している。この時継電器 MFS が作動しても電磁接触器 18 は入らないようにインターロックしてあるから、減速中電動機が発電作用をしている時はその界磁を強めることはない。

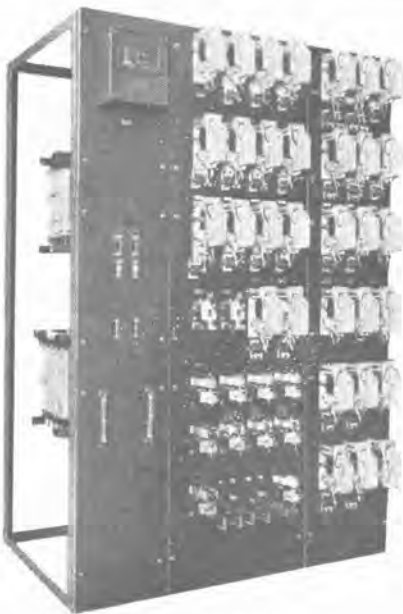
(3) 発電機電圧の確実な保持

尖頭負荷により滑り調整器が作動して電源の尖頭負荷を軽減する際に、電動発電機が速度が 20 % 位低下するので直流発電機の電圧は比例して降下す

る。従来は電圧調整器を使用して発電機の電圧降下を補償していた場合もあるが、ロートトロール制御の場合はこの発電機の電圧降下を補償し自動的に電圧を一定に保持する作用を有している。

以上述べたようにロートトロールによる制御方式は、従来の制御方式に比し、

- (a) ロートトロールの極めて高い増上率により自動的に強力な強制励磁を行うことができ、中間に



18 図 制御盤
Fig. 18. Control panel.

継電器等を介する必要がないので動作時間が正確で確実性も一層大となる。

- (b) ロートトロールに電流制限ロートトロールを組合せることにより、尖頭負荷電流を自動的に電動機および発電機の許容電流値以内に制限することができる。したがって連続的作業が続けられるとともに、加速減速の際も従来のような激しい尖頭負荷を生ぜしめることなく平均した過負荷電流を維持し、しかも加減減速の時間を短縮することができ作業能率を向上することができる。また発電機や電動機の整流を害することがない。
- (c) 電動機に尖頭負荷がかかった場合、ロートトロールは発電機の電圧降下を補償し自動的に電圧を一定に保つから、電動機の手速度は低下することがなく、作業能率の向上が得られる。
- (d) ロートトロールを使用すれば、従来の方式に比し継電器や電磁接触器の数が非常に少なくなる。したがって消耗磨耗による部品の取換が減少し、また継電器等の調整部分の個所が少くなり、保守が簡単になるばかりでなく予備品の数も減少できる。

等の特長を有している。

5. 当社の実績

当社は圧延機用電機品の設計製造には多年の経験と優れた技術を持っており、とくに分塊圧延用電機品におい

5 表 製 作 実 績 一 覧

| 製作年度 | 納入先 | 用 途 | 主直流電動機 | | 直流発電機 | | 誘 導 電 動 機 | | | 蓄勢輪エネ ルギー HP・S | 文献 参考 番号 図番 |
|--------------|--------------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-----------|------|------|----------------------|----------------|
| | | | 容 量 | rpm | 容量 (kW) | 電圧 (V) | 容 量 | サイクル | 同期速度 | | |
| 昭和 11 年 ● | 日 鉄 (八幡) | 分塊ミル | 5,000HP ** | 50/120 | 2-2,000 | 600 | 3,500HP | 50 | 500 | 167,000 | (1) 1 図 |
| 昭和 12 年 | 尼崎製鋼 | 鋼管ミル | 650HP | 250/750 | 1- 530 | 600 | 650HP | 60 | 880 | 26,600 | |
| 昭和 13 年 ● | 日 鉄 (八幡) | 大型鋼ミル | 3,500kW ** | 80/160 | 2-2,000 | 600 | 3,500kW | 50 | 500 | 137,000 | |
| 昭和 14 年 | 日 鉄 (釜石) | 分塊ミル | 5,260HP ** | 50/120 | 2-2,000 | 600 | 4,000HP | 60 | 514 | 176,000 | |
| 昭和 15 年 | 日 鉄 (輪西) | 分塊ミル | 5,000HP ** | 60/120 | 2-2,000 | 600 | 3,500HP | 50 | 500 | 167,000 | (2) 2 図 |
| 昭和 15 年 | 日 鉄 (広畑) | スラブミル | 7,000HP | 40/100 | 2-3,000 | 700 | 5,000HP | 60 | 360 | 230,000 | |
| 昭和 15 年 | 昭和製鋼 | 分塊ミル | 7,000HP | 60/140 | 2-3,000 | 700 | 6,000HP | 50 | 375 | 208,000 | |
| 昭和 26 年 | 富士製鉄 (釜石) | 大型鋼ミル | 5,000HP | 70/160 | 2-2,000 | 600 | 5,000HP | 60 | 514 | 138,000 | (8) |
| 昭和 27 年 | 日重製鋼 (豊) | 分塊ミル | 3,500HP | 50/120 | 2-1,400 | 750 | 3,000HP | 60 | 720 | 97,000 | |
| 昭和(29)年 | 神戸製鋼 | 分塊ミル | 3,500kW | 54/120 | 2-2,000 | 750 | 3,500kW | 60 | 600 | 120,000 | |

注 ** は 2 重電機子型
● ロートトロール励磁方式を採用すると共に出力増大の改造を行った (昭和 27 年)

てはわが国随一と自他共に許す輝かしい伝統を誇っているもので、今その業績を顧みると5表の如くで、いずれも好評を得ている。なお最終欄の神戸製鋼所向 3,500 kW 分塊圧延用電機品は現在鋭意製作中のもので、あらゆる点において当社の最新技術の全力を傾注し、絶対自信をもつて運転成績を期待している。

また最近圧延能力増大のために従来の継電器および電磁接触器を使つた制御方式をロートロール励磁方式に替えたものに次の既納 2 セットがある。すなわち昭和 11 年に納入した八幡製鉄所分塊ミル 5,000 HP を 6,000 HP に改造し、ロートロールセットを新設附加した。改造後の定格は次の通りである。() は改造前

電動機 6,000 HP, 600 V, 45/120 rpm
(5,000) (50/120)

発電機 2-2,400 kW, 600 V, 495 rpm
(2,000)

主機の改造はコイルをすべて B 種絶縁として冷却風量を増加せしめたもので、励磁機は強制励磁作用をさらに強化するため頂上電圧の高いものに改造した。現地においてこの改造の結果をオシログラムにて実負荷状態で測定した結果、ロートロール方式の採用により従来よりも急速円滑な運転が可能となることが実証され⁽¹²⁾、われわれの自信をますます深めた。先掲の 14 図はその工場予備試験結果である。

さらに同所に昭和 13 年納入した大型鋼圧延用イルグナを分塊ミル用に改造転用した。

| | 改造後 | 改造前 |
|---------|------------|------------|
| 出力 | 3,500 kW | 3,500 kW |
| 電 圧 | 600 V | 600 V |
| 回転数 | 50/120 rpm | 80/160 rpm |
| 規定回転力 | 68.1 TM | 42.6 TM |
| 常用最大回転力 | 153 TM | 115 TM |
| 非常最大回転力 | 198 TM | 136 TM |

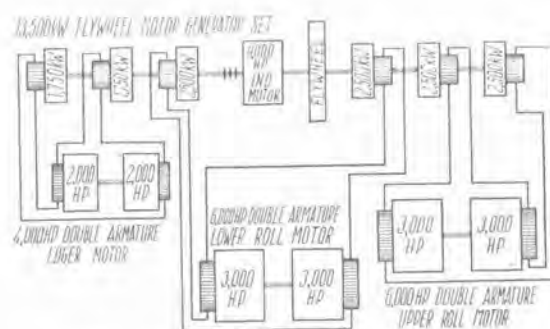
本設備も 6,000 HP と同様に励磁機を改造しロートロールによる励磁方式を採用した。

6. 世界最大のスラブミル⁽¹³⁾

現在最大の設備は米国ウェスチングハウス社の製作になるもので次の仕様である。

45" ユニバーサルスラブミル

| | |
|------------|--|
| Twin Drive | 2-2×3,000 HP, 40/80 rpm |
| エッヂャー | 2×2,000 HP, 60/150 rpm |
| 発電機 | 4-2,500 kW, 700 V 1-1,750 kW, 700 V |
| 誘導電動機 | 1-9,000 HP, 514 rpm |
| 蓄勢輪 | 1-215,000 HP, S, 514 rpm |



19 図 45" ユニバーサルスラブミル全 16,000 HP

Fig. 19. Main circuit connections for 16,000 HP drive for 45-in reversing Universal Slabbing Mill.

MG セットの全長 25.5 M, 全重量 272 Ton という巨大な設備である。19 図はその主回路接続図である。

7. むすび

以上分塊圧延用主電気設備について述べたが、要約すれば、圧延負荷の要求により電機品は充分の過負荷容量を持ち、常に良好な整流状態にあるようしかも主電動機は低慣性に製造することが必要で、現今の直流電機品の中で最も容量が大きくかつ最も厳しい仕様を受けるもので、設計製作上凡ゆる点で最高の技術を要し、各電機メーカーは不断の研究を重ねており、その進歩は止まる所を知らない。さらに制御装置は迅速安定な運転を可能にすると同時に確実な保護を行い、附帯設備もまた主機と同じく充分の信頼度が必要で、これらが一体となつて始めて分塊工場を最高能力で電気運転することができる。

参 考 文 献

- (1) 有泉：三菱電機，12 巻 10 号，p. 150
- (2) 宗村：三菱電機，17 巻 4 号，p. 129
- (3) W. E. Miller: Blast Furnace and Steel Plant, Feb. 1950, p. 207
- (4) A. F. Kenyon: Blast Furnace and Steel Plant, Jan. 1953, p. 81
- (5) 竹内・片岡：三菱電機，24 巻 2 号，p. 29
- (6) 斎藤：三菱電機，27 巻 11 号，p. 60
- (7) S. L. Jameson: Iron and Steel Engineers, Jan. 1951, p. 68
- (8) 竹内・片岡：三菱電機，27 巻 2 号，p. 75
- (9) W. P. Schmitter: Iron and Steel Engineers, Aug. 1950, p. 71
- (10) 五十嵐・清水：三菱電機，27 巻 6 号，p. 193
- (11) W. E. Schaelchlin and G. E. Mathias: AIEE Trans. Actions ctions, 1951, p. 1769
- (12) 紙谷：26 回連合大会 NO. 4. 60 (昭 27-5)
- (13) 紙谷・田中・高月：三菱電機，27 巻 7 号，p. 262

分塊圧延機補助機用電気設備

神戸製作所

高月 一*・生原春夫*・田野和夫*

Auxiliary Electric Drives for Blooming and Slabbing Mills

Hajime TAKATSUKI・Haruo HAIBARA・Kazuo TANO

Kobe Works

A quite many number of auxiliary electrical drives are required for the blooming and slabbing mills. And they are demanded sufficient overload capacity and steady, quick responsive control, yet reliable protective function as their primary requisite to increase the tonnage output of the mill. This paper gives a brief account on the outline of these controls, auxiliary d-c motors and generators.

1. まえがき

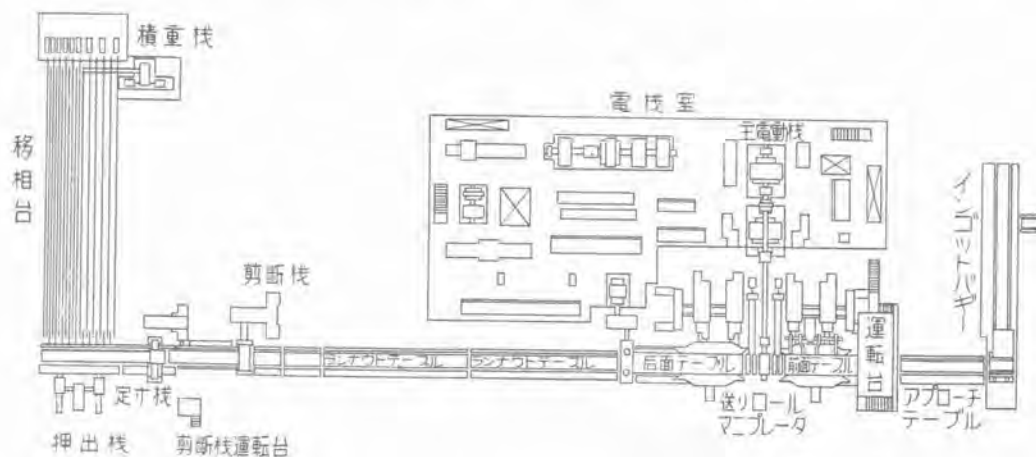
分塊圧延機には主圧延ロールを中心とした種々の補助機械が使用されているが、主圧延ロールの動作時間を短縮するとともに、これに付随する補助機械の動作時間を短縮することが分塊圧延機全体としての圧延能率を上げるために必要である。

従来の圧延機では鋼塊1個の全圧延作業時間の約 70

% 近くは補助機械による鋼材操作に要し、残りの 30 % 位が実際に主ロールにより圧延される正味時間となっていたが、最近のものでは後者の比率が次第に大きくなっている。

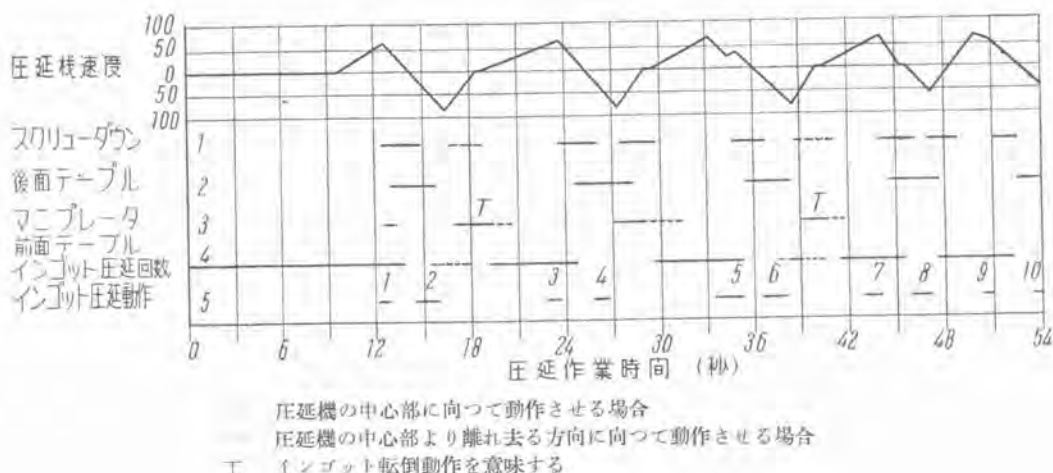
1 図は分塊圧延機補助機械の配置例を示すもので、鋼塊は加熱炉→インゴットバギー→アプローチテーブル→前面テーブルへと運ばれる。

前面テーブルに運ばれた鋼塊は→圧延ロール→後面テ



1 図 分塊圧延機補助機配置図

Fig. 1. Schematic layout of blooming mill.



2 図 分塊ミル補助機械動作時特性

Fig. 2. Operating time characteristic of auxiliary machines of blooming mill.

ープルに送られる、ついでスクリーダウンを再調整し圧延ロール、前後面テーブルを逆転し再び圧延する。

このようにして 10~30 回近く圧延が繰返えされ、所要の鋼片が得られると剪断機にて剪断され→剪断機出側テーブル→押出機→移相台→積重機→再加熱炉へと送られ次の熱間圧延工程へと移される。

2 図はこれら補助機械の動作時間の一例を示すものでこの図からわかるように補助機械のうちでもとくに前後面テーブル・送りローラテーブル・マニプレータ・スクリーダウン等は加速・減速・逆転が極めて頻繁に行われるものであるから、これら補助機械の動作時間をできるだけ小さくすることが大切である。

このためには最も動作の早い直流可変電圧制御方式を採用し、低慣性かつ過負荷容量の大きな電動機を使用することが必要である。

アプローチテーブル・ランナウトテーブル・移相台・押出機等は前者にくらべると動作回数も少く、動作もそれほど苛酷なものではない。したがって加速も、減速もあまり問題にならず、可変電圧制御方式でなくてもよい。

性能の点では、直流電動機が優れているが、価格の点から交流巻線誘導電動機が使用される場合も多い。交流電動機としては、従来旧日鉄標準型電動機が最も多く使用されているが、最近これを多少変更した電気工業会標準型電動機へ移行の形で、またとくに B 種絶縁とする場合も多い。

こゝでは主として、最近当社で製作している新型直流電動機およびその電源用発電機ならびに制御装置について述べる。

2. 補助直流電動機

分塊圧延機において、鋼材操作および製品処理、さらに圧延機自体の操作調整等には出力 200 馬力以下の中、小型電動機が多数使用される。

これら中小型電動機は主電動機に比し、使用が激しいので、消耗が早くまた数量の多い関係上不慮の原因によ

る故障も多い。この補助電動機の故障によつて全作業を中止するのやむなきに至ることが多いので、事故の発生と同時に電動機の交換を行いうるよう考慮を払う必要がある。

ここに補助電動機の統一が必要とされる理由があるが、現況は直巻電動機に対して日鉄標準型として規定されたものがある程度でその他のものに関してはなんらの規格もなく、各社各様の寸法で製作納入されている状態で、きわめて不便な状態にある。

当社においてはつとにこの点に着目し製鉄製鋼およびこれに類似する使用状態の電動機に対し、標準型電動機の製作を考慮していたのであるが、大戦その他の事情により意の如くならず、また戦後国内における製鉄製鋼機械は米国からの輸入が多いから、これら機械との関連性を考慮し米国で施行されている、AISE の新標準を取り、充分検討を加え国内における事情を加味して製鉄製鋼用標準型電動機として KM 型電動機を開発し、すでに多数の製品が優秀な実績を示している。

以下、補助電動機としての KM 型電動機について述べる。

ア. 定格

製鉄製鋼所における負荷は極めて多種多様であつて、この負荷によつて規定される電動機の定格決定はしばしば困難をきたすことがある。KM 型電動機においては 2 表に示すようにミル定格・クレーン定格・その他の 3 種に大別した。電動機の定格は、その温度上昇により制約される関係上、通風方式によつてミル定格の場合は定格を変じ、全閉にては 1 時間定格、強制通風の場合は同一出力において連続使用の定格となるよう設計されている。製鉄製鋼所においては大気中に甚だしい塵埃、とくに鉄粉等を含む関係上 1 時間定格以下の電動機に対しては全閉型、1 時間定格以上を必要とするものに対しては清浄された冷却風を風洞によつて導き、これによつて冷却する強制通風の方式が好んで使用される。また塵埃の心配のないものに対しては自己方式が採用されるがそ

1 表 KM 型電動機定格表

| 枠 番 KM | HP | ミ ル 定 格 | | | クレン定格 | | 自己通風, 1 時間 75° 上昇 | | | | 重 量 kg | GD ² KGM ² | |
|-----------|-----|-----------------------------------|-----|-----------|---------------------|-----|-------------------|-------|-------|-----|-----------|-------------------------------------|-----|
| | | 全閉, 1 時間, または強制通風連続温度上昇限度 75° の場合 | | | 全閉 30 分 75° 温度上昇 | | HP | 回 転 数 | | | | | |
| | | 全負荷回転数/分 | | | HP | 回転数 | | HP | 回 転 数 | | | | |
| | | 直 巻 | 分 巻 | 可 変 速 度 | | | | | 直 巻 | 分 巻 | | | 複 巻 |
| 2 | 7.5 | 800 | 900 | 900—1,800 | 10 | 650 | 9.25 | 700 | 885 | 800 | 250 | 0.54 | |
| 3 | 10 | 725 | 800 | 800—2,000 | 13.5 | 610 | 12.5 | 645 | 785 | 725 | 340 | 0.759 | |
| 4 | 15 | 650 | 725 | 725—1,800 | 19 | 560 | 19 | 560 | 710 | 650 | 430 | 1.475 | |
| 6 | 25 | 575 | 650 | 650—1,850 | 33 | 500 | 31.5 | 525 | 650 | 635 | 590 | 4.50 | |
| 8 | 35 | 525 | 575 | 570—1,725 | 45 | 460 | 44 | 475 | 575 | 540 | 725 | 7.76 | |
| 10 | 50 | 500 | 550 | 550—1,650 | 65 | 440 | 62.5 | 460 | 550 | 570 | 955 | 13.65 | |
| 12 | 75 | 475 | 515 | 515—1,300 | 100 | 420 | 94 | 435 | 515 | 485 | 1380 | 22.45 | |
| 14 | 100 | 465 | 485 | 485—1,200 | 135 | 410 | 125 | 425 | 485 | 460 | 2060 | 32.90 | |
| 16 | 150 | 450 | 460 | 460—1,150 | 200 | 400 | 187.5 | 410 | 460 | 440 | 2585 | 63.20 | |
| 18 | 200 | 410 | 420 | 420—1,050 | 265 | 385 | 250 | 380 | 420 | 400 | 3470 | 138.3 | |

注 1. 電圧, 標準は 220V とするが 440V 迄は任意に使用できる。

2. 回転方向は右回転左回転, 可逆, 何れにも使用できる。

3. 複巻の場合分巻コイルは全閉連続使用しても 75° を超えることはない複巻の負荷速度変動率は略 50% とする。(特性の項参照)

4. 通風方式は全閉, 開放自己通風, 強制通風何れにも使用できる。ただしこの場合の定格出力は上表のとおりである。

の場合は 2 表自己通風の定格による。

各枠番に対する出力と回転数は 1 表に示すとおりである。

1. 構造

電動機の構造如何は使用状態・用途・周囲の状況等によって決定される。前記のとおり製鉄製鋼関係の負荷状態は苛酷な負荷の断続, 起動停止の繰返しであつて使用場所によつては瞬時 200~300% 過負荷も珍しくない。この苛酷な負荷に対して電動機は充分に耐え, 長期にわたつて安全に運転されなくてはならない。また補助電動機である関係上, 充分な据付場所は望まれず纏まりの良いものとする必要がある。これらの目的から KM 型電動機は 3 図に示すように 8 角型とし, その内部構造は 4 図に示すように高占積率とし, 絶縁にはとくに意を払い各部共完全 B 種絶縁を施し温度上昇限度を上げ小型化が計られている。KM 型電動機の構造的特長を列举すると次の通りである。



3 図 KM 型電動機の外観

Fig. 3. Appearance of type KM motor.

a. 同一枠番の電動機に対しては充分な互換性が与えられ極めて容易に他の電動機と交換することができる。

b. 取付寸法は AISE 新標準型に準じ電動機の前, 後, 左右完全に対称な寸法とした。

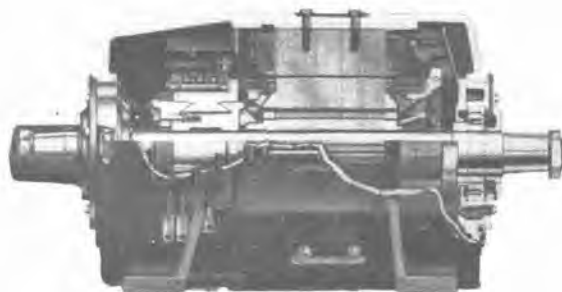
c. 電動機外殻は強度の高い特殊鋳鋼を使用し充分な剛性を有し伝達トルクの反力を支えらるとともに完全に内部を保護している。また軸水平面より 2 分割され, 端子側にヒンジを設けて結合し, 内部の点検に際しては 5 図に示すように上外殻を開いて, 容易に点検しうる構造とした。

d. 軸・整流子・各界磁コイル・軸受等比較的破損しやすい部品は充分な互換性を与えて, 破損の場合は各個の交換を容易ならしめた。

e. 常時の点検, 手入は上部の点検穴から容易になし得るよう設計されている。

f. 冷却方式は全閉・強制通風・自己通風, いずれにも使用できる構造とした。

以上のような特殊性を有し使用に対しては, きわめて便利, かつ安全である。



4 図 KM 型電動機内部構造

Fig. 4. Internal construction of type KM motor.



5 図 外殻の構造

Fig. 5. Construction of type KM motor frame.

ウ. 電気的および機械的諸特性

KM 型電動機の特性は各枠番に対し標準特性が規定されている。しかしこれは標準の場合であつて使用状態に応じて任意に変更することもできる。標準特性の顕著なものを述べると次の通りである。

a. 電気的特性

(1) 負荷特性

分巻電動機、可変速度電動機の負荷特性は ASA 規格に準ずる。

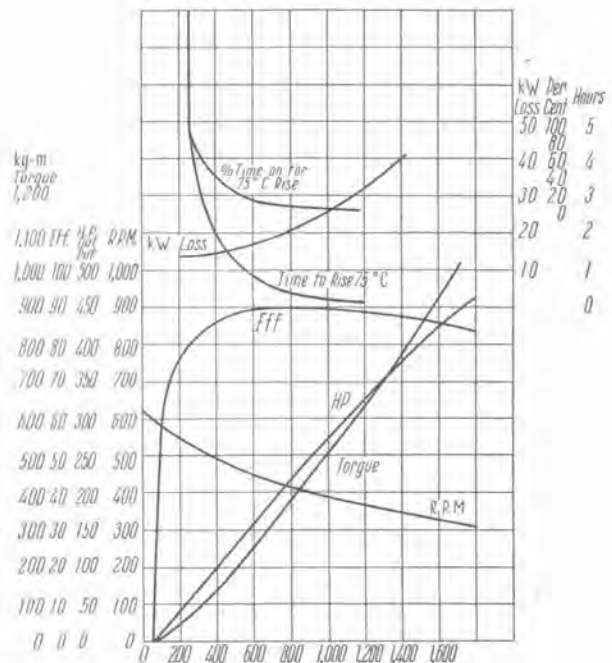
複巻電動機に対しては 6 図に示すように各枠番に対しそれぞれ標準負荷特性が規定されている。標準複巻の程度はほぼ 50% の速度変動率を示し起動回転力を大ならしめるよう設計されている。複巻電動機はしばしば断続定格の使用があり、分巻コイルは連続で使用される場合がある。このことを考慮し、複巻電動機における分巻コイルの温度上昇は全閉連続 75°C 以下となるよう設計されている。したがつて電動機停止中も電源へ接続した儘で過熱することはない。

(2) 整流

整流に関しては前記の使用状態から十分な注意が払れ過負荷耐量瞬時 250% まで良好な整流が得られるよう設計されている。

b. 機械的特性

回転機の運転における制御の難易は、回転部の慣性エネルギーの大小に支配されることが多い。回転部の慣性エネルギーが大きい場合は、それに比例する加速（減速）トルクを必要とし、大きな制御エネルギーを要する。KM 型電動機にあつては、この慣性エネルギーをできるだけ小とすべく、電機子径に比し電機子長を大とし、また整流子においても同一傾向とした。外形の大きなファンに対しては軽合金鋳物を使用し重量の軽減を計つた。各枠番の GD^2 は 1 表に示す通りで一般用直流電動機の GD^2 に比し 70~80% の値を示している。したがつて起動、停止の頻繁な負荷に対しては起動電流少く、起動時間は短縮され高効率に運転することができる。



6 図 KM 型電動機の特性の一例

Fig. 6. One example of characteristic of Type KM motor.

3. 電源発電機

上述のように補助電動機の運転は圧延作業の要求により頻繁な繰返し負荷が多くその電源はこの負荷に適合するように容量、過負荷耐量ならびに速度度を考慮しなければならない。直流電源は定電圧と可変電圧とに分かれるが、定電圧電源としては最近ではイグナイトロン整流器がよく用いられる。従来は同期電動機駆動の直流発電機を使用したが、分塊圧延の設備が大きくなるに伴い、定電圧制御の補助直流電動機の台数は数十台におよび、合計 3,000 HP 位に達するものがあり、電源としてはイグナイトロン整流器が有利である。

交流電源についてはここでは触れないことにして、次に可変電圧制御方式の電源であるが、これは圧延用主電動機と同じく加速、減速を迅速にし、その際の急激な電流の変化に対して発電機は充分良好な整流を維持し安定な特性を備えるものでなければならない。

可変電圧発電機の一般仕様は上記条件に対して次のようなものがよく用いられる。すなわち B 種絶縁、温度上昇限度 40°C あるいは 50°C、開放自己通風、過負荷電流 250%（電流制限設定値）、2 重定格電圧とする。

補助直流電動機を標準定格のものを用了場合、発電機もそれに伴い標準定格が定まつてくるわけで 2 表は当社の標準定格表である。なおこれは電源を単独にした場合で誘導電動機駆動であるが、一般には数台を組合せて同期電動機駆動とする。最近スクリュウダウンのみを新しく可変電圧制御方式に替えて既設の分塊ミル設備の生産能力を増大する計画が各方面にあり、通例として電動機 2 台に対して電源を考慮しているので、2 表にはこの

2 表 補助直流電動機と可変電圧発電機

| | | | | |
|-------|----------|--------------|--------------|--------------|
| 電動機 | 電動機定格 HP | 75 | 100 | 150 |
| | 電 圧 V | 220/440 | 220/440 | 220/440 |
| | 電 流 A | 280/140 | 370/185 | 550/280 |
| | 回転数 rpm | 515/1030 | 485/970 | 460/920 |
| | 枠 番 | KM12 | KM14 | KM16 |
| 単発電機 | 発電機定格 kW | 125 | 180 | 250 |
| | 電 圧 V | 440/880 | 440/880 | 440/880 |
| | 電 流 A | 284/142 | 410/205 | 568/284 |
| | 回転数* rpm | 1,200(1,000) | 1,200(1,000) | 900(1,000) |
| 二発電機 | 発電機定格 kW | 65 | 90 | 125 |
| | 電 圧 V | 220/440 | 220/440 | 220/440 |
| | 電 流 A | 296/148 | 410/205 | 568/284 |
| | 回転数* rpm | 1,200(1,000) | 1,200(1,000) | 1,200(1,000) |
| 誘導電動機 | 電動機定格 HP | 200 | 250 | 380 |
| | 標準電圧 V | 3,300 | 3,300 | 3,300 |
| | 極 数 | 6 | 6 | 6 または 8 |
| | 脱出回転力 | 300 % | 300 % | 300 % |

* 回転数は60(50)Hzに対する同期回転数を示す。

場合の単発電機式と非常運転のできる2発電機式とに対して定格を記した。米国での傾向は電動機 HP 数値と発電機 kW 数値を同じにして連続定格のものを使用している。

発電機の負荷特性は制御系統の調整により 10 図に示したように 250 % 電流に向つて垂下特性をもたせているが、発電機自身もわずかな差動直巻コイルをもっている。

さらに最近では急激な発電機電圧の上昇を容易にし、その場合の急変電流に対する整流状態を良好にするために、圧延用イルグナ主発電機と同じく継鉄を成層構造としているものもある。

発電機を駆動する誘導電動機または同期電動機の定格は発電機定格と負荷状況すなわち過負荷の程度やその負荷のかかる順番等を考慮して決定する。主要可変電圧発電機を全部1つの MG セットにするとした場合、全発電機に同時に負荷がかかることは実作業上考えられず、いわゆる負荷率を推定する必要がある、先掲の2図等から余裕を見て大体約 75 % にしている。

4. 制御方式

分塊圧延機補助電動機は前述のように極めて頻繁苛酷な動作が要求されるものであり、制御方式もこれに応じて、敏速にしてかつ信頼性のあるものでなければならず、これに使用される制御器具は頻繁苛酷な使用に耐え得るように構造が簡単頑丈で電氣的にも機械的にも耐久力があるものでなければならない。

一般に制御方式は直流方式と交流方式とに大別され、直流方式は定電圧制御方式と可変電圧制御方式とに分けられる。

ア. 定電圧制御方式

この制御方式は電動機を定電圧電源により運転し、電磁接触器により電動機主回路を切替えて逆転動作を行う

もので、起動時には電動機回路にかならず起動抵抗を挿入せねばならない。

一般に定電圧制御方式は次のように大別される。

a. 非可逆制御方式

一方方向のみに回転するもので、電磁ブレーキを使用する場合と使用しない場合。

b. 非可逆発電制動方式

停止時発電制動を使用し、一方方向のみに回転するもの

c. 可逆ブラッキング制動方式

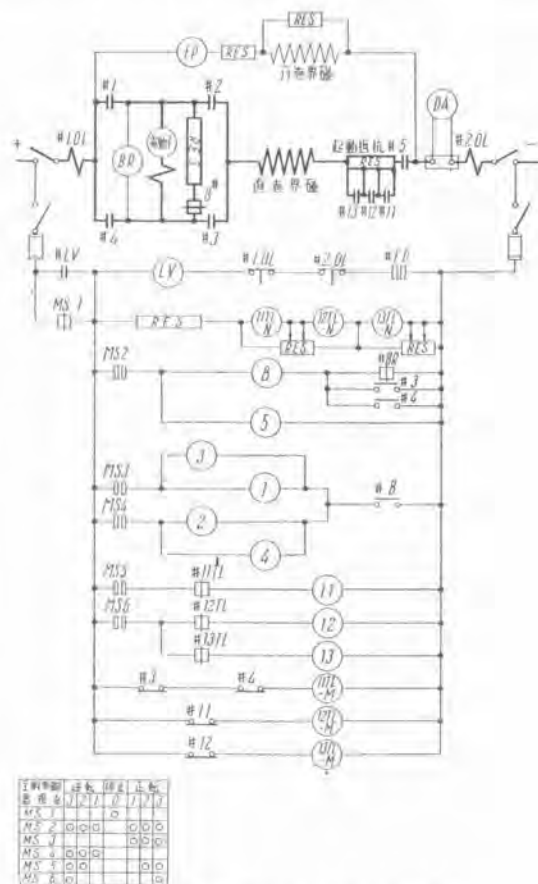
停止時逆転方向の入力を掛けて急停止をさせ、正逆両方向に回転するもの。

d. 可逆発電制動方式

停止時発電制動を掛けて急停止をさせ、正逆両方向に回転するもの。

ブラッキング制動とは電動機に流れる電流を逆にして逆トルクを出し早く停止させる方法であるがブラッキング制動時には電動機電流を制限するために起動抵抗の外にブラッキング抵抗を回路に挿入することが必要である。

発電制動方式では電動機が電源から切放されると制動抵抗が電動機に接続されて発電機となりその制動作用で停止するのであるが、このとき電動機に逆起電圧が発生



7 図 分塊ミル補助機械電動機定電圧制御方式接続図

Fig. 7. Connection diagram of Constant voltage control of auxiliary drive motors for blooming mill.



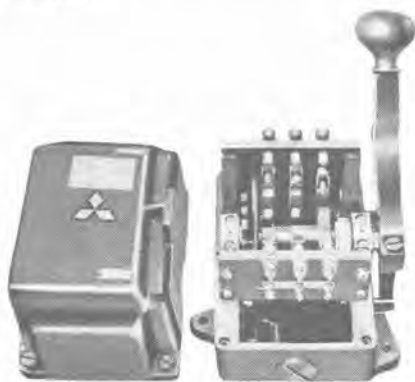
8 図 補助電動機定電圧制御盤の外観

Fig. 8. Appearance of constant voltage control panel for mill auxiliary drive.

していることが必要であり、したがって分巻界磁を備えていることが必要となる。

7 図は可逆発電制動方式を示すもので、図において $MS_1 \sim MS_3$ は主幹制御器接点で、正逆各 3 ノッチで最高速度に達するようになっている。11TL~13TL は加速のための限時継電器で起動抵抗短絡用電磁接触器 11~13 をある定時間で動作させるものである。正転から逆転に移るときは主幹制御器を逆ノッチに操作する。主接触器 1.3 が開き、 B が閉じ発電制動が掛り電動機の下り、逆起電圧がある値まで下ると電圧継電器 BR が落ち、接触器 B が開き発電制動が解かれ、接触器 2, 4 が閉じ電動機は逆転を始める。

アプローチテーブル・ランナウトテーブル等には普通可逆ブラッキング制動方式が採用され、押出機・積重機移相台等には可逆発電制動または非可逆発電制動方式が一般に使用される。8 図はこのような定電圧制御盤を示し 9 図は補助機械操作に使用される CM 型主幹制御器を示すものである。



9 図 補助機械操作用 CM型主幹制御器

Fig. 9. Type CM master controller for mill auxiliary drive.

イ. 可変電圧制御方式

最近の分塊圧延機補助機械の高能率化の要求に応じて、生れてきたのが、電動機に掛る電圧を急激に変化させ電動機を速度を急速に変化させるもので、ロートトロールを用いて電圧の変化を極めて速く行わせるようになっており、次のような利点がある。

- ロートトロールを使用せるために、この強制励磁作用により非常に速い加速・減速・逆転等の動作が容易にできる。
- 運転中、確実な制御ができ、またロートトロールにより電流制限特性を持たせているので運転中、過大な負荷により電動機が停止しても安全である。
- 補助機械に要求される低速運転が、確実に速くできる。
- 使用される電磁接触器の数が少くなり、かつ電磁接触器に流れる電流も小さくなるから、制御器具の保守が楽で維持費が低廉である。
- 製品 1 トン当りの所要電力は定電圧制御方式に比し、抵抗損失が少く、また減速時には再生制動により逆に電源に電気エネルギーを返還するため、少なくなる。

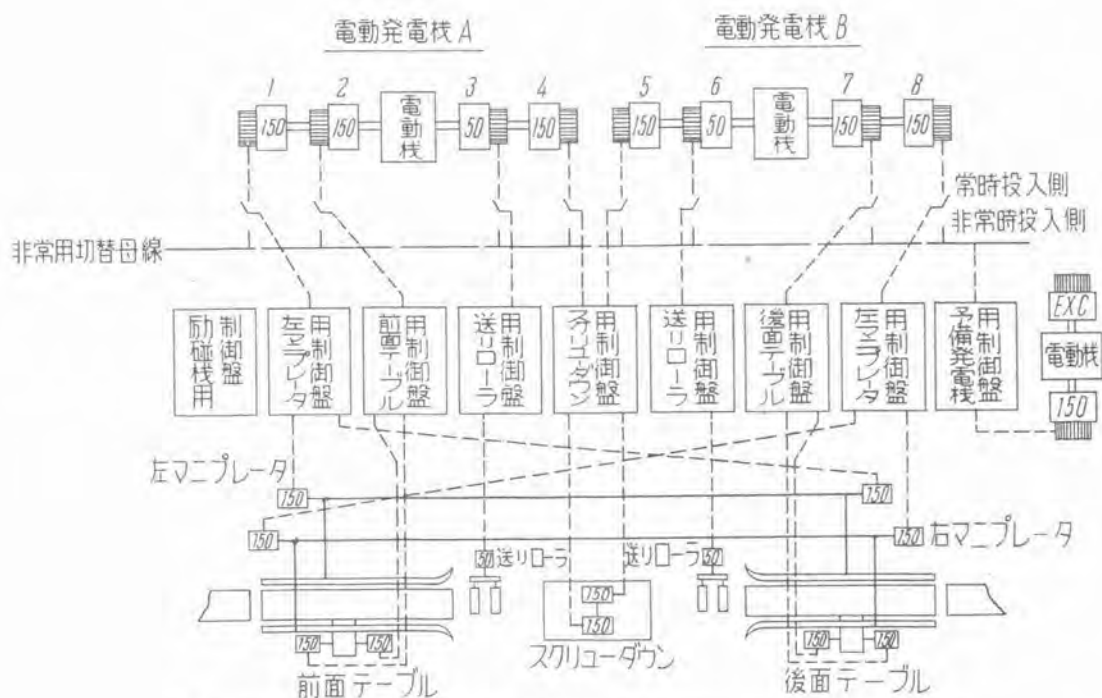
補助機械のうち、インゴットバギー、前面テーブル、後面テーブル、マニプレータ、スクリュウダウン等にこの可変電圧制御方式を使用すれば、全圧延時間はかなり短縮することができる。なかでも、スクリュウダウンは摩擦と慣性が大きいため速度は非常に遅く、この操作には今までかなりの長時間を要求されていたものである。最近のこの方式による補助電動機の標準制御時間は 3 表のようなものである。

3 表 最近の標準運転時間(秒)

| 摘 要 | 加 速 | 減 速 | 逆 転 | 電 動 機 |
|----------|-----|-----|-----|----------|
| ミルテーブル | 1.4 | 1.0 | 2.4 | 2×200 HP |
| マニプレータ | 1.1 | 0.7 | 1.8 | 2×200 HP |
| スクリュウダウン | 3.0 | 1.0 | 4.0 | 2×200 HP |
| 送りロール | 1.4 | 1.0 | 2.4 | 2×17 HP |

10 図はロートトロールによる強制励磁可変電圧制御回路の基礎的簡略図を示すものである。この図において電流制限界磁 CLF の有る場合は、ロートトロールは電圧界磁 VF と、基準界磁 PF とがバランスするいわゆる電圧調整器として動作している。ロートトロールに電流制限界磁 CLF が無い場合には、基準界磁 PF の正転用接触器 F あるいは、逆転用接触器 R が閉じると発電機の電圧は極めて急激に上昇し、このために電動機に流れる加速電流は安全限界点以上になり機器を損傷する原因となる。電流制限界磁 CLF はこのような状態を自動的に抑制する目的で設けられたものである。

10 図において、発電機主回路にある抵抗 R_1 の両端には負荷電流に比例した電圧降下を発生しており、この抵抗 R_1 の両端の電圧が電流制限界磁 CLF に加えられ



11 図 非常運転用予備発電機および切替母線を有する分塊ミル補助機械用配置接続図

Fig. 11. Layout of auxiliary machines for blooming mill with spare generator and change-over bus bar for emergency operation.

備発電機 および 予備励磁機以外に 予備発電機用 制御装置、予備ロートロール、非常用切替母線、切替用刃型開閉器等が付加されることになる。この場合予備発電機の容量は使用発電機中最も大きい発電機と同じにされる。そして予備ロートロールの同調抵抗を種々変えることにより種々の発電機の代りとして使用される。

このほかに非常運転方式として、直流方式で2台の発電機が使用されている場合、主回路を開閉器により切替えて1台の発電機で2電動機を非常運転するように計画されている場合もある。

エ. 交流方式

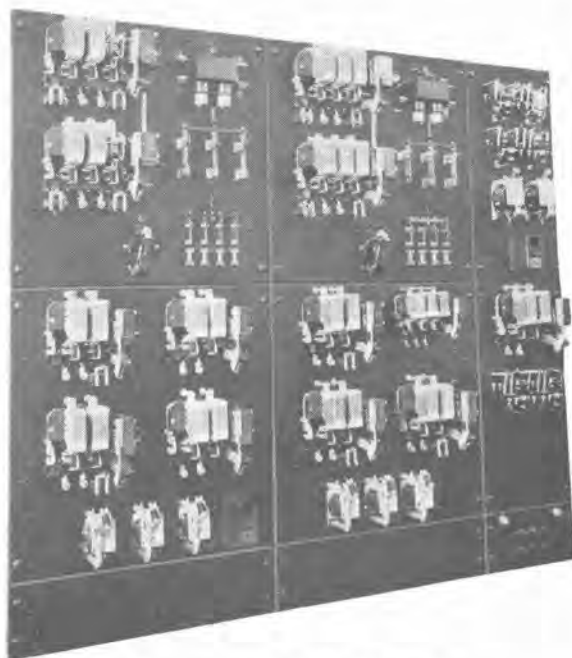
わが国では主として経済的の面から価格の安い交流方式が使用されることも多く、大は 100 kW から 5 kW に至る巻線型誘導電動機多数が使用される場合もある。

これら巻線型誘導電動機の制御方式も直流定電圧方式の場合と同じく非可逆・可逆・ブラッキング制動方式等に大別され、電磁ブレーキが適宜使用され急速な停止運転等を行わせるようになっている。

11 図はこの種の 交流電動機の制御盤を示すものである。各電動機は運転台に設けられた CM 型主幹制御器、またはユニバーサルハンドル付 CM 型主幹制御器、足踏式押釦開閉器等を操作することにより運転される。

ユニバーサルハンドル付 CM 型主幹制御器を使用すれば、1 個のハンドルの操作により、その操作角度を変えて互に相関連している 2 組の電動機を同時運転することもできるし、単独に運転することもできる。

13 図はユニバーサルハンドル付 CM 型主幹制御器を示すものである。



12 図 補助電動機交流制御盤の外観

Fig. 12. Appearance of AC control panel for mill auxiliary drives.

14 図は交流補助電動機 ブラッキング制動方式の展開接続図で、 $MS_1 \sim MS_n$ は主幹制御器接点を示し、正逆各 3 ノッチで最高速度に達するようになっている。

ブラッキング制動を掛ける場合には主幹制御器を逆ノッチに操作すればブラッキング継電器 PL が動作しブラッキング抵抗を電動機 2 次側に挿入する。

他方電動機 1 次側は逆の電磁接触器が閉じ電動機は逆



13 図 補助電動機操作用ユニバーサルハンドル付
CM 型主幹制御器

Fig. 13. Type CM master controller with universal handle for mill auxiliary drives.

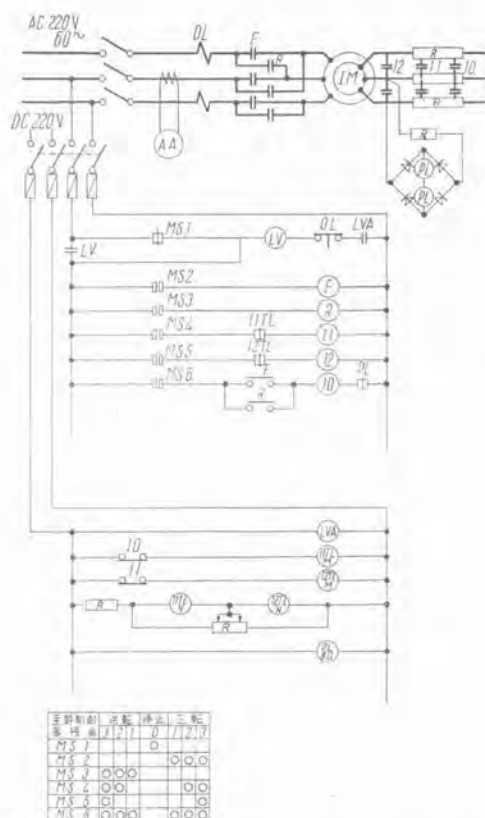
トルクを発生し急速停止する。

交流方式では前述の直流方式に比し、動作時間を小さくする点では起動トルク等の関係上劣ることは止むを得ないことである。

5. む す び

以上分塊圧延機用補助電動機と電源発電機および各種制御方式とその適用および優劣について述べたが、最も頻繁な運転を要求されるものには制御の容易で、かつより急速運転のできる直流可変電圧制御方式の採用が推奨され、これに使用される補助電動機も銅片処理上各種の定格のものが要求されるが、当社では KM 型電動機として標準化し、広範囲の用途に適合せしめ、可変電圧発電機もこれに対応して定められている。

直流方式は交流方式に比し容易に大きな起動回転力が



14 図 分塊ミル補助電動機交流制御方式簡略接続図

Fig. 14. Schematic diagram of A.C. control system of auxiliary machines for blooming mill.

得られ、加速および減速が速く逆転が容易にできる等の利点がある。

制御方式を定電圧方式にする可変電圧方式または交流方式にするかは電動機の容量使用機械の動作条件・生産能率・経済面等を考慮して適当に決定されねばならない。

参 考 文 献

- W. R. Harris: Westinghouse Engineer, Nov. 1952 p. 187
- W. E. Miller: Blast Furnace and Steel Plant, March, 1950 p. 331
- F. C. Fennell: Iron and Steel Engineer, March, 1952 p. 82

連続式熱間圧延機用電気設備

神戸製作所

竹内 真一^{*}・片岡 高示^{**}

Electrical Equipment for Continuous Hot Rolling Mill

Shinichi TAKEUCHI・Takahashi KATAOKA

Kobe Works

Electrical equipment for continuous hot rolling mill principally consists of electric apparatus for rough rolling and that for finishing rolling. Studies have been made on the recent trend with regard to the apparatus referred to and also on the characteristic demanded for the motor and controller. Brief description made herein covers the writers' experience in building the electrical equipment to meet the demands for the use with the hot rolling mill.

1. ま え が き

熱間連続圧延方式は約 30 年前米国において成功して以来非常な発達を遂げ今日に至った。わが国においても約 15 年前八幡製鉄¹⁾ 畑工場および富士製鉄²⁾ 畑工場に近代的の帯鋼用連続式熱間圧延設備が設置せられ、高効率の圧延設備として注目せられ今日もお運転を続けている。

近時わが国の鉄工業の生産合理化に伴い、次々に最新式の熱間圧延設備が計画せられ、当社は日重製鋼³⁾ 工場および住友金属⁴⁾ 和歌山製造所に新設された連続式熱間圧延設備の全電機品を受注、製作を完了しすでに好成績に運転を開始している。今回の上記機械設備は米国および独乙から輸入せられたが電気設備は全部国産品が採用された。

この機会に最新の連続式熱間圧延機用電気設備として重要な電気的特性ならびに制御装置について述べる。

2. 圧延設備の概要

連続式熱間圧延設備はいわゆる流れ作業によつて圧延が完了されるもので流れの順序に従い (1) 加熱炉 (2) スケール除去機 (3) 粗圧延機 (4) 仕上温度調節用テーブル (5) 第 2 スケール除去機 (6) 仕上圧延機 (7) 輸送テーブル (8) 巻取機からなっている。これらの機械配列の一例を 1 図に示す。

連続式熱間圧延機の主体をなす粗圧延機と仕上圧延機の駆動方式は初期においては、各圧延機は機械的に歯車にて連結せられ 1 台の電動機で運転されていたがこの方式には自ら限度があり、圧延速度の上昇ならびに電動機容量の増加に伴い必然的に圧延機ごとに電動機で駆動する方式と変つてきた。

ア. 粗圧延機用電動機

分塊圧延機によつて圧延された鋼片は加熱炉に連続的

に押込まれ、加熱後押出機によつて送り出され、テーブルにより第 1 スケール除去機へ送られ、ここで 1,000 ポンドの圧力の水圧スプレによつて表面にできたスケールを十分に除去せられ次で粗圧延機に送られて圧延される。

1 図の機械配列では第 2 粗圧延機以後の 3 基は入口に堅ロール圧延機をもっている。これらの圧延機の間隔は適当な距離を有し同時に 2 基以上に材料がまたがることはない。したがつて一般に粗圧延機は交流電動機によつて駆動される場合が多い。交流電動機として巻線型誘導電動機あるいは同期電動機が使用せられるが、もし電源容量が圧延時の尖頭負荷に対し充分であるならば力率ならびに効率の点において勝る同期電動機が適当であり、この場合同期電動機の脱出回転力は 250% ないし 300% を必要とする。

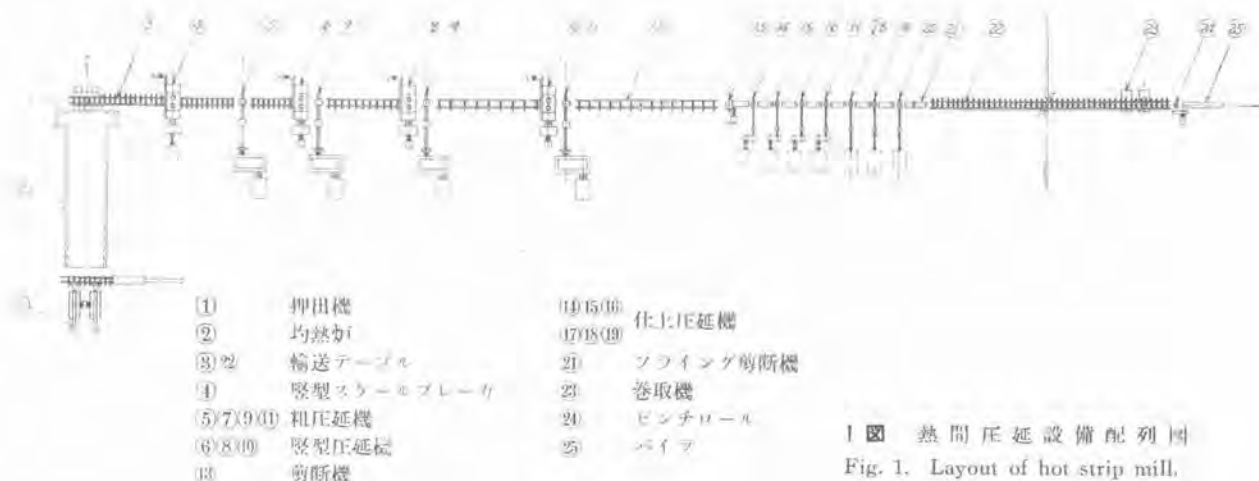
堅ロール圧延機は圧延機の入口に配置されているので材料は両圧延機に同時にまたがり圧延されるから両機の圧延速度は一致させる必要がある。したがつて主圧延機は定速度の交流電動機が使用せられる関係上堅ロール圧延機は直流電動機が一般に使用せられ、複巻特性を有している。

粗圧延機として材料が同時に各圧延機にまたがつて圧延される如き機械配置の場合には圧延機の関係速度の調整が必要となるので、直流電動機が使用せられ電動発電機あるいは水銀整流器による変流機によつて運転される。また数台の粗圧延機の代りに 1 台の可逆圧延機によつて往復回数圧延して仕上圧延機に送られる場合もある。この場合にはイルグナ制御方式による可逆圧延電動機が使用される。

イ. 仕上圧延機用電動機

粗圧延機によつて圧延された材料は調整テーブルによつて第 2 スケール除去機に送られ、続いて配置された 4

* 技術部管制器設計課長 ** 技術部直流機設計課長



1 図 熱間圧延設備配列図
Fig. 1. Layout of hot strip mill.

重ロール圧延機6基からなる仕上圧延機によつて圧延される。この仕上圧延機は各基間の距離が小さく、材料は相当の長さに粗圧延機によつて圧延されているので材料は同時に6基の圧延機を通過することになる。したがつて各圧延機は速度調整のできる直流電動機によつて駆動せられ、電動発電機あるいは水銀整流器による変流機によつて電力が供給せられる。

連続式熱間圧延機用電気設備として仕上り製品の品質の点よりこの仕上圧延機用電動機は速度特性ならびにその制御方式が重要な点として最近とくに注目されてきた。

熱間圧延においては冷間圧延の如く各圧延機間に強力な張力を持たせて圧延することはできない。したがつて各圧延機間の関係速度の問題が重要な点であつて、駆動電動機の負荷特性ならびに速度制御の点について仕上製品の種類に応じて最も適切な設計が必要である。

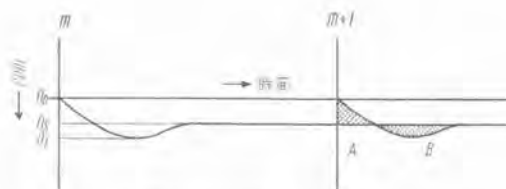
連続式冷間圧延機においては加速および減速時の速度特性が重要でかつ一番厄介な点であるが、熱間圧延機においては予め圧延計画に基いた圧延速度にて運転せられている圧延機に材料が入り圧延される。この場合に圧延電動機には瞬時に負荷が掛り瞬時速度降下が生じ時間と共に電動機は固有の速度変動率まで回復する。したがつて(1)電動機の瞬時速度降下率(2)回復時間(3)固有の速度変動率の3点が重要な問題となる。これらの詳細は次項に述べる。

電動機特性と同時に直流電源の負荷の変動に対する変動率も最小に保持することが望ましく、これに対して電動発電機あるいは水銀整流器に対して自動電圧装置を付加する必要がある。

仕上圧延機に対する上記の問題も帯鋼の場合には、各圧延機間にループ調整装置があり機械的に各圧延機間の速度変動に対して帯鋼の逃げ道が作られているが、棒鋼の圧延に対してはループ調整装置がなく、したがつて電動機特性ならびに制御装置協力して各圧延電動機は速度変動率を最小に抑えねばならない。

3. 連続式熱間圧延機用電動機の負荷特性

連続式熱間圧延機では、各ロールを予め定められた速



2 図 圧延電動機は速度特性
Fig. 2. Speed character of rolling mill motor.

度で回転せしめておいて後に被圧延材料を入れるのであるから、電動機にかかる負荷状態は突入負荷と考えられる。すなわち被圧延材料がロールに入つた瞬間に電動機はロールおよび電動機の総合した慣性に従つて瞬時速度降下 (Impact speed Drop) を生じその後固有の速度変動率に応じた回転数に整定する。(2 図参照)

或るスタンド # m を通つて圧延された材料が次のスタンド # $m+1$ に入るとき # m スタンドの速度が元の速度 n_0 に回復していないと、# $m+1$ の速度は n_0 であり # n から出てくる帯鋼の速度は n_0 であるからそこで材料に引張り (Stretch) が生じ、材料温度が高いために製品の質を悪くする。この場合の引張りの量は 2 図の面積 A で表わされる。次に材料が # $m+1$ スタンドに突入したために # $m+1$ スタンドの速度は瞬時低下を生ずる、この瞬時低下 (n_1) が固有変動率 n_0 より大きいときは帯鋼に弛み (Loop) を生ずる。この弛みの量は 4 図の面積 B で表わされる。弛みは或る程度弛み調整器 (Looper) によつて調節することはできるが、これにも限度がある。すなわち製品の質の向上の点より引張りを少くし、また作業上より弛みの量 (B) を弛み調整器の調整量以下にすることが、電動機および制御器に対して求められる要求である。

4. 圧延電動機の過渡速度特性

最近製品品質の向上および作業能率の向上の目的より引張りおよび弛みを小さくする要求がますますきびしくなつてきた。

このような要求に応ずるため種々新しい速度調整方式が採用されているが、電動機の固有の速度特性も調整力

式に従って検討されなければならないから、まず電動機の固有の過渡速度特性を解析することにする。

電動機の静的速度変動は直巻コイルの調整のみによって任意に調整できるが、動的特性は電動機の本質に関連する割合が大きいから、その設計内容によって定まってくる。

いま無負荷にて回転している電動機に突入負荷のかかった場合の運動方程式は

$$T_m = J \frac{dn}{dt} + T_s + T_0 \quad (1)$$

ここに T_m 電動機の発生回転力

T_l 負荷回転力 (圧延に要する回転力)

T_0 無負荷回転力

J 慣性能率 $= \frac{GD^2}{375}$

n 回転数 (rpm)

また電動機の電氣的過渡現象は

$$E = E_m + Ri + L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

ここに E 電動機端子電圧

E_m 電動機逆起電力

R 回路抵抗

L 回路のインダクタンス

i 電動機電流

また直流電動機において励磁一定の場合逆起電力および回転力は

$$\begin{cases} E_m = K_v n \\ T_m = K_r i \end{cases} \quad (3)$$

K_v 誘起電圧常数 (v/rpm)

K_r 回転力常数 (kg m/A)

(1)(2)(3) 式より運動方程式は

$$\frac{d^2 n}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dn}{dt} + \frac{K_r K_v}{LJ} n = \left\{ E - \frac{R(T_l + T_0)}{K_r} \right\} \frac{1}{LJ}$$

あるいは

$$\frac{d^2 n}{dt^2} + \alpha \frac{dn}{dt} + \beta n = C \quad (4)$$

ここに

$$\begin{cases} \alpha = R/L \\ \beta = \frac{K_r K_v}{LJ} \\ C = \left\{ E - \frac{R(T_l + T_0)}{K_r} \right\} \frac{1}{LJ} \end{cases} \quad (5)$$

式 (4) の特殊解は

$$\begin{aligned} n_s &= C/\beta \\ &= \left\{ E - \frac{R(T_l + T_0)}{K_r} \right\} \frac{1}{K_v} \\ &= (E - Ri) \frac{1}{K_v} \end{aligned} \quad (6)$$

ここに i を定格電流であるから n_s は定格負荷のときの回転数、すなわち定格回転数である。

次に

式 (4) は判別式 $(\alpha^2 - 4\beta)$ の正負によつて非振動か振動かに分れる。

(1) $\alpha^2 - 4\beta > 0$ 非振動形の場合

連続式熱間圧延機用電気設備・竹内・片岡

式 (4) の解は

$$n = n_s + C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \quad (7)$$

ここに

C_1, C_2 積分常数

$$\begin{cases} p_1 = \frac{1}{2} (-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}) \\ p_2 = \frac{1}{2} (-\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}) \end{cases} \quad (8)$$

積分常数の決定は $t=0$ において

$$\left(\frac{dn}{dt} \right)_{t=0} = T_l/J \quad (9)$$

$n = n_0$

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = n_0 - n_s \\ C_1 p_1 + C_2 p_2 = -T_l/J \end{cases} \quad (10)$$

より求められる。

(2) $\alpha^2 - 4\beta < 0$ 振動形の場合

式 (4) の解は

$$n = n_s + F e^{\xi t} \sin(\eta t + \theta) \quad (11)$$

ここに

F, θ は積分常数

$$\begin{cases} \xi = -\frac{1}{2}\alpha \\ \eta = \frac{1}{2}\sqrt{4\beta - \alpha^2} \end{cases} \quad (12)$$

また積分常数は

$$F = \frac{n_0 - n_s}{\sin \theta}, \quad \tan \theta = \frac{\eta(n_0 - n_s)}{-\xi(n_0 - n_s) - \frac{T_l}{J}} \quad (13)$$

次に実例について計算例を示す。

電動機定格 1,500 HP 150/375 rpm 600 V

電動機常数

$GD^2 = 8984 \text{ kgm}^2, J = 24$

$R = 0.016 \Omega, L = 7.15 \times 10^{-4} \text{ Hen}$

$K_r = 3.89$

$n_s = 150 \text{ rpm},$

$n_0 = 154.5 \text{ rpm}$ (速度変動率 3%)

$T_l = 7160 \text{ kgm}$ ($T_0 \ll T_l$ であるから $T_l + T_0 \cong T_l$ とする)

判別式

$$\alpha^2 - 4\beta < 0$$

故に振動型となる。

$$\text{また } \left(\frac{dn}{dt} \right)_{t=0} = T_l/J = 298 \text{ rpm}$$

運動方程式は

$$n = 150 + 10.2 e^{-11.2t} \sin(27t + 2.686) \quad (14)$$

この式を図にすると 3 図のようになる。

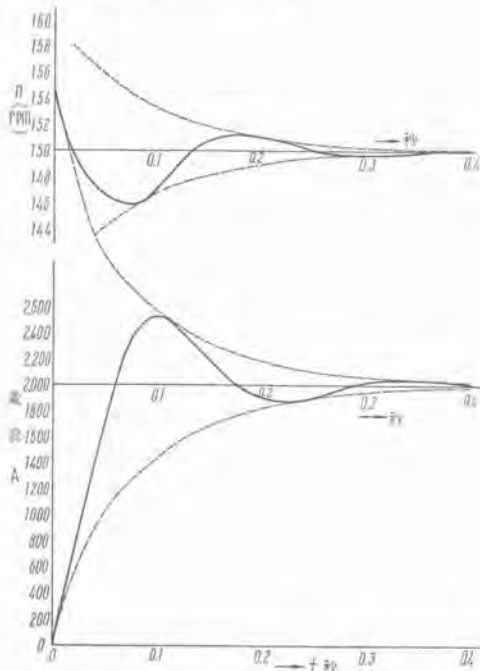
振動の周期は 0.116 秒、瞬速低下は 8.36 rpm (5.74%) で約 0.08 秒にて生じている。速度の整定は約 0.4 秒である。

またこのときの電流変化は、

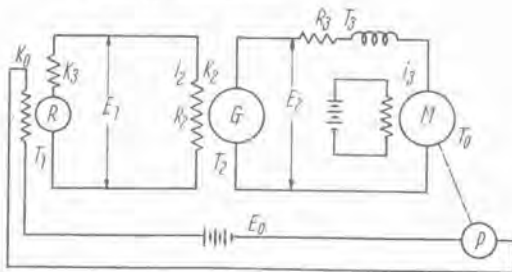
$$i = 2000 + 64.5 e^{-11.2t} \{ 27 \cos(27t + 2.686) - 11.2 \sin(27t + 2.686) \} \quad (15)$$

にて表わされる。4 図はこの電流変化を図示したものである。電流の最大値は 2,544 A (定格の 127.2%) で 0.104 秒において発生している。

図 3. 1,500 HP 直流電動機の動的電流変化
Fig. 3. Dynamic speed drop curve of 1,500 HP DC-motor.



4 図 1,500 HP 直流電動機の動的電流変化
Fig. 4. Dynamic motor current curve of 1,500 HP D-C motor.



5 図 ロータリットルを使用した速度制御装置の接続図
Fig. 5. Connection diagram of speed regulator with rototrol.

5. 速度調整方式と電動機の特

性
圧延電動機は速度調整方式を大別すると、

- (1) 電動機界磁調整によるもの
- (2) 電動機主回路に入れた昇圧機の電圧調整によるもの
- (3) 各個電源方式で発電機あるいは整流器の電圧調整によるもの

上記のうち (2), (3) は調整の原理よりは同一であるので今 (3) の場合を例にとつて回路の過渡現象を解析してみる。5 図はその接続図である。

まず電動機の過渡運動方程式は

$$J P n = K_T i_3 \quad (16)$$

電動機の電流は

$$R_3 i_3 = \frac{E_2 - K_V n}{1 + T_3 P} \quad (17)$$

E_1, E_2 は

$$E_1 = \frac{K_0(E_0 - K n) + K_3 i_2 R_2}{1 + T_1 P} \quad (18)$$

$$E_2 = \frac{K_2 E_1}{1 + T_2 P} \quad (19)$$

$$i_2 R_2 = \frac{E_1}{(1 + T_2 P)} \quad (20)$$

ここで

| | |
|-----------------|---------------------------------|
| E_0 | 基準電圧 |
| E_1, E_2 | ロートロール及発電機の電圧 |
| R_2, R_3 | ロートロール及発電機回路抵抗 |
| i_2, i_3 | 回路電流 |
| K | パイロット発電機の電圧係数 (v/rpm) |
| K_0, K_2 | ロートロール及発電機の電圧係数 (電機子ボルト/界磁ボルト) |
| K_3 | ロートロール自励界磁の電圧係数 |
| T_1, T_2, T_3 | ロートロールの界磁、発電機界磁、及電動機主回路の時定数 (秒) |

(16)(17) より i_3 を消去すると

$$E_2 = \frac{K_V}{K_T} [T_0 P (1 + T_3 P) + 1] n \quad (21)$$

また (18)(19)(20) より i_2 および E_1 を消去すると、

$$E_2 = \frac{K_2 K_0 (E_0 - K n)}{(1 + T_1 P)(1 + T_2 P) - K_3} \quad (22)$$

(21)(22) より E_2 を消去して、

$$\{T_0 T_1 T_2 T_3 P^4 + (T_0 T_1 T_2 + T_0 T_1 T_3 + T_0 T_2 T_3) P^3 + [(1 - K_3) T_0 T_3 + T_0 T_1 + T_0 T_2 + T_1 T_2] P^2 + [(1 - K_3) T_0 + T_1 + T_2] P + 1 - K_2 + K_0 K_2 K_T\} n = \frac{K_T}{K_V} K_0 K_2 E_0 \quad (23)$$

ただし

$$T_0 = \frac{J R_3}{K_V K_T}$$

で回路のインダクタンスを無視した場合の電動機の時定数である。すなわち発電機電圧の上昇に対する電動機速度上昇の遅れを表わす係数である。

また $K = K_V$ とした。

さて第2節で解析したことより判るように電動機の瞬時速度降下は電動機の電圧降下 (IR 降下) と GD^2 によつて決定されるから、電圧降下を小さくし GD^2 を大きく設計すれば瞬時速度降下も小さくなる。そのため電動機本体の GD^2 で足りない場合は別に電動機軸に蓄勢輪を附加する場合もある。しかし静的速度変動率 (Static Speed Regulation) を 2% 以下にすることは、一電動機に直巻コイルをつけてそれを調整したとしても一困難であるから、かような要求のある場合には自動速度調整装置が必要になる。

次に動的速度変動 (Dynamic Speed Change) あるいは瞬時速度降下 (Impact Speed Drop) は電動機自体の特性に大きく影響されるから調整器の速応度と関連して電動機特性、とくに蓄勢輪効果を選定しなければならない。たとえば 6 図曲線 (1) の如き固有の特性をもつた電動機は速度調整を行う場合に、調整器の動作の遅れが t_1 以上あるような調整器を使用したのでは瞬時速度降下を n_1 以下にすることはできない。

瞬時速度降下を n_2 におさへたいときは動作遅れが t_2

-

Fig. 6. Inherent dynamic speed curve of motor and regulated speed curve.

$t=0$ における $\frac{dn}{dt}$ は第2節にて解析したように T_1/J であつて、瞬時速度降下までの速度変化は T_1/J に影響される処が大きいから、瞬時速度降下までの時間をのばすために J すなわち蓄勢輪効果を大きくすることは非常に有効な方法である。第2節の例では t_1 が 0.08 秒であるからこの場合は磁気回路をもつた調整装置では瞬時速度降下を小さくすることはできない。一磁気回路をもつた調整装置では動作時間の遅れは最小約 0.3 秒である。したがつてこの場合瞬時速度降下を少くするには、蓄勢輪を附加するかあるいは水銀整流器を電源とし電子装置による速度制御を行わなければならない。なおこのような電子装置を使用するときは動作時間の遅れは 1 ないし 2 \sim 程度にすることが可能である。

なお式(23)において電動機固有の時定数 T_0 は 1/100 秒のオーダーで、 T_1 は 1/10 秒、 T_2 は秒のオーダーであるから蓄勢輪を附加することによつて T_0 を数倍に大きくしても系全体の動作時間はそれ程遅くならない、が上述のように瞬時速度降下はほとんど逆比例にて減少する。

三相延機用電動機として三相巻線型誘導電動機あるいは同期電動機が使用せられるが、その制御装置は起動、停止用にして簡単であり特記する点はないが、従来の閉鎖型配電盤あるいは油入遮断器をコンバートメントに設置する型に代つて、最近ではメタルクラッド型配電盤が使用される傾向にある。この型は母線室、計器用変流器および高圧器室、遮断器室の各部に分れ、各高圧導電部を絶縁物で完全に包み、油入あるいは気中遮断器を引出型として点検を容易にしかつ誤操作のないように鎖錠連動装置を完全にした鋼板製閉鎖型配電盤である。

連続式熱間圧延機用電気設備・竹内・片岡

直流発電機あるいは水銀整流器によつて各圧延電動機に共通母線を通して直流電源が供給されるが、大型圧延機として発電機容量が 6,000 kW 程度（発電機 3 台）以上になると各電動機の電機子回路には通常正負側に気中遮断器が接続されかつ電動機および発電機の基礎に沿つた地階におのおのの遮断器盤が配列され、地階の天井より支えられた母線に接線される型式のものが好都合である。

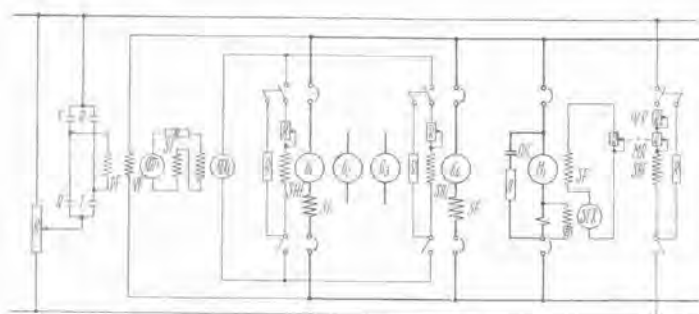
非常停止に対する発電制動用として各電動機に制動回路用電磁接触器と制動抵抗器とが接続される。

大容量の連続式熱間圧延用接続要領を7図に示す。4台の直流発電機は共通母線に並列に接続され、各発電機の界磁は発電機励磁機(GEX)を通じてロートリール励磁機(ROT)によつて制御される。ロートリール励磁機には基準界磁(PF)、電圧界磁(VF)、および直巻界磁(SF)を有し基準界磁を正逆切換接触器を通してポテンショメータ式電動界磁調整器に接続される。発電機電圧はこの電動界磁調整器により任意の電圧に調整される。また電動機に負荷が掛つた場合の発電機電圧の変動を最小に保つ作用は発電機端子電圧から励磁されている電圧界磁が発電機電圧の変動に応じて変化し、基準界磁と比較され直巻界磁で増幅されて常に発電機電圧を一定になるように調整される。

7 図に示す如く同一容量の直流発電機 4 台は母線に並列に接続され、とくに負荷平衡に対する制御装置を設けず、並列運転を行う場合も多い。これは発電機の台数が多く負荷平衡装置を設けることは不可能ではないが配線が複雑になる。したがってこの場合にはとくに各発電機の負荷特性を同一垂下特性となるように調整せねばならぬが、このために各発電機には若干の差動直巻コイルを設ける。発電機の間巻界磁には特性調整用として精密調整抵抗器を有している。

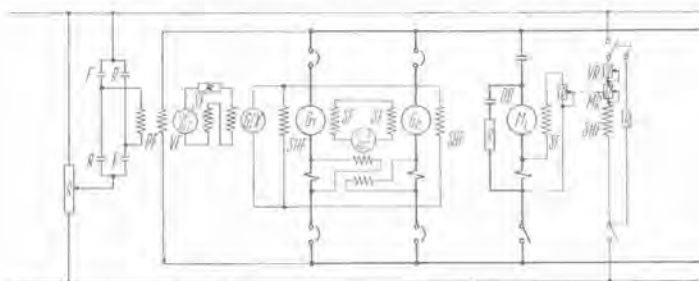
発電機2台並列の場合には各発電機に差動直巻および和動直巻線輪を設けこれを互に交叉接続して負荷平衡を行わしめるか、あるいは負荷平衡用ロートル励磁機を設けた8図の如き接続を使用し不平衡を1%以内に保つことができる。

正延電動機は前項にて詳述せる如く広範囲の速度制御(2ないし2.5倍)を有しているにもかかわらず、各速度における速度特性を一樣にしかつ全負荷速度変動率を小さく保たねばならぬ。この要求を満たすために速度制御



7 図 主 回 路 接 続 図

Fig. 7. Control diagram for hot strip mill



8 図 主 回 路 接 続 図

Fig. 8. Control diagram for hot strip mill

用分巻界磁を調整すると共に直巻界磁をも同時に調整を行う必要がある。8 図に示すものは電動機の補極および補償線輪の電圧降下により励磁機 (SEX) の界磁を励磁し、この励磁機により電動機の直巻界磁を励磁し直巻特性を与え、直巻界磁と直列に調整抵抗を設けこれを分巻界磁抵抗と連動せしめる。

また電動機容量により 3 図の如く励磁機を設けず直接補極および補償線輪の電圧降下より直巻界磁を励磁する場合もある。いずれの方法によるも帯鋼圧延に対しては電動機固有の速度変動率は 3% 以内になるように電動機は設計されねばならない。電動機の速度変動率をさらに小にするためには内部電圧降下を小にせねばならぬ故さらに大型の機械となる。経済的見地より電動機固有の速度変動率は 2% 位が限度でありそれ以上小さくするためには自動速度調整器が必要となるが、一般に帯鋼圧延に対しては自動速度調整装置を設けねばならぬ場合は稀で、帯鋼圧延設備の最も多い米国においても自動調整装置のあるものはほとんどない。

材料が圧延機に噛み込む時の瞬時速度変動に対してはルーダ調整装置の他に手動精密速度調整器を設けて調整しなお各圧延機の精密な関係速度調整にも使用される。

ウ. 電動機の自動速度調整装置

棒鋼あるいは線材圧延機用の電動機の特性はその製品の品質上電動機速度変動率は極めて小さくかつ瞬時速度変動に対する回復時間をも材料が圧延機間を通過する時間内に回復させねばならぬ。

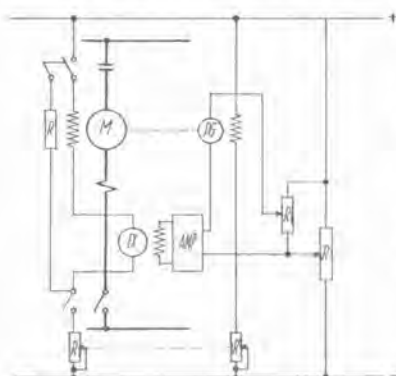
この場合には速度の早い自動速度調整装置を設けて調整せねばならぬ。電動機の自動速度調整方式として電動機界磁制御と電圧制御との 2 つの方法があり、その接

- G 直流発電機
- M 圧延電動機
- SEX 直列励磁機
- GEX 発電機励磁機
- V. ROT 電圧調整用ロータール励磁機
- LB ROT 負荷平衡用ロータール励磁機
- VR 精密速度調整器
- MR 荒速度調整器

続を 9 図 AB に示してある。

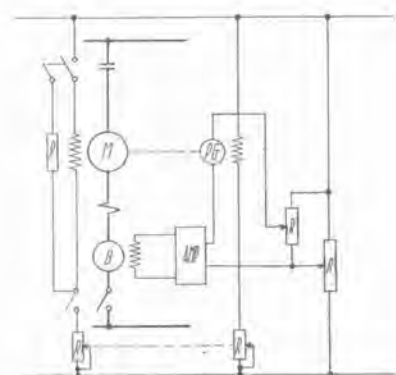
9 図 A は電動機分巻界磁に励磁機を設け、この励磁機の電圧を制御して電動機速度を常に一定に保たしめる。電動機の軸に直結されたパイロット発電機により電動機速度の変化を検出しこれを増幅装置を通して増幅し励磁機界磁を励磁する。増幅装置としては許容速度変動率により回転式増幅機、磁気増幅器および電子管増幅器が選定されるが、電子管増幅器を使用すれば 0.1% の精度を出すことも容易であるが、圧延特有の瞬時速度降下に対する最小の回復時間の要求が随伴し、かつ広範囲の速度制御に対する回転体の蓄勢輪効果が各速度において異なる等色々の条件が加味されるので制御装置として精度速度および安定性の 3 つに対して十分な設計と調整がなされねばならない。

4 図 B は電動機電機子回路に直列に昇圧機を入れ昇圧機の電圧を制御して電動機速度を一定に保つ方式である。他は A と同一であるが A と B とを比較すれば A は時定数の大なる分巻界磁を制御するに反し B は時定数の小なる電機子回路の制御であるから速応度において B 方式が優れ速度変動に対する回復時間が早い。し



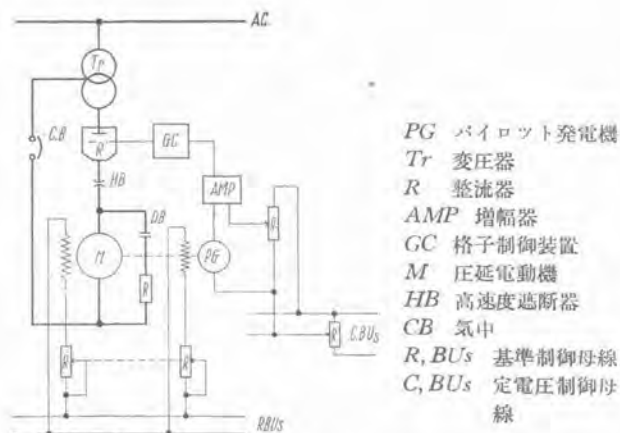
9 図 A 界磁調整による自動速度調整装置

Fig. 9. A Automatic speed control by field excitation.



9 図 B 電圧調整による自動速度調整装置

Fig. 9. B Automatic speed control by armature voltage.



10 図 水銀整流器による電動機自動速度制御装置

Fig. 10. Automatic speed control by mercury rectifier.

かし電機子電流が流れる昇圧機を必要とするのでA方式の分巻界磁電流を制御する励磁機に比し遥に高価となる。

エ. 水銀整流器による電動機制御

圧延機用電動機の直流電源として電動発電機使用の場合について述べたが、大容量電源になるにしたがい能率と価格の点において整流器が優れている。電動発電機と水銀整流器の優劣の比較は文献にも多く出ておりここでは省略する。

制御装置としては圧延電動機制御において電動発電機の場合には発電機に電力を返還して再生制動を容易に行うことができるが水銀整流器としてこれを行うにはインバータとしてさらに整流器を使用するかあるいは1台の整流器を切替えてインバータとせねばならぬかで一方は高価となり、他方は大電流になる程困難となる。したがって水銀整流器の場合は制動抵抗を通して発電制動方式のみが普通行われる電気制動方式である。

また広範囲の電圧制御を行う場合整流器での格子制御では力率が悪くなるので変圧器のタップ切替を併用せねばならぬ点もまた電動発電機に比し面倒となる。しかし調整装置に対する速応度の点においては遙かにすぐれており前述の通り熱間連続圧延用として自動制御を必要とする場合に、各電動機に専属に整流器を設け電子管調整装置と共に格子制御により直流電圧制御を行えば最も速度変動率の良いかつ速応性ある制御を行うことができる。10 図はその一例を示してある。

また帯鋼圧延用の如く使用電圧はほぼ一定で大容量の直流電源となる場合は能率、価格の点より今後は水銀整流器が多く使用されるであろう。

自動速度調整において一つの重要な点は電動機軸に直結せるパイロット発電機の性能であつて、速度検出の基となるパイロット発電機が思わぬリップルが出てこれが自動速度調整をして困難を生ぜしめることはたびたび経験したことであるが、ことに負荷変動の甚だしい圧延用電動機制御において考えておかねばならぬ点で、パイロット発電機の設計上も充分考慮せねばならない。

7. 29 インチ連続式熱間圧延設備

連続式熱間圧延機用電気設備・竹内・片岡

最近日亜製鋼具工場に設備された連続式熱間圧延設備に対して当社は電機品一切を納入する栄をえた。

以下その電気設備を概説する。

圧延機は米国ルイス社および三菱造船広島造船所製で荒圧延機は 28'×29' の2段ロール4基、仕上圧延機は 15'×28'×29' の4段で6基、その他荒圧延には 22' 縦ロール4基、仕上圧延にスケール除去機1基あり圧延速度は最高 2200 呎/分である。各電動機の定格時は次のとおり、

(1) 荒圧延機 (11 図)

4 台 同期電動機 1,250 HP 3,300 V 60 〴 514 rpm

(2) 縦ロール機

2 台 直流電動機 250 HP 600 V 350/700 rpm

2 台 〴 150 HP 600 V 400/1200 rpm

(3) 仕上スケール除去機

1 台 直流電動機 250 HP 600 V 350/875 rpm

(4) 仕上圧延機 (12 図)

3 台 直流電動機 1,500 HP 600 V 400/1000 rpm

1 台 〴 1,500 HP 600 V 150/375 rpm

1 台 〴 1,500 HP 600 V 200/500 rpm

1 台 〴 1,500 HP 600 V 225/563 rpm

仕上圧延用直流電動機の電源は、

2 台 直流発電機 3,500 kW 600 V

1 台 同期電動機 10,000 HP 6,600 V 60 〴 360 rpm

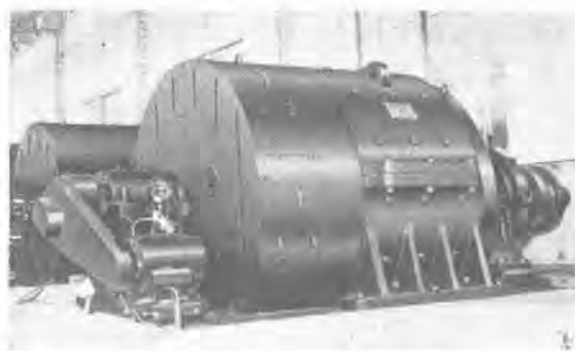
よりなる電動発電機である。

次にテーブル関係でレオナード制御を行つてゐるものは、



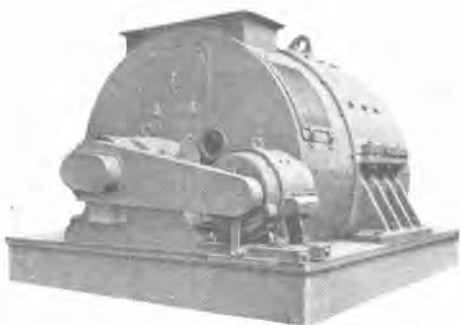
11 図 荒圧延機用 1250 HP 同期電動機

Fig. 11. 1,250 HP Synchronous motor for roughing stand.



12 図 仕上圧延機用 1500 HP 直流電動機

Fig. 12. 1,500 HP DC motor for finishing stand.



13 図 仕上圧延機用 750 kW 直流電動機
Fig. 13. 750 kW DC motor of finishing.



14 図 発電機制御盤
Fig. 14. Generator control panel for hot strip mill.



15 図 運 転 盤
Fig. 15. Control desk for hot strip mill.

(1) コンベアテーブル 2 HP 直流電動機 23 台を 3 群に分けて 20 kW 直流発電機 3 台により給電せられる。

(2) ラシアウトテーブル 2 HP 直流電動機 109 台を 3 群に分け、85 kW 発電機 3 台より給電する。

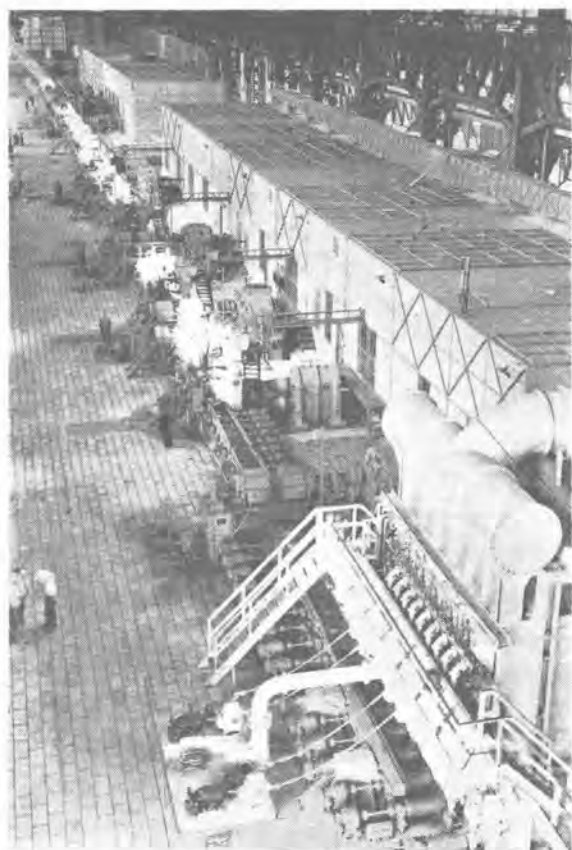
また圧延を終わったストリップはダウンコイルで巻取られるが、これは 2 組あり電動機はすべてミル型直流電動機 (KM 型) を使用している。

(1) 8" コイラ、4 台-15 HP 220 V 725 rpm KME 型

(2) 10" ピンチロール、1 台-75 HP 220 V 515 rpm KMS 型

(3) 24" マンドレル 1 台-100 HP 220 V 485 rpm KMS 型

次に当社ではこの連続式圧延設備の他になお一連の熱間連続圧延用電機品を住友金属和歌山製造所へ納入し現在すでに商用運転に入っているが、その詳細発表は後の機会にゆずるとしてここでは主機の要目のみ紹介することにする。



16 図 日亜製鋼興工場 連続式熱間圧延機用電気設備
Fig. 16. Electrical equipment for continuous hot strip mill. (for Nichia Steel Co., Kure Works)

ア. 荒 圧 延

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|-------------|
| 1 台 | 誘導電動機 | 300 kW | 3,300 V | 60~720 rpm |
| 1 台 | 〃 | 550 kW | 〃 | 〃 |
| 2 台 | 直流電動機 | 200 kW | 600 V | 300/750 rpm |
| 4 台 | 〃 | 550 kW | 〃 | 〃 |

イ. 仕上圧延 (13 図)

| | | | | |
|-----|-------|--------|-------|---------------|
| 1 台 | 直流電動機 | 110 kW | 600 V | 300/750 rpm |
| 6 台 | 〃 | 750 kW | 〃 | 400/1,000 rpm |

また直流電動機の電源は

3 台 直流発電機 2,250 kW 600 V

1 台 同期電動機 7,500 kW 6,600 V 60~514 rpm
よりなる電動発電機である。

8. む す び

現在欧米で製作されている連続式熱間圧延設備を概観すると、米国式と独乙式と制御方式が異なっているように思われる。前者は電動機自体の特性を極力よくして一そのためには蓄勢輪効果を大きくし、電動機内部電圧降下を小さくしなければならない一複雑な制御装置を使用せず圧延特性をよくしようとしている。後者は精度および速度の低い制御装置を使用して、瞬時速度降下および静的速度変動を極力小さくするように計画されている。とくに棒圧延設備の場合独乙の圧延機メーカーは瞬時速度降下および静的速度変動の 2 点にて非常に厳重な要求を出す。電動機は速度特性上から考えると独乙式が米国式よりも優れているように考えられるが、一方独乙式は調

整器の調整状態が理想的な状態でなければ充分その能力を発揮できないから、実用上調整器の状態をよく保持することにある程度の困難があると思う。とくに静的速度変動の点で独乙式が優れていることは認められるが、実用上製品の質と運転保守両方を考え合せたときは優劣は簡単につけられない。

要するに自動制御装置を併用する場合は第5節で述べたように電動機と制御装置とは切離して考えられず、圧延上要求される電動機速度変化に応じて制御装置を選定しなければならないし、同時に電動機の固有の特性もそれにマッチしたものでなければならない。

第7節で挙げた製作例では前者は自動制御装置を使用していない、後者は自動速度制御装置を有していて、い

ずれも現在好成績で運転中である。

参 考 文 献

1. L. A. Umansky and T. M. Linville
Speed Transients of D-C Rolling Mill Motors,
Trans AIEE, April 1953, p. 387
2. F. E. Crever & T. M. Linville
Speed Stability Motors for Continuous Mills
Iron and Steel Engineer June 1947 p. 50
3. H. D. Snively & P. B. Robinson
Measurement and Calculation of D-C Machine
Armature Circuit Inductance.
AIEE. Tech, Paper 50-193
4. Inertia-free Control of Continuous Rolling Mill Drives.
B. B. Review April 1952 p. 114

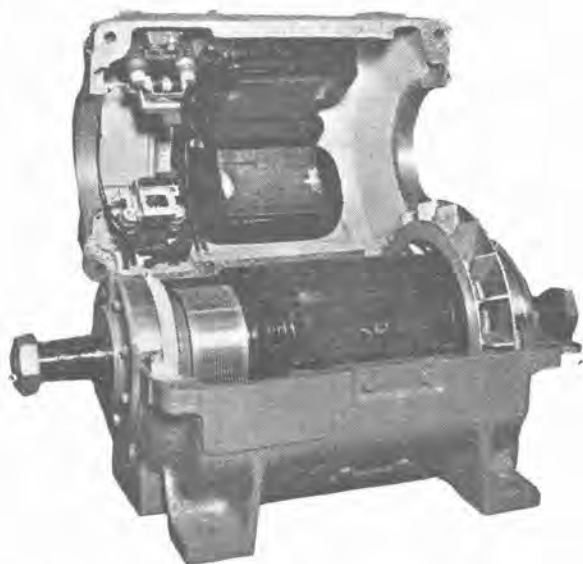
新製品紹介

製鉄補機用KM型直流電動機の開発完了す！

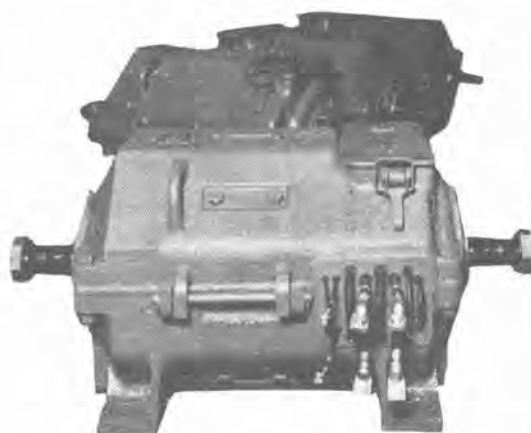
金属圧延機用補機、たとえば圧下・鋼塊操縦インゴット運搬・フィードロール等に使用される KM 型直流電動機の開発を完了した。頻繁な正転・逆転・過負荷等の苛酷な運転にとくに適するように設計製作され、すべて B 種絶縁を採用し、温度上昇は 75°C 以下とし、特殊刷子保持器および刷子を使用し、200% 電圧まで良好な整流を保証している。

本電動機の特長は

- (1) GD が従来の製鉄型より約 50% 少い。
- (2) 継鉄が分割型で、コロ軸受を軸より外すことなく回転子を取分すことができる。



50 HP KM 型電動機（開いたところ）



50HP KM 型電動機外観

- (3) 界磁コイルは鉄板製のコイルボックスの中に巻かれてあつて鉄心に対して強固に取り付けられているから、振動によつてコイルがゆるむことがない。

なお本 KM 型電動機は全閉 1 時間定格と他力通風連続定格の 2 種類があつて、いずれも出力の段階は 5HP より 200HP まで 11 種で、これは米国 AISE 標準と同様であつて、取付関係寸法も AISE 標準に近似である。

帯鋼冷間圧延機用電気設備

神戸製作所

竹内真一*・片岡高示**

Electrical Equipment for Cold Rolling Strip Mills

Shinichi TAKEUCHI, • Takashi KATAOKA

Kobe Works

The electric equipment for the cold rolling of sheet steel has made the most marked development among the rolling mill equipment. With regard to the equipment built for the Yawata Steel Mill to be used to the continuous rolling and processing various features of motors and controlling devices are given herein to explain to what point the importance of design will be attached.

1. ま え が き

鋼板の冷間圧延は過去半世紀にわたり実用され次第に発達してきたが、ことに米国において 1933 年以後圧延装置ならびに電気装置がその需要の増加と共に急激に進歩し、可逆圧延機においては約 2,000 FPM の速度で運転せられ、また連続圧延機においては 4,000~5,000 FPM の圧延速度が現在の米国の実状であつて、さらにこの速度も上昇しつつある。

わが国における連続圧延機は八幡製鉄所戸畑工場に昭和 13 年に設備せられたものが唯一のものであつて、現在も運転を続けているが、この設備の電機品は当時最新式のものとして当社で計画製作されたものである。最

高速度 1,500 FPM で当時としては米国のものとほとんど遜色のない設備であつたが、この設備も前記のとおり今日においては容量ならびに圧延速度、したがつて生産能力の点において低いものとなつた。

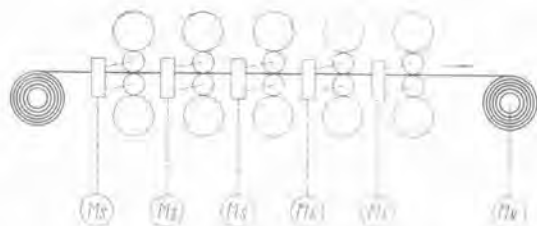
今般八幡製鉄所において最新式冷間圧延設備および処理設備を設置されるに当たりその電機品一切を当社へ注文されふたび製作の機会を得たので、この 42 インチ連続圧延機および調質圧延機用電機品を中心として最近の冷間圧延用電機品について述べる。

2. 圧延機の型式

最近の冷間圧延機は四段ロール圧延機であつて大別して 3 種類となる。すなわち (1) 可逆転圧延機 (2) 連続圧延機および (3) 調質圧延機である。もちろん他の型式の圧延機のものもあるが寧ろ特殊の性能のものに属しここでは省略する。このうち (1) および (2) は圧延機の型式は異なるがいずれも圧延を主体とするものであるが (3) は (1) (2) により圧延された鋼板に適當の硬度ならびに光沢を与える調質を主目的とするものである。

ア. 可逆圧延機

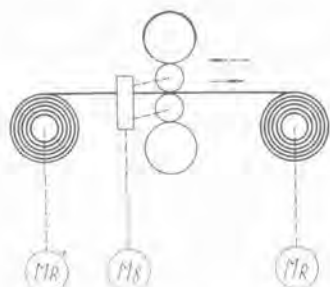
1 図に示す如く単一圧延機とこれの両側に配置された巻取機より成り、圧延機は 1 行程毎に正転、逆転を繰返しつつ一方の巻取機より他方の巻取機へと交互に鋼板を圧延しつつ巻取り所定の厚さに圧延される。この圧延機



M_1 圧延用電動機 M_6 巻取用電動機

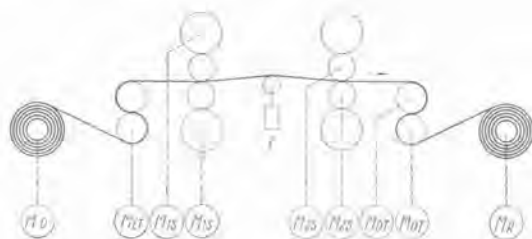
1 図 冷間連続圧延機 (5 スタンド用)

Fig. 1. Tandem cold rolling mill.



2 図 冷間可逆圧延機
Fig. 2. Reversing cold rolling mill.

M_8 圧延用電動機 M_R 巻取用電動機



M_D 巻戻電動機 M_{2S} 第2圧延電動機
 M_{EF} 入側張力電動機 M_{DR} 出側張力電動機
 M_{1S} 第1圧延電動機 M_R 巻取電動機
 T 張力調整装置

3 図 調質圧延機 (2 連続圧延式)
Fig. 3. Temper rolling mill.

の特長は数種の製品を能率よく圧延するために利用せられる。

4. 連続圧延機

2 図に示すように3台ないし5台の圧延機と巻取機より成りこれらが1列に配置され鋼板は各圧延機を次々に通過して最後の圧延機から出て巻取機に巻かれる。したがって1回の圧延によって圧延が完了されるから、1種類の製品を大量生産するには最も適し能率がよいが、設備全体の装置は大規模で高価である。

換言すれば可逆圧延機は融通性があり、一方連続圧延機は生産性において優れた特長がある。

ウ. 調質圧延機

3 図の如く可逆圧延機における圧延機と巻取機との間に張力ロール機を設け圧延機の圧下率は5%以下であるが、圧延機と張力ロール機との間に相当強い張力を与えて巻取機にて巻取られるが、運転は一方のみに行われる。

3. 連続冷間圧延機運転特性

現在の高速度の冷間圧延機においては熱間圧延にて巻取られたコイル状の材料から圧延される。最初は圧延速度の約8~10%の通抜速度で圧延機ロールに送り込み最後に巻取機に巻取られる。つぎに全体を同時に最高速度まで加速する、鋼板の大部分が圧延され終る頃また全体を通抜速度まで減速する。

圧延速度が上昇するにしたがい、ことに連続圧延機においてはこの加速、減速の速度変化時の運転特性が重要な問題となる。すなわち加速、減速時はどうしても規格

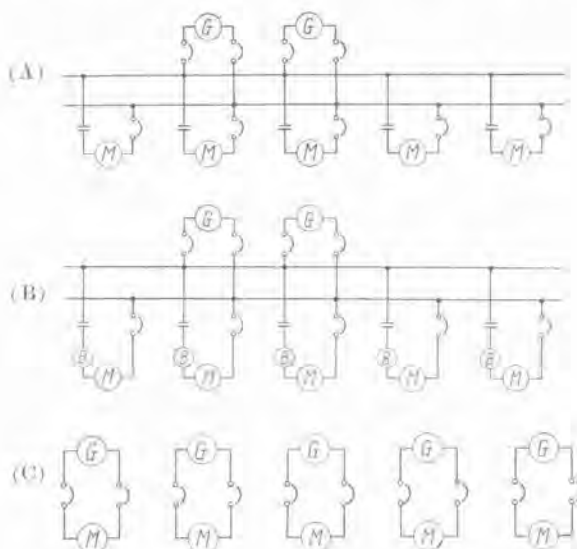
外れ (OFF GAUGE) の鉄板が生じ易く、したがって全体の製品の歩留りに大きな影響が出てくるので、できる限り加速および減速時の特性すなわち各電動機の上昇および下降を同一歩調で行うように電氣的に制御し、この規格外れをできる限り最小に制限せねばならない。

この問題に対して従来圧延機および電動機の慣性性能を各スタンドにおいて平衡するようにしかつ加速および減速時の電動機電機子電圧降下を平衡にすることが望ましく、したがって各スタンドの電動機は同一電動機を使用して歯車によつて各スタンド間の速度を適当に選定された。

しかし最新の圧延機は高速で大容量となり、各スタンドの要求に適合する容量ならびに速度の電動機が圧延機に直結される構造となつてきたので上記の点を満足するような電動機の合理的設計は実際上不可能となつたが、電動機としては加速時間を短縮する上においてできる限りその慣性性能を減ずることが必要であり、したがって2重電機子あるいは3重電機子の電動機が設計される。一方加速時の同一速度上昇に対しては各スタンドの加速に要する回転力の全負荷回転力に対する比と各電動機の電機子電圧降下の定格電圧に対する比との積を一定にすることによつて得られる。したがって電動機速度制御において各スタンド電動機の加速回転力の全負荷回転力に対する比に応じて電動機電圧降下補償を適当に行い圧延機速度上昇を合致せしめるように制御せねばならぬことになる。

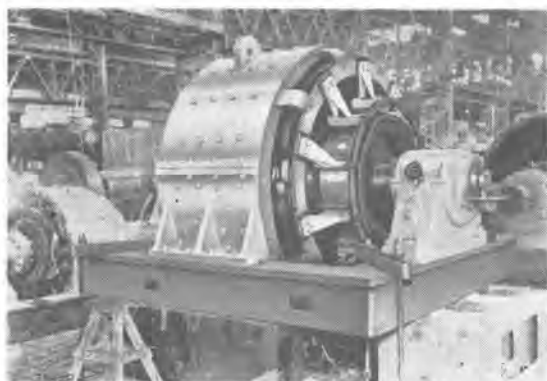
4. 制御方式の選定

冷間圧延用電動機の運転方式はいわゆるワードレオナ

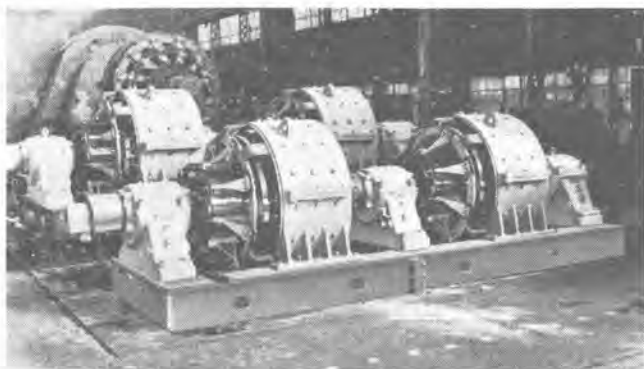


4 図 (A) 共通母線方式
(B) 昇圧機付共通母線方式
(C) 各個発電機方式

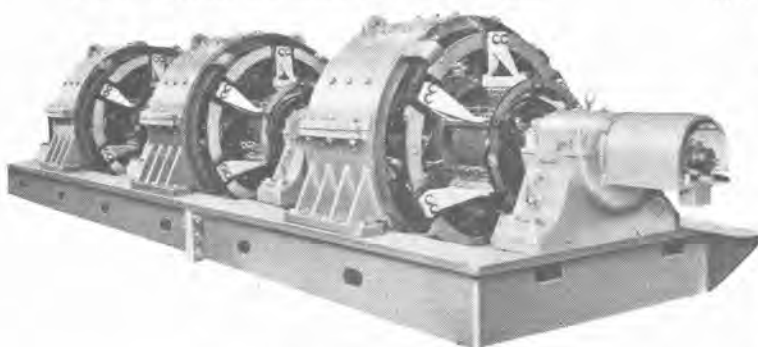
Fig. 4. (A) Common bus system.
(B) Common bus system with booster.
(C) Individual generator system.



5 図 第一スタンド用 1,250 HP 直流電動機
Fig. 5. 1,250 HP DC motor for the 1st stand.



6 図 第二スタンド用 2,500 HP 直流電動機
Fig. 6. 2,500 HP DC motor for the 2nd stand.



7 図 第五スタンド用 3,500 HP 直流電動機
Fig. 7. 3,500 HP DC motor for the 5th stand.

ード制御であるが、電動機に電力を供給しかつその速度を制御する発電機と電動機との接続に関して4図に示すごとく2種類3段階の変遷を経て今日の高速度圧延方式となつた。

圧延速度が 1,500 FPM 程度迄は A に示すように1台あるいは2台の直流発電機による共通母線から全電動機に電力を供給する方式で共通母線方式と呼ばれ、現在八幡製鉄所戸畑工場で運転中のものはこの方式に属するものである。圧延速度がさらに上昇し、2,500 FPM の高速度に達するに従い前述の加速および減速時の運転特性の問題から B 図に示す如く各電動機主回路に直列に昇圧機を入れ各電動機回路の電圧降下補償を適当に行つて、加速および減速時できる限り速度の上昇を同一に保つ制御方式が採用された。

圧延速度が 4,000 FPM に上昇するに従い電動機の容量もこれとほぼ比例して増加し、電動機に供給される電力は増加したがつて直流発電機も数台並列に接続して共通母線を通して各電動機に電力を供給せねばならなくなり C 図に示す如き各電動機毎に発電機を専属に設けた各個発電機方式にと発達してきた。

ここにおいて制御方式の選定に當つて考慮されねばならぬ点は、上記 B ならびに C 図に示す共通母線方式と各個発電機方式とは制御装置としての利点の相違は多少あるにしても、基本的な運転特性においては全く同一であつて、圧延機電機品の採用に当りいずれの方式に選定すべきかは経済的にいずれが有利であるかがまず第一に検討すべき点である。たとえば今回八幡製鉄戸畑工場に製作された最高圧延速度 4,000 FPM の連続圧延機に対しては C 図の方式が経済的に有利であり、調質圧延機においてはほとんど経済的には同じである。しかし制御装置の一部が連続圧延機と同一のものが使用され、予備品の点からも便利となる関係からいずれも各個発電機方式として設計せられたものである。

5. 42" 連続冷間圧延用電機

一般的特異性を記述する際に一例として引用する新設備の電機について概説する。(5, 6, 7 図参照)

各圧延直流電動機の定格は次のとおりである。

| | | | | |
|--------|----------|-------|------------|-------|
| 第1スタンド | 1,250 HP | 600 V | 70/210 rpm | 単電機子型 |
| 第2 " | 2,500 " | " | 125/300 " | 二電機子型 |
| 第3 " | 3,000 " | " | 200/420 " | " |
| 第4 " | 3,000 " | " | 300/600 " | " |
| 第5 " | 3,500 " | " | 400/730 " | 三電機子型 |
| 巻取電動機 | 700 " | " | 250/1050 " | 二電機子型 |

次にこれら電動機の電源は各個発電機方式で、各発電機の定格は

| | | | |
|---------|----------|-------|---------|
| 第1スタンド用 | 1,000 kW | 600 V | 450 rpm |
| 第2 | 2,000 " | " | " |
| 第3 | 2,400 " | " | " |
| 第4 | 2,400 " | " | " |
| 第5 | 2,800 " | " | " |
| 巻取電動機用 | 600 " | " | " |

6 台の発電機を組に分けてそれぞれ 8,500 HP 同期電動機で駆動する2組の MG セットとなつている。

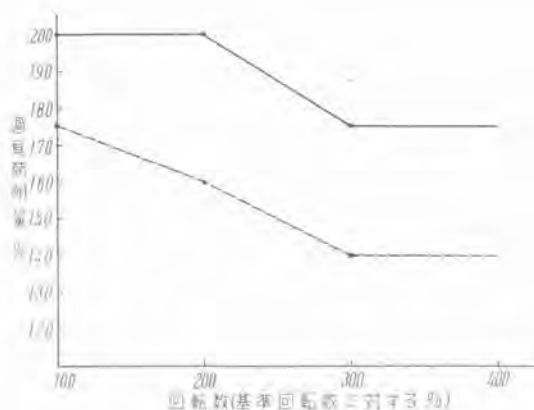
6. 圧延電動機の温度上昇と過負荷耐量

わが国においてはこの種圧延電動機に対しても JEC にしたがつて温度上昇限度を 50°C とする場合が多いが、NEMA⁽⁹⁾ では、

| | |
|---------------|------|
| 100 % 負荷連続 | 40°C |
| 125 % 負荷 2 時間 | 55°C |

と規定し米国においてはほとんど全部この温度上昇限度を採用している。そして絶縁は電機子、界磁共 B 種絶縁である。

次に過負荷耐量については、NEMA では可逆運転を行わない圧延電動機に対して次のようにきめている。



8 図 圧延電動機の過負荷耐量

Fig. 8. Overload rating of rolling mill motor.

| | 常用最大 (繰返し負) | 荷非常最大 (遮断器開路) |
|--------------|----------------|------------------|
| ベース速度 (強め界磁) | 175 % | 200 % |
| 200 % ベース速度 | 160 % | " |
| 300 % 及以上 | 140 % | 175 % |

これを図示すると 8 図のようになる。

7. 冷間圧延電動機の起動特性

連続冷間圧延機の起動方法は、鉄板を各スタンドに通し巻取にかけてまず徐速にて運転し張力の調子をみてから各スタンド一緒に主圧制御で最高速度まで加速する。したがって電動機の方巻界磁はスケジュールに応じた速度に弱められてあるから、弱め界磁のまま起動することになる。馬力および回転数の異なる多数の電動機を同様の加速度で加速するために次のような事項に対して充分検討されなければならない。

ア 加速電流……慣性能率

イ 加速遅れ……加速時の電圧降下

ウ 電動機の加速に対する時定数

エ 各発電機の磁気飽和度および界磁コイルの時定数
以下これらの事項について考察してみる。

ア. 加速電流

加速時においても圧延は行っているから加速に要する回転力を出すための電流だけ電動機に対しては過負荷になる。この加速時の電流が前記の常用過負荷耐量を超えないように、電動機の慣性能率を減少せねばならぬ。また各スタンド電動機の加速時の電流比 (定格電流に対する) が合っていることがのぞましい。

今均一加速と仮定して加速回転力を求めると、

$$T_a = \frac{\sum GD^2 n}{375 t}$$

$\sum GD^2$ 電動機およびロールの全慣性能率 (kgm²)
 n 最終回転数 (rpm)
 t 加速時間 (sec)

定格電流に対する電流比 (定格回転力に格する比)

$$\text{比} = T_a \times \frac{n}{716 \times \text{HP}} = \frac{\sum GD^2}{375} \times \frac{n^2}{716 \times \text{HP} \cdot t} \quad (1)$$

式 (1) で求めた電流比は加速に要するもののみであるからそのときの全電流比はこの値に 1 を加えねばならぬ。上記の 5 スタンドの例について求めた最高速度まで加速するに要する加速電流比を 1 表に示す。この場合起動時間は 10 秒として計算している。

1 表 各電動機の加速電流比と加速遅れ

| スタンド No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電動機 HP | 1250 | 2500 | 3000 | 3000 | 3500 |
| 最高 rpm | 210 | 300 | 440 | 600 | 730 |
| $\sum GD^2$ TM ² | 28.82 | 24.42 | 19.82 | 12.77 | 11.93 |
| 加速電流比 % | 37.8 | 35.4 | 47.5 | 57.0 | 67.5 |
| 加速遅れ % | 2.46 | 1.95 | 2.38 | 2.08 | 2.24 |

なお、この例では電動のみの GD^2 はあとの方のスタンドは前のものに比していちじるしく減少している (No. 1 と No. 5 の比は約 4.5 対 1) がロール側の GD^2 は全部同一である故に総合の GD^2 は約半分にしか減少しない。

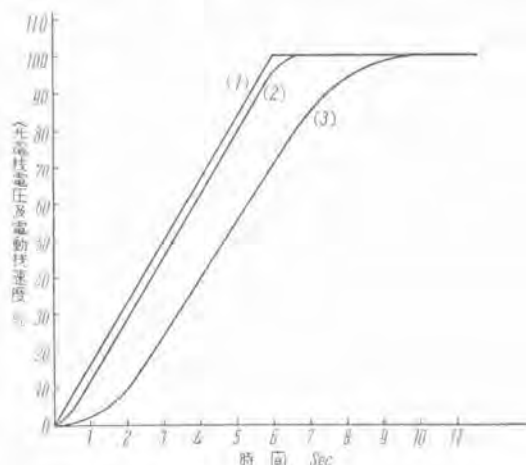
また米国の一例として 42 インチ幅最高速度 4680 呎/分の連続冷間圧延設備用⁽⁶⁾の電動機の数値は 2 表のとおりである。

2 表 米国の一例 (加速電流比)

| スタンド No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|------|------|------|------|------|
| 加速電流比 % | 33.4 | 30.7 | 35.0 | 54.0 | 72.0 |
| 加速遅れ % | 2.06 | 1.36 | 1.53 | 1.68 | 2.20 |

4. 加速遅れ (Acceleration Lag)

一般に起動時においては発電機の電圧上昇率に対してそのときの起動電流による電圧降下のため加速が遅れることになる。これを加速遅れ (Acceleration lag) と称する。各スタンド電動機の加速電流比はできるだけ均一



(1) 発電機電圧上昇曲線
 (2) 電動機速度上昇曲線 (加速遅れ 1.06%)
 (3) " " (" 16.6%)

9 図 直流電動機加速遅れ

Fig. 9. Accelerating lag of DC mill motor.

になるように設計するが、完全に一致させることができないから、加速遅れを一致させるために電圧降下が（すなわち電機子回路の抵抗値）一樣になるよう設計する必要がある。この加速遅れは次式にて計算する。

定格電流における電圧降下 (%) × 加速電流比 (2)

発電機電圧上昇に対する加速遅れを図示すると 9 図の如くである。

たとえば今回製作した 42" 幅 4000 呎/分の冷間圧延機の第 1 スタンドでは、定格電流における電圧降下 6.5V、加速電流比 0.378 故に

$$\text{加速遅れ} = \frac{6.5}{600} \times 100 \times 0.378 = 2.46\%$$

各スタンド電動機の加速遅れは 1, 2 表のとおりである。もつとも電圧降下補償ロートロールによつてこの加速電流による電圧降下も補償されるようにはなつてゐるが、各電動機の加速遅れをできるだけ均一にしておくことは電圧降下補償機の調整を容易にする故に望ましいことである。

ウ. 電動機時定数 T_0

電動機起動時の時定数 T_0 と上述の加速遅れとの関係求めてみる。

電動機が無負荷にて起動する場合の起動特性は、

$$\frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} = K_T i \quad (3)$$

ここに GD^2 : 回転体の慣性能率 (kgm²)

n : 電動機回転数 (rpm)

K_T : 回転力係数 (kgm/A)

i : 電動機電流

また電動機の電流は回路のインダクタンスを無視すると、

$$e = Ri + K_v n \quad (4)$$

ここに e : 端子電圧
 R : 電機子回路抵抗
 K_v : 電動機電圧係数 (V/rpm)

(3) (4) 式より

$$\frac{GD^2}{375} \frac{R}{K_v K_T} \frac{dn}{dt} + n = \frac{e}{K_T}$$

ここで

$$\frac{GD^2}{375} \frac{R}{K_v K_T} \quad (5)$$

$$e = At$$

とする、ただし t は発電機電圧が最終値 E に達するまでとす。

すなわち、

$$t = t_1 \text{ にて } e = E$$

$$\therefore t_1 = E/A$$

とすると、 $t \leq t_1$ の範囲においては

$$T_0 \frac{dn}{dt} + n = \frac{A}{K_T} t$$

あるいは

$$n = \frac{A}{K_T} \frac{t}{T_0 P + 1} \quad (6)$$

式 (6) で明らかなように T_0 は発電機電圧上昇に対する電動機速度上昇の遅れを表わす常数である。

次に前述の加速遅れとこの T_0 との関係を求めると、

$$\begin{aligned} \text{加速遅れ} &= \frac{\text{加速回転力}}{\text{定格回転力}} \times \text{定格電流における電圧降下率} \\ &= \frac{GD^2}{375} \frac{n}{t} \frac{1}{K_T i} \frac{iR}{E} \\ &= \frac{GD^2}{375} \frac{R}{K_T} \cdot \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{t} \\ &= \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{R}{K_T K_v} \frac{1}{t} \quad (7) \end{aligned}$$

式 (5) より

$$= \frac{T_0}{t}$$

すなわち

$$\text{加速遅れ} \times t = T_0 \quad (8)$$

一般に t は 10 秒にとるから

$$T_0 = \text{加速遅れ} \times 10 \quad (9)$$

となる。

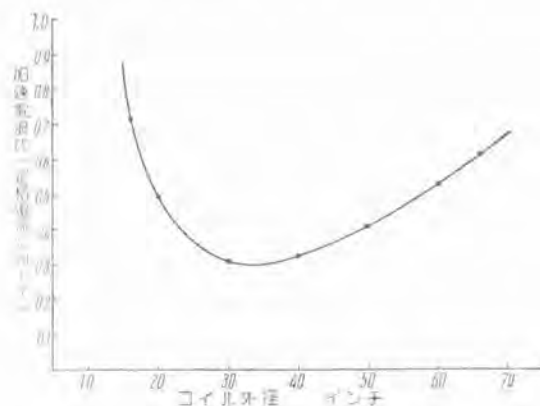
8. 巻取電動機の起動特性

圧延電動機の慣性能率は圧延中一定不変であるが、巻取電動機の方は刻々にコイルの大きさが変化ししたがつて全体の慣性能率も変化するから、その起動特性は圧延電動機の場合と異つてゐる。一度圧延を始めたならそのストリップの最後に到るまで無停止で圧延を続けるとは限らず途中で停止し再起動する場合も考えられるから、コイルの種々の大きさにおいての起動を解析せねばならぬ。

コイルの GD^2 は

$$GD^2 = Ad^3 - B \quad (\text{kgm}^2) \quad (10)$$

の形の式で表わされる、ここに



10 図 巻取電動機の加速電流

Fig. 10. Accelerating current of winding reel motors.

- d : コイルの外径
- A : コイルの巾によつてきまる常数
- B : コイルの巾および内径によつてきまる常数

電動機その他一定の GD^2 を C とすると、全体の GD^2 は

$$\Sigma GD^2 = Ad^4 - B + C = Ad^4 + D, \dots (11)$$

加速電流比は

$$= \frac{Ad^4 + D}{375 \cdot 716 \text{ HP} \cdot t} \dots (12)$$

ストリップ速度は一定であるから d と n との間には
 $nd = E$

の関係があるから (2) 式は

$$\text{電流比} = \frac{E^2 A}{375 \times 716 \times \text{HP} \cdot t} \left(d^2 + \frac{D}{A} \frac{1}{d^2} \right) \dots (13)$$

にて表わされる。

第2節で述べた例ではコイル内径16インチ、外径66インチ、幅38インチでこの例について加速電流比を計算すると6図のようになる。

この例では加速電流が最小になるのは外径33.6インチのときである。巻始めの電流比と巻終りの電流比との差はコイルの GD^2 と電動機その他一定部の GD^2 との比によつてきまってくるが一般には前者の方が大きい^(a)。巻始めの加速電流は大部分が電動機の GD^2 によつてきまるから、巻取電動機の GD^2 を小さく設計することは圧延電動機以上に重要なことである。6図の例では700HPの巻取電動機は2電機子型に設計したがそれでも巻始めの加速電流は70%に達している。

上記の理由より巻取電動機に対しては温度上昇限度を40°Cでなく60°Cとしている場合が多い。すなわち温度上昇を高く許されるならば電機子導体の断面積を減少し導体の重量を減少しうるので電動機の GD^2 は減少する。また導体断面積を減少しただけ電機子溝寸法を浅くすることによつて整流条件がよくなり過負荷耐量が大き

くなる。

9. 圧延電動機の最小径と最大出力

電動機の慣性能率を小さくするためには直径を小さく設計しなければならない。電機子直径の最小限を求めてみる。一般に大型直流機では最小電機子直径は出力に比例する。すなわち

$$D_a = K_F \cdot \text{HP} \dots (14)$$

K_F を決定する因子は電機子の電気装荷整流子片間電圧である。今温度上昇40°C、強制通風、過負荷耐量200%1分間、速度調整範囲1対2の電動機では

(1) 電気装荷 433 Amp cond/cm

(2) 平均子片間電圧 18V

とすると K_F は0.605 (mm/HP) となる。また特別の場合として電気装荷を5/2まで許すならば $K_F = 0.512$ となる⁽⁸⁾。またB. H. Caldwellによれば⁽²⁾ 2,000HPで最小直径54インチとしているから $K_F = 0.685$ となる。

次に単一電動機の最大出力は、整流条件、電機子周速等によつて決定されるから

$$M = \text{HP} \times \text{rpm} \times A \dots (15)$$

によつて表わされる。ここに

M : 最大出力を表わす常数

rpm: 最大回転数 (最高弱め界磁相当 rpm)

A : 界磁による速度制御比

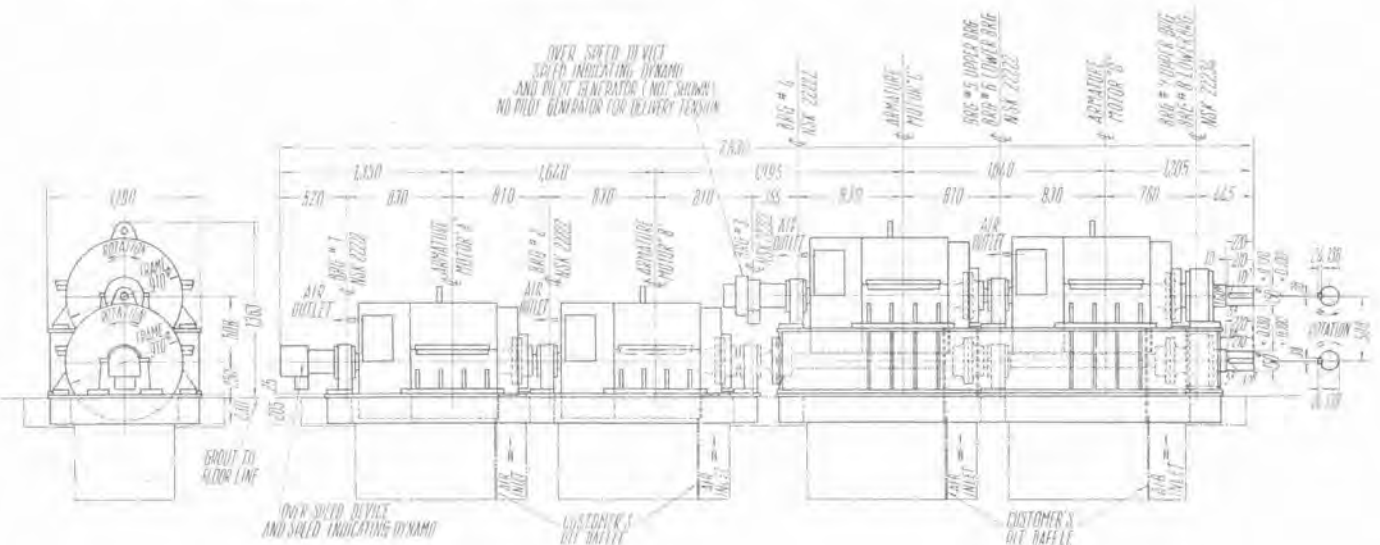
たとえば2,000HPで350/700rpmが限度とされるから、これより M は

$$M = 2,000 \times 700 \times 2 = 28 \times 10^6$$

となる。最近の設計では M は 3.6×10^6 までとりうる⁽²⁾。

10. 圧延電動機設計上の進歩

さきに述べた昭和13年に製作した冷間圧延用電動機と今回製作した電動機との常数を比較してみる。



11 図 調質圧延第二スタンド用 2,400 HP 電動機

Fig. 11. 2,400 HP motors for the 2nd stand of temper rolling mill.

起動特性を論ずるには電動機のみでなく、ロール側の GD^2 も含めた全体の GD^2 をとらなければならないが、いま電動機の特性を比較するために電動機のみ GD^2 をとって特性を解析してみる。

3 表 旧設計電動機の起動特性

| | | |
|------------------------------|---------|---------|
| 電動機出力 HP | 500 | 1,250 |
| 電動機回転数 | 400/600 | 600/800 |
| 電動機の GD^2 kgm ² | 810 | 1,900 |
| T_0 (ベース速度における) | 0.0277 | 0.0492 |
| 加速電流比 (ベース速度における) % | 9.65 | 20.4 |
| 〃 (最高速度における) % | 21.7 | 36.2 |

昭和 13 年製の旧設計電動機の時定数および加速電流は 3 表の如くであり、新設計のものは 4 表である。

まず時定数 T_0 を比較してみると旧電動機最高 0.0492 に対して新電動機は最高 0.0318 で前者の 64.5% である。

4 表 新設計電動機の起動特性

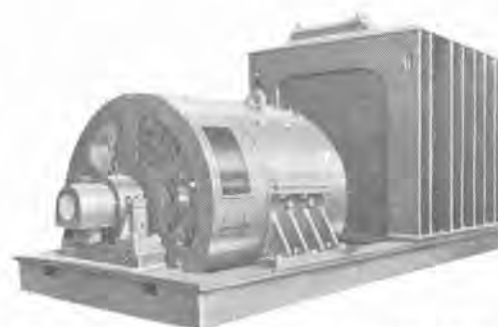
| スタンド No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 電動機出力 HP | 1,250 | 2,500 | 3,000 | 3,000 | 3,500 |
| 回転数 | 70/210 | 125/300 | 200/440 | 300/600 | 400/730 |
| T_0 (ベース速度にて) | 0.0208 | 0.0226 | 0.0318 | 0.0228 | 0.0246 |
| 加速電流比 (ベース速度) % | 3.15 | 4.0 | 6.25 | 6.15 | 8.0 |
| 加速電流比 (最高速度) % | 28.4 | 23.0 | 30.3 | 24.6 | 26.6 |

次に加速電流比の問題になるのは高速における値であるが、旧設計と新設計とでは速度制御比が非常に異なるから直接比較できない。ベース速度における値を比較してみると、前者は 9.65% と 20.4% に対して後者は 3.15% から 8.0% であつて非常に小さくなつてゐる。この減少はきりつめた設計によつて K_r が大きくなつたことと 2 電機子型あるいは 3 電機子型として GD^2 を小さくしたことによる。

11. Twin 駆動電動機

今般製作した冷間圧延用電動機は単電機子型あるいはタンデム駆動で、Twin に駆動はないが、調質圧延用には Twin 駆動をも採用している。タンデム駆動に比して Twin に駆動のすぐれているのは、ピニオンスタンドが省略できることである。しかし Work Roll の中心間距離によつて電動機の外径が制限される。すなわち電動機動力は Work Roll に伝達されるから、上下電動機の軸中心間隔が Work Roll 中心間隔に等しくなければならない。その関係で調質圧延第 2 スタンドはタンデム型 400 HP (2×200 HP) を 2 台 Twin に使用して計 800 HP である。(11 図)

Work Roll を駆動するのが原則であるが時には Backup Roll を駆動することもある。12 図は調質圧延第 1 スタンド用 2,300 HP 電動機の外観である。(上側電動機取外したところ)。



12 図 調質圧延第一スタンド用 2,300 HP 電動機 (反負荷側より見たところ、上側電動機取外し)

Fig. 12. 2,300 HP motors for the 1st stand of temper rolling mill. (viewed from the load side, upper motor removed)

調質圧延用各電動機の定格は次のとおりである。

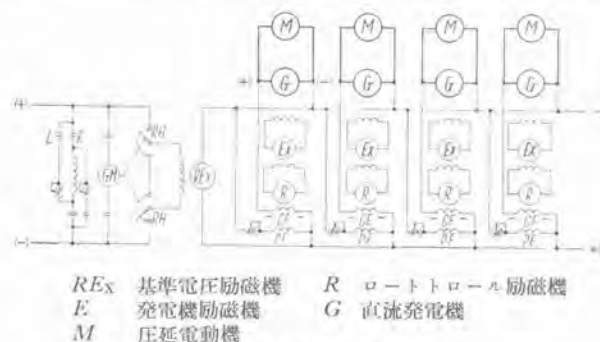
| | 出力 | 電圧 | rpm | 型式 |
|-------------|------------|-------|----------|------------|
| 巻戻発電機 | 60 kW | 230 | 300/1500 | 単機 |
| 入側張力発電機 | 200 kW | 600 | 500/750 | 同 |
| 第 1 スタンド電動機 | 2,300 HP | 600 | 200/300 | Twin |
| 第 2 〃 〃 | 2,2×200 HP | 2×300 | 500/750 | タンデムの Twin |
| 出側張力電動機 | 2,2×200 HP | 2×300 | 500/750 | 同 |
| 巻取電動機 | 350 HP | 300 | 300/1300 | 単機 |

12. 発電機の特性

各個発電機方式では各発電機が同時に発電するのであるから発電機の界磁の時定数が一致していなければならない。また無負荷飽和特性曲線の彎曲度が合っていないと、飽和曲線の彎曲度を表わすには、零点における接線と定格電圧点における接線との交叉角によつて表わす各発電機の交叉角が一致するよう設計しなければならない。

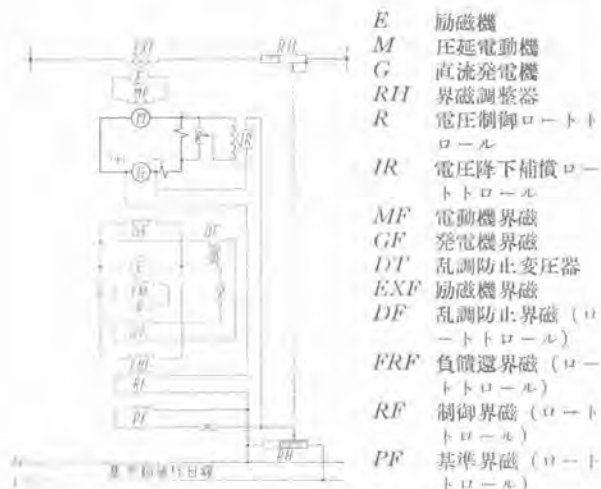
13. 制御回路

主機と同様制御回路においても高速度冷間圧延機の制御には特別の考慮がなされ、圧延計画を充分満足すべき速度制御は電動機ならびに発電機電圧制御によつて行われる。共通母線方式においては発電機の電圧制御は比較的容易であるが、各個発電機方式においては 13 図に示す如く、各圧延電動機は各個に発電機を有しかつその容



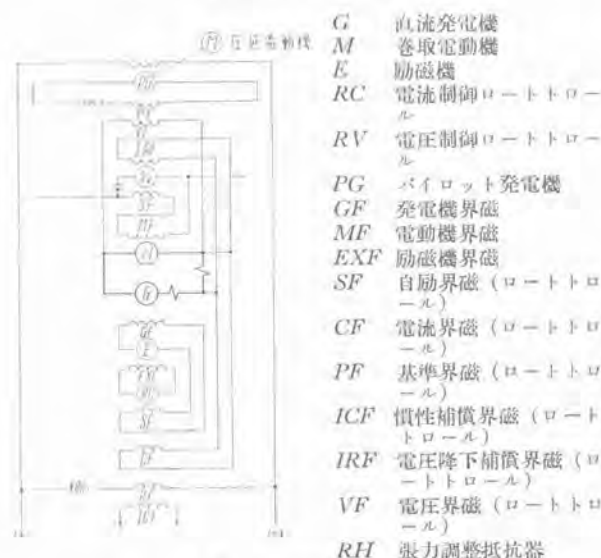
13 図 制御回路基本接続図

Fig. 13. Elementary diagram of control system.



14 図 圧延電動機用制御接続器
(各発電機方式 第1スタンド用を示す)

Fig. 14. Control diagram for the 1st stand rolling mill motor.



15 図 巻取電動機用制御接続図

Fig. 15. Control diagram for winding reel motor.

量も異なる関係上、発電機の設計は前述の如く特性上考慮して設計されているが、なお各発電機電圧の歩調を合せて制御するよう制御装置としても充分に考慮せねばならない。これが乱れると加速および減速時には板切れあるいは規格外れの圧延となり到底満足な運転ができない。

ア. 制御回路の基本接続

当社においては 13 図に示す如く各発電機には専属の励磁機およびロートル調整機を組合せた制御方式によつて速度上昇あるいは下降時の各瞬時に、制御母線の電圧に各発電機電圧を調整しつつ運転する方式によつて確実な調整作用を作っている。

13 図において基準電圧励磁機 REX は各発電機用ロートル励磁機の基準界磁 RF を励磁し、ロートル励磁機は電圧を発生し発電機励磁機界磁を励磁し、発電機励磁機により発電機界磁を励磁し発電機は電

圧を発生する。ロートル励磁機にさらに制御界磁 (CF) を設け一方は各ロートル励磁機共、共通母線の (+) 側に接続され、他方は各発電機の (+) 側に接続される。発電機の (-) 側は共通母線の (-) 側に接続されている。基準励磁機の定格電圧と発電機の定格電圧とは同一に設計されているから、発電機電圧と基準励磁機の電圧は常に一致する如く制御される。もしこの間に相違が生ずればロートル励磁機の制御界磁には差電圧による電流が流れ、これによつて励磁機を通し発電機界磁電流を調整し、常に発電機電圧を基準励磁機の電圧に合致するように調整される。このための条件として

- (1) 定常時における誤差電圧 (発電機と基準界磁電圧との差) をできる限り小さくすること。
- (2) 発生した差電圧をできる限り早く調整すること。すなわち早い速度を有すること。
- (3) 安定性のよいこと。

が満足されねばならない。したがつて制御回路全体の増幅率を高くししかも安定性のよい制御回路でなくてはならぬ。加速および減速を行うには基準励磁機の界磁に設けられた電動操作界磁調整器を操作する。操作電動機は一定電圧の励磁機母線より電力を供給され、正逆に運転される。加減および減速の速度上昇、下降の時間は操作電動機を速度を加減することにより調整できる。

イ. 圧延機電動機制御

14 図に各圧延電動機の制御回路接続を示す。発電機制御回路は 13 図に示したものと同様であるが、速度性の増加と安定性の向上のために、ロートル励磁機の界磁にはさらに、負饋還界磁、乱調防止界磁を設けている。さらに各電動機を速度上昇を合致せしめるために、電圧降下補償装置の必要なことは前述のとおりであるが、この目的のために電圧降下補償用ロートル励磁機を設けその界磁は電動機の補極および補償線輪の電圧降下より励磁され、この励磁電流により発電した電圧降下補償電圧は、ロートルの制御界磁に直列に加えられ、したがつて発電機はこの補償電圧を含めてその電圧は制御されることになる。

また電動機界磁は専用の励磁機を設け、その励磁機界磁電流を調整して電動機界磁制御を行う。

電動機速度は圧延計画表より各スタンドの速度が決定され予め規定電圧において定められた速度になるように電動機励磁機界磁調整器により調整される。

とくにあるスタンドの電動機が規定電圧における電動機の最低速度以下で運転する必要がある場合には、その電動機の発電機のみ電圧を下げて運転することが必要となる。このために各発電機用ロートル励磁機の基準界磁に界磁調整器を設け、上記電動機速度制御用と連動して操作されるように設計されている。

ウ. 巻取電動機制御

15 図に巻取機電動機の制御回路接続を示す。巻取機電動機速度制御は圧延電動機速度制御と異なり、制御の

根本は常に鉄板の張力を一定に保つように制御されねばならぬ、張力調整として張力ローンを設けた方式も使用された例もあるが現在ではほとんど全部巻取電動機の出力を一定になるように純電氣的に速度を制御する方式が採用されている。

発電機界磁は発電機励磁機により励磁され、発電機励磁機はロートロール励磁機より励磁される。ロートロール励磁機は基準界磁 (PF)、電流界磁 (CF) および自励界磁 (SF) を有し基準界磁は定電圧励磁機より調整抵抗器を通して励磁される。電流界磁は巻取電動機の補極および補償巻線の電圧降下より励磁されその極性は基準界磁と反対に接続される。したがって基準界磁によつて与えられた励磁によりロートロールは電圧を発生し、発電機励磁機を経て発電機は電圧を発生し、電動機に電力を供給し、主回路に流れる電流に比例した励磁を電流界磁に与える。これが基準界磁と平衡した値に保たれて運転される。

一方電動機界磁は定電圧励磁機より最低励磁が与えられる他に、ロートロール励磁機よりこれに重畳して一方向に励磁が加わるように接続されている。このロートロールは圧延機電動機 (巻取機との間に張力を保つべき電動機) に直結されたパイロット発電機より励磁される基準界磁 (PF)、電動機端子より励磁される電圧界磁 (VF)、主回路電圧降下により励磁される電圧降下補償界磁 (IRF) および自励界磁 (SF) を有しこれらの間には次の関係を有している。

$$PF = VF - IRF$$

したがって基準界磁 PF の量は電動機の逆起電力に比例する。いま巻取電動機の運転状態において主回路電流が増加すれば発電機ロートロールの電流界磁は基準界磁との平衡が破れロートロール励磁機の電圧を減少せしめ、発電機の電圧を低下せしめ主回路電流を減少せしめる。すなわち発電機用ロートロール励磁機は常に電流を一定に保つように作動する。

電動機速度は逆起電力すなわち発電機電圧と電圧降下との差に比例するから、発電機電圧低下によつて速度が減少し、したがって電動機逆起電力は低下する。このため電動機用ロートロール励磁機の3つの界磁間の平衡が破れロートロールはさらに電圧を発生し電動機界磁に重畳して流れる電流を増加せしめて電動機の発生する逆起電力を一定に保つように作動する。

したがって両ロートロール励磁機的作用によつて常に主回路電流が一定に保たれるように電動機速度は制御され張力調整装置として作動することになる。

14. むすび

以上冷間圧延電機設備の概要ならびに冷間圧延運転に必要な電動機特性、制御装置の特長について述べたが要するに電動機としては、電動機の GD^2 を小さくして起動電流が過負荷耐量を超過しないように設計すること、起動の時定数 T_0 を小さくすると同時に各電動機一致させること、巻取電動機においては巻始めと巻終りとの両方の加速電流比を検討すること、また発電機においては界磁コイルの時定数を小さくかつ無負荷飽和曲線のできる限り合致せしめることが大切である。

制御装置としては運転時はもちろんことに加速時における速度上昇を合致せしめるために、制御系統全体の増幅率を高くすること、安定性のある制御回路とすることをとくに考慮せねばならぬ。

制御回路の調整器の発達と共に従来考えられなかつた高速度圧延が可能となり冷間圧延の速度はますます高められつつある状態である。

参考文献

- (1) A. P.: Electrical Drive Equipment for High Speed Tandem Mill
I & SE Nov. 1943 p. 49
- (2) B. H. Caldwell: Developments in The Design of D-C Motors Generators for Rolling Mills
I & SE Dec. 1950. p. 63
- (3) Ralph A. Harvie: Electrical Drive for 56-in. Five-stand Tandem Cold Reduction Mill
I & SE Aug. 1950 p. 43
- (4) M. A. Leishman: Electrical Equipment for Cold Rolling and Finishing Department
I & SE Aug. 1950 p. 35
- (5) W. R. Harris and R. W. Moore: Acceleration Characteristics of Tandem Cold Reduction Mills
I & SE July, 1951 p. 63
- (6) J. H. Schneider: Low Inertia D-C Motors for Rolling Mill Drives
I & SE Oct. 1951 p. 72
- (7) W. E. Miller: Electric Equipment for Cold Strip Reduction Mills
AIEE Tech Paper 48-22
- (8) T. B. Montgomery and J. F. Sellers: Inertia Studies for Modern Mill Drives
I & SE Feb. 1953 p. 89
- (9) NEMA Standard for Motor and Generator
Pub. No. MG 1-1949

帯鋼の酸洗, 清浄, 剪断設備用電気設備

神戸製作所

竹 内 真 一*

Electrical Equipment for Pickling, Cleaning and Shearing Line of Strip Steel

Shinichi TAKEUCHI

Kobe Works

With the development of the high speed continuous rolling of metal, the equipment to be used for treating the strip steel in such methods as pickling, cleaning and shearing has also been altered to suit the continuous operation to insure high over all efficiency as well as the efficiency of the individual mill. A quite many number of electric apparatus of this kind have been built by us lately, which are thought to be worthy of introduction.

1. ま え が き

熱間圧延により圧延された鋼板が次に冷間圧延によつてさらに薄鋼帯として圧延され、製品として完成する迄には、酸洗、清浄、剪断等の工程を必要とする。これらの設備は圧延と同様に極めて能率的に作業を行わねば全体として生産能率を上げることができない。したがつて最新式の設備はすべて連続式の流れ作業によつて行われ、極めて高能率でかつ大なる生産能力を有するようになった。

当社は最近八幡製鉄所戸畑工場に米国メスタ社より納入された酸洗、清浄および剪断設備用電機品一式、また富士製鉄広畑工場に米国ウィーン社より納入された酸洗および剪断設備用電機品一式を納入し多くの製作経験を得たので、これらの最新式鋼板処理設備の電機品について述べる。

これらの設備はいずれも連続式に配置せられた各部機械を通して1工程が終るのであるから、圧延機によつて圧延せられ、コイル状に巻取られた帯鋼を入側に配置しこれを解きつつ一直線上に配列された機械を通して運転せられる。

したがつて各部機械の速度は互に相関連して加速・運転・減速・停止を行う必要があり主要機械の電動機は直

流電動機によつて駆動せられ、ワードレオナード制御によつて運転される。

その間に補助電動機として交流電動機が多数使用せられ、またループ調整の如き光電管による特殊制御装置も必要とせられるが、ここでは主として本体となるべきワードレオナード制御による一連の運転について述べよう。

2. 酸洗設備用電機品

熱間圧延によつて圧延せられた帯鋼は表面に生じたスケールや酸化物を除去する必要がある。この設備が酸洗と呼ばれ一般にはバッチ型酸洗と連続式酸洗の2つの方法があるが最近は高速高能率の酸洗設備として連続式装置が一般に使用されてきた。

ア. 機械設備

連続式酸洗装置は1図に示すように機械の配列は入側より一直線に次の順序に配置される。

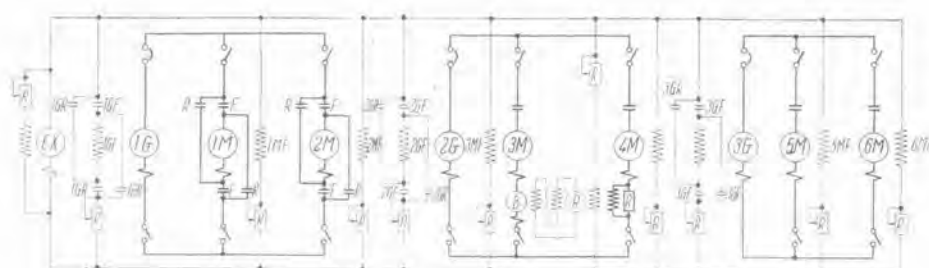
(1) アンコイラ (2) プロセッサ (3) 第1剪断機 (4) 溶接機 (5) ステッチャー (6) 第1ピンチロール (7) ルーピングビット (8) 第2ピンチロール (9) 酸洗および熱水槽 (10) 熱風乾燥 (11) 第2剪断機 (12) サイドトリンマ (13) アップコイラ

機械の作用を簡単に説明すれば熱間圧延によつてコイル状に巻取られた帯鋼はアンコイラに設置せられたコイ

1 図 酸洗設備機器配置図要領図

Fig. 1. Layout of apparatus for pickling line.





- 1M プロセッサ電動機
- 2M 第1ピンチロール電動機
- 3M 第2ピンチロール電動機
- 4M 第3ピンチロール電動機
- 5M サイドトリニマ電動機
- 6M アップコイル電動機
- G 直流発電機
- EX 励磁機

2 図 電動機主回路接続図

Fig. 2. Connection diagram of main circuits of pickling line.

ルを解きつつ、上下に多くのロールが配列せられたプロセッサを通してスケールを除去する。この際プロセッサにより帯鋼を牽引すると同時にアンコイルは発電機として作用し帯鋼に張力を加えスケールの除去を一層効果的にする。

第1剪断機は次の溶接のための準備としてコイルの前および後端を切断する。次に1つのコイルの後端と次のコイルの前端とを弧光式溶接機（フラッシュバット溶接機）で電気的にあるいはステッチャーで機械的に継ぎ合わせる。

第1ピンチロールは両端継ぎ合わせ作業中は帯鋼を牽引して固定させておくために使用し、また1図に示す如くプロセッサによつてコイルを解いている時にルーピングビットに一時帯鋼を送り込むために使用される。

ルーピングビットは新しいコイルをプロセッサに供給する間および溶接またはステッチャーによる継ぎ合わせを行う作業中酸洗槽を通るコイルの流れが中断しないだけの十分な帯鋼を貯えるために設けられている。

第2ピンチロールは、深さ約4尺、長さ60~80尺、中は帯鋼の中より1.5尺程広い酸洗槽にルーピングビットから帯鋼を送るために使用される。

酸洗槽は4ないし5個配置され第1より次第に硫酸溶液の濃度を上げ最後の酸洗槽は温度約100℃、20~25%の硫酸溶液が入れてある。酸洗槽に続いて冷水および熱水槽が設けられ、酸洗された鋼板の表面についている酸および硫酸鉄を除き熱風乾燥機により表面の水分を蒸発して乾燥せしめる。

第3ピンチロールは酸洗および水洗槽を通して帯鋼を牽引し酸洗装置をとる鋼板の速度を第2ピンチロールの速度と関連し調整し酸洗槽中ループ状をなして通過する鋼板のループを一定に保つようにする。

第2剪断機は溶接またはステッチされた個所の両端を必要に応じて切断する。

サイドトリニマは酸洗された鋼板の耳切作業を行い、最後にアップコイルにて再びコイルに巻取られて酸洗工程が完了となる。

イ. 電気設備

機械の要求する運転によつて酸洗される帯鋼の速度はルーピングビットを境として入側と出側は速度を異にせねばならない、通常出側速度300~400 FPM に対して

1 表 酸洗設備主要電動機一覧表 帯鋼速度 入側 780 FPM 出側 384 FPM

| 機械名称 | 電動機定格 | | | 機器運転特性 | | | 発電機 |
|----------|-------|-----------|-----|----------|------------|-----|-----|
| | 馬力 | 回転数 rpm | 電圧 | 帯鋼速度 FPM | 電動機回転数 rpm | 電圧 | |
| プロセッサ | 300 | 850/1065 | 220 | 780 | 875 | 225 | 1 |
| 第1ピンチロール | 75 | 850/1065 | 220 | 780 | 1085 | 225 | 1 |
| 第2ピンチロール | 60 | 850/1065 | 220 | 384 | 1120 | 290 | 2 |
| 第3ピンチロール | 75 | 850/1065 | 220 | 384 | 1120 | 290 | 2 |
| サイドトリニマ | 50 | 1150/1440 | 220 | 384 | 1150/1315 | 220 | 3 |
| アップコイル | 75 | 850/1065 | 220 | 384 | 945 | 220 | 3 |

入側速度は700~800 FPM の如く約2倍の運転速度が要求される。したがって酸洗の工程中の帯鋼を操作する直流電動機は最小2群に分ける必要があり、さらに操作を便利に行うために3群あるいは4群にも分割する方式も採用される。いずれも直流発電機によるロードレオナード制御方式である。

1表に示す電動機表は当社の製作した酸洗用主要電動機一覧表の一例である。プロセッサおよび第1ピンチロール電動機は第1直流発電機300 kW、第2および第3ピンチロール電動機は第2直流発電機150 kW、サイドトリニマおよびアップコイル電動機は第3直流発電機125 kW より運転される。これらの電動機および発電機の主回路接続図を2図に示す。図に示す如くプロセッサおよび第1ピンチロール電動機はその間に配列された溶接機あるいはステッチャー運転のために正逆の運転が別個に必要であるので主回路において発電機との接続を切換える。この運転は低速においてのみ行われる。

第2ピンチロールと第3ピンチロール電動機はその間に酸洗および水洗槽があり運転中自動的に槽内を通過する帯鋼のループをほぼ一定に保つ必要がある。この自動調整の方法としてダンサーロールによる方法あるいは磁気検出器を使用する方法もあるが、簡単にして有効な方式としてロートロール増幅発電機による自動電流調整によつて行う方式を採用した。

2図に示す如く牽引側の第3ピンチロール電動機加速度と送り出し側の第2ピンチロール電動機の速度が一定であれば酸洗および水洗および水洗槽の液の濃度および温度は一定に調節されているから、この中を通る帯鋼によ

るループはほぼ一定でありしたがって第3ピンチロールの負荷電流も一定となる。もし両電動機の間速度差が生じループが変化すれば第3ピンチロールの負荷電流も変化する。したがってこの電流変化をロートロール増幅発電機により増幅して第2ピンチロール電動機の界磁電流を調整して第2ピンチロールの速度を自動的に制御しループを一定に保たせている。なお別個に酸洗槽内のループ量を指示する装置として磁気検出器を使用して指示器によつて監視できるように設計してある。

ウ. 運転操作

第1発電機によりプロセッサを運転し帯鋼はアンコイルより引出され第1剪断機によりその前端を切断され、再びプロセッサにより溶接機あるいはステッチャーまで送られて停止する。前の帯鋼の後端は第1ピンチロールにより逆送せられ溶接機あるいはステッチャーにより継ぎ合わされる。継ぎ合わせた帯鋼は第1発電機により、プロセッサおよび第1ピンチロール電動機を同時に運転し、入側規定速度まで加速されルーピングビットに貯えられる。一方において第2および第3ピンチロールにより出側規定速度にて帯鋼を酸洗および水洗槽を通過させて酸洗作業を行いつつ、第3発電機により運転されるサイドトリムにより耳を切落しアップコイルにより巻取られる。

規定コイルの縁に近づけば第2および第3発電機の電圧を下げ速度を落し停止し継ぎ合せ個所において剪断し、次で第3発電機の電圧を再び上昇せしめアップコイルに早く巻取り停止してコイルを押出す。コイルが押出された後再び第2および第3発電機の電圧を同時に上昇せしめて規定の速度まで加速して次の帯鋼の巻取作業を行う。

3. 電気清浄装置

冷間圧延によつて圧延された帯鋼は表面に油気が多い。油気があれば次の焼鈍中に表面が汚れ、メッキの場合見かけが悪くまたそこから早く腐蝕するので、油気を

除去することが必要である。油気を除く装置として電気清浄装置が用いられる。

ア. 機械設備

連続式電気清浄装置は3図に示すように次の順序に主要な機械が配置される。

(1) 送りリール (2) 剪断機 (3) 溶接機 (4) 第1アルカリ液槽 (5) 電気清浄槽 (6) 第2アルカリ液槽 (7) 熱風乾燥機 (8) ピンチロール (9) 張力調整ロール (10) 巻取機

まず送りリールより送られた帯鋼は前端を剪断機により切断し前の帯鋼の後端とを溶接機により溶接され、支えロールによつて第1アルカリ液槽に送られる。このアルカリ液槽によつて表面の油気を取り易くし次に回転ブラシローラを通して表面を掃除し荒仕上されて電気清浄槽に送られる。

電気清浄槽はアルカリ液にて満されその中に上下に配置されたグリッドの電極が8組置かれ、その間を支えロールによつて帯鋼が通される。8組の電極は3尺間隔に配置され2群に分れそれぞれ直流発電機に接続される。各群は4組に分れ最初の2組は直流発電機の陽極に、次の2組は陰極に接続され順次この順序に配置される。アルカリ液は電解液として帯鋼と共に電気回路を形成しこの液中を通過しつつ電氣的に帯鋼の両面は清浄にされる。

電気清浄槽より出て再び回転ブラシローラを通り、高圧の水にて洗浄され熱風乾燥機により乾燥されてピンチロールに送られる。運転中はこのピンチロールにより入側よりの帯鋼を牽引するが最初帯鋼をこのピンチロールまで通す前に所々に交流電動機によつて駆動される送りロールが設置されている。

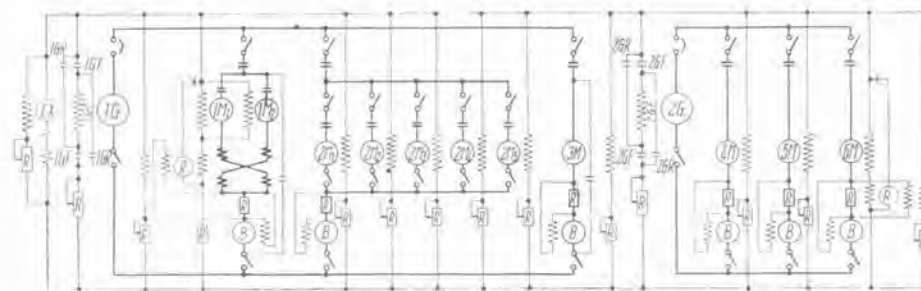
ピンチロールよりループを作つて張力ロールに入り最後に巻取機によりコイル状に巻取られる。巻取の際は張力ロールとの間に張力をかけ強く巻き取られる。規定の縁に巻取られれば巻取機は停止し帯鋼は切断されて巻取機より押出され直に引続いて巻取が始められる。

イ. 電気設備

今回製作した電気清浄装置は2,000 FPMの帯鋼速度で運転せられる。送りリール、支えロール、ピンチロールの各直流電動機は100kW 直流



3 図 電気清浄用機械配置図
Fig. 3. Layout of apparatus for electric cleaning.

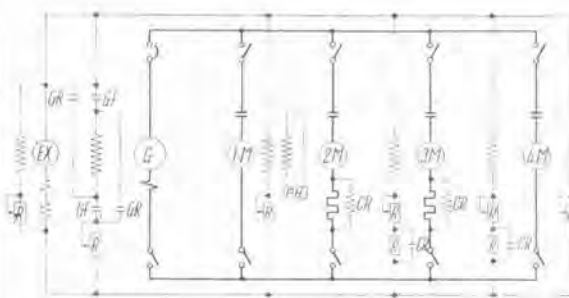


4 図 電気清浄用主回路接続図
Fig. 4. Connection diagram of main circuits for electric cleaning.

- 1 $M_1, 1M_2$ 送り出しリール電動機
- 2 $M_1 \sim 2 M_4$ 支えロール電動機
- 2 M_5 ブラシロール電動機
- 3 M ピンチロール電動機
- 4 M 張力上ロール電動機
- 5 M 張力下ロール電動機
- 6 M 巻取電動機
- R 昇圧機
- R ロートロール増幅発電機
- 1 G 第1発電機
- 2 G 第2発電機
- EX 励磁機

2 表 電気清浄用主要電動機一覧表 帯鋼速度 2,000FPM

| 機械名称 | 電動機定格 | | | 機器運転特性 | | | 発電機 |
|-------------|---------|-----------|-----|----------|------------|-------|-----|
| | 馬力 | 回転数 rpm | 電圧 | 帯鋼速度 FPM | 電動機回転数 rpm | 電動機電圧 | |
| 送り出し リール | 10/15kW | 500/2200 | 230 | 2,000 | 603/2490 | 270 | 1 |
| 支えロー ル | 2 | 1475/2215 | 220 | 2,000 | 2090 | 270 | 1 |
| ブラシロ ール | 2 | 1150/1725 | 220 | 2,000 | 1630 | 270 | 1 |
| ピンチロ ール | 100 | 575/865 | 220 | 2,000 | 765 | 270 | 1 |
| 張力下ロ ール | 100kW | 300/450 | 330 | 2,000 | 410 | 330 | 2 |
| 張力上ロ ール | 40kW | 300/450 | 330 | 2,000 | 410 | 330 | 2 |
| 巻取機 | 300 | 300/1200 | 330 | 2,000 | 1105/265 | 330 | 2 |



6 図 フライング剪断機主回路電気接続図
Fig. 6 Connection diagram of main electric circuit of flying shear.

発電機により、また上下張力ロールおよび巻取機は 200 kW 直流発電機により運転される。各電動機の定格は 2 表に示し 4 図はその主回路の接続図である。帯鋼の速度が相当高速であるから各電動機のため速度協調のために昇圧機を各電動機主回路に入れ電圧降下補償を行うと共に必要に応じて寸動運転をこれによつて行うことができる。

電気清浄用直流発電機は 4,000A 20V 直流発電機 2 台よりなり、300 HP 3,300V 60~450 rpm 同期電動機により駆動せられる。

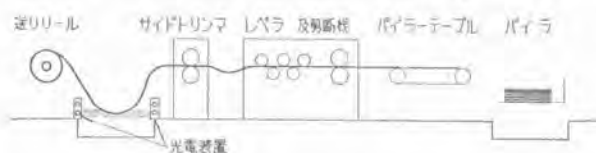
直流発電機の高端子は電極に対して交互に接続されており、清浄運転を停止した場合、帯鋼のたるみにより両電極が短絡される恐れがあるので停止と同時に直流発電機の界磁を開かねばならない。運転中は送りリールおよび張力ロールは発電機として作用し送りリールおよびピンチロール間ならびに張力および巻取機間に適当な張力を与えて運転される。この張力は運転中リールの径の変化に対して常に一定に保つ必要があり、このために各界磁回路にロートロール増幅発電機を設け主回路電流に比例して増幅発電機の電圧を変化し界磁電流を調整し、送りリール発電機は径が大より小に変化するに従い界磁電流を減少し、また巻取電動機は径が小より大に変化するに従い界磁電流を増大せしめ定出力すなわち定張力制御を行わしめている。

4. 剪断機設備

ア. 機械設備

冷間圧延機によつて圧延された帯鋼は走間剪断機（フライング シャー）によつて一定の長さに剪断される。剪断設備の一例を 5 図に示す。

冷間圧延によつて巻取られた帯鋼は送りリール機によ



5 図 フライング剪断機配置図
Fig. 5. Layout of flying shear.

3 表 フライング剪断機電動機一覧表

| 機械名称 | 電動機定格 | | | 機器運転特性 | | |
|---------|-------|-----------|-----|----------|------------|---------|
| | 馬力 | 回転数 rpm | 電圧 | 帯鋼速度 FPM | 電動機回転数 rpm | 電動機電圧 |
| 送りリール | 20/25 | 625/2500 | 220 | 500 | 517/2130 | 180/220 |
| サイドトリシマ | 20 | 1150/1725 | 220 | 500 | 1200/1440 | 220 |
| レベラ及剪断機 | 60 | 690/1035 | 220 | 500 | 690/815 | 220 |
| パイラ | 3 | 300/600 | 220 | 500 | 320 | 220 |

つて鉄板を送り出し、サイドトリシマによつて両側の耳を切断する。送りリールとサイドトリシマの間にはループを持たせてあり、ここにてループ調整装置によつて一定のループを保つように送りリール電動機を制御する。トリシマよりレベラおよび剪断機に送られ鉄板を矯正しつつ走間剪断機により所定の長さに剪断される。剪断された鉄板はテーブルによつて堆積機（パイラ）に送られ積重ねられる。

イ. 電気設備

6 図に示す如く一連の関係せる機械は直流電動機によつて駆動せられ、75kW 直流発電機と共にロードレオナード制御方式により制御される。

各機械の電動機定格は 3 表に示してある。送りリールとサイドトリシマ間にはループを持たせ剪断の進むに従い送りリールの径が減少すればループは次第に減少する。このループの量を一定に保つには手動によつてリール電動機の界磁を制御する必要がある。

当社においては自動的にループを取去るために光電管によつて鉄板の重みを検出し増幅して送りリール電動機の界磁を制御する方式とした。

サイドトリシマとレベラおよび剪断機とは機械的に慣性率が非常に異なるので両者を同時に加速するために速度上昇率をできるだけ合せることが必要である。

これに対して制御方法は種々考えられるが、最も簡単な方法として電流継電器を使用し加速中各電動機が同一の速度上昇を行うに必要な起動電流値に常に一定に保たしめるよう電動機界磁を制御する方式を採用して満足な運転を行つている。

最近の圧延機用誘導電動機と同期電動機

長崎製作所 片山 仁 八 郎*

神戸製作所 松 村 敏 三*

Latest Induction Motors and Synchronous Motors for Rolling Mill

Nihachiro KATAYAMA.

Toshizo MATSUMURA

Nagasaki Works

Kobe Works

With their simple, sturdy construction both mechanically and electrically, induction motors have been extensively used for the rolling mill of constant speed operation, whereas synchronous motors, inspite of advantage in the power factor correction, and high efficiency are rarely applied for the same purpose on account of relatively inexpedient starting procedure. Overcoming this handicap, however, they have come to be used gradually nowadays. This is a brief description of various remarks concerning the these two kinds of motors together with the latest development.

1. 圧延機用大型誘導電動機

誘導電動機の特長は、構造が簡単で、機械的にも電気的にも極めて頑丈で、制御方法もまた簡単なことである。この固有の特性に加えて、圧延機用誘導電動機は、とくに構造的には軸受を低く頑丈に、固定子は台床上に摺動して回転子を露出して点検でき、コイルの鉄心溝への納め方や端巻部の締付には、特別の注意が払われており、電気的には過負荷耐量や最大トルクを、とくに大きくするなどの注意が払われている。誘導電動機は、定速度運転の圧延機用として一般に広く使用されるが、尖頭負荷のかかる場合に、フライホイールを利用して、電気的および機械的の尖頭負荷を制限する使用方法は、もつとも特長とするところである。このためには、制御装置に優秀な自動滑り調整器を使用することが必要である。以下最近の圧延機用誘導電動機の特長と、新型自動滑り調整器について述べる。

ア. 最近の圧延機用大型誘導電動機のおもな特長

- (1) 絶縁階級をあげて寿命の増加をはかること
 - (2) 保護方式が強化されたこと
 - (3) イルグナ方式では高速化せられる傾向にあること
- (1) B種絶縁の採用

終戦後における無アルカリガラス繊維の進歩は、電線被覆材やマイカ貼付基材としてのガラステープ・ガラス布が充分実用に供し得る状態となり、また、各種合

成樹脂の開発が目覚しく進歩し、いわゆる完全 B 種絶縁が実施し得るようになり、Vital use の大型電動機には広く採用せられている。圧延機用大型電動機ではさらに温度上昇を規格値以下に制限して寿命の増加をはかることが多い。すなわち B 種絶縁で温度上昇 40°C 周囲温度 40°C という仕様の場合が多く、このときには絶縁の寿命はほとんど永久的と考えて差支えない。

(2) 保護方式の強化

ほとんど空気濾過器付強制通風方式が採用せられ、特別な場合には電気室全体の Air Conditioning を行う



1 図 日亜製鋼 3,000 HP 3,300 V 60~10 P 720 rpm 閉鎖他力通風型誘導電動機

Fig. 1. 3,000 HP 3,300 V 60~10 P 720 rpm enclosed forced ventilated induction motor for Nichia Steel Mill.

こともある。したがって電動機本体の通風冷却方法について慎重な考慮を要する。また、休止中の加熱用スペースヒータ・線輪内部・軸受裏金等の埋込温度計による過熱保護装置等を使用する。

(3) 高速化

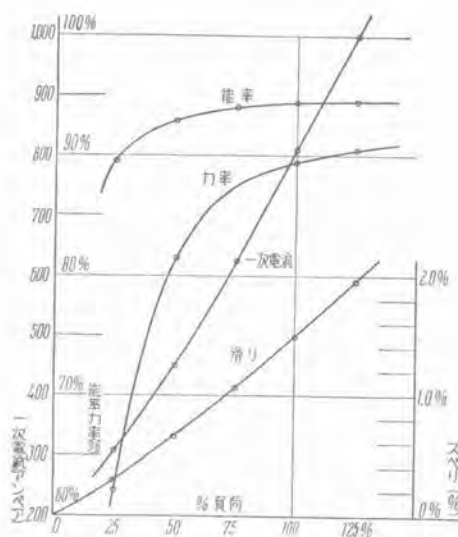
回転機を高速化して小形、軽量化せんとする傾向は、すべての分野に見られる処であるが、イルグナ方式圧延機においても同様である。400~5000 HP 以上のイルグナセットでは、従来 400 rpm 程度以下であつたが最近 500~600 rpm まで上昇せしめる傾向である。かかる速度になれば電動機回転子周速は 60 m/sec 前後となり、回転子各部の機械的応力が増大し、その材質・構造について細心の注意を払わねばならない。以上最近の圧延機用大型誘導電動機的主要特長について述べた。

3 図は特性曲線の一例である。



2 図 徳山鉄板 No. 2. 1,500 HP 3,300 V 60~ 28 P 閉鎖他力通風型誘導電動機

Fig. 2. 1,500 HP 3,300 V 60~ 28 P enclosed forced ventilated induction motor No. 2 for Tokuyama Steel Plate.



3 図 5,000 HP 3,150 V 60~ 14 P 514 rpm 三相巻線型誘導電動機特性曲線

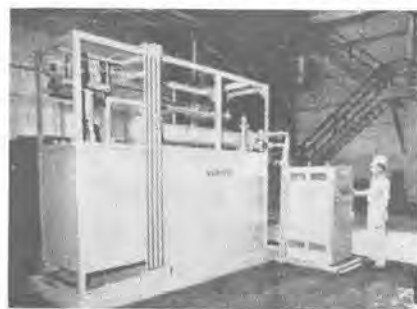
Fig. 3. Characteristic curve of 3 Phase wound rotor type induction motor 5,000 HP 3,150 V 60~ 14 P 514 rpm.

2. 新型自動滑り調整器

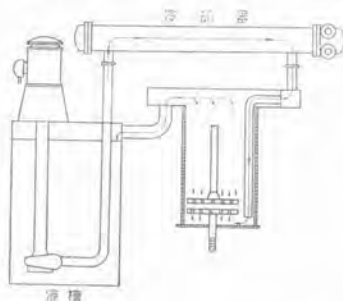
尖頭負荷のかかる圧延機を誘導電動機で運転する場合には、フライホイールを取付け尖頭負荷の場合にその速度を落して、電動機にかかる尖頭負荷を制限することが多い。

この電動機を速度を制御するためには、500 HP 以下ぐらいまでは固定のスリップ抵抗を使用することが多いが、容量が大になれば自動滑り調整器を使用する。この自動滑り調整器の性能如何は、フライホイールの利用効果と電力節約に大きな影響がある。

従来のトルク電動機操作型のものは、種々の点で不満の点があつたが、最近当社はロートロール制御による優秀なものを完成した。4 図はその外観、5 図は構造要領、6 図は操作回路接続である。電極は各別の絶縁筒に納められ、冷却された抵抗液は極板の下方から供給されて上に進み、共通のオーバーフロー室から液槽に入る。ここから電動ポンプで冷却器に送られ、冷却された液はふたたび電極板の下方に供給される。可動電極は直流分巻電動機で操作されるが、可動部分は重量も慣性も小さいので、小容量の電動機で軽快に操作される。直流電動機は、ロートロール発電機から電力を受けるが、ロートロールは、定電圧電源から励磁される基準界磁と、圧延電動機の負荷電流を整流して励磁され基準界磁と同じ強さで極性反対の制御界磁と、他に補助の自励直巻界磁との、3 組の界磁を備えている。圧延電動機の負荷電流が所定の値の場合には、基準界磁と制御界磁とは相打消して、ロートロール発電機は電圧を発生しないので、操作電動機は停止しているが、圧延電動機の負荷電流が変化すれば、それに従つてロートロール発電機は電圧を発生し、操作電動機は電極板を上下のいずれかに動か

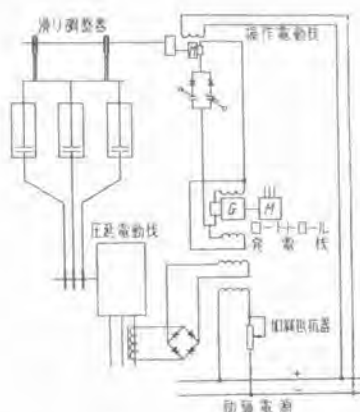


4 図 新型ロートロール制御自動滑り調整器
Fig. 4. New Rototrol control automatic slip regulator.



5 図 新型自動滑り調整器構造要領

Fig. 5. Outline of construction of new automatic slip regulator.



6 図 新型自動滑り調整器接続

Fig. 6. Connection diagram of new automatic slip regulator.

して、自動滑り調整器の抵抗を加減する。補助自動直巻界磁は増幅と速応作用とを助ける。基準界磁の加減抵抗によつて、圧延電動機の負荷電流の整定は容易にできる。

この新型自動滑り調整器の特長は、構造上と冷却効果の点から小型で液量が少なくてすみ、分解点検が容易で、感度が良く動作が敏速で、調整が容量なことである。

3. 圧延機用同期電動機

同期電動機は同じ交流電動機である誘導電動機に比して、力率がよくかつ進み力率もとれ、したがつて工場全体の力率調整も行えること、能率がよいこと、空隙が大きいこと、一定速度運転であること等のすぐれた点を有しながら、各方面に利用されなかつたのは、その起動特性のためであると考えられる。すなわち所要のトルクに対する起動電流が、誘導電動機に比して相当大きく、したがつて電源容量がこれらの起動電流に対し小さい場合には、上述の如きすぐれた諸点をもっているにもかかわらず、同期電動機を使用することができなかつたわけである。しかしながら、同期電動機の起動特性に対する改良と共に、また一方電源容量も大となり、今日では同期電動機はあらゆる方面に利用されるようになってきた。その一応用として圧延機運転にも多くの同期電動機が使用されている。

不変速度運転をする圧延機は、可逆運転を行わず、またその圧延機にて生産される製品の寸法および形状が、大体決つているものに用いられる。これらの圧延機運転に同期電動機が用いられるわけで、1 台の電動機にて数スタンドを運転する連続式中小型ミル、線材ミルの如く、圧延時間が相当長く尖頭負荷のあまり大きくないものに最も適しているが、最近は連続式圧延機の粗圧延機の如く、間歇的に大きな負荷のかかるような圧延機の運転にも次第に多く使用されつつある。

同期電動機使用に当り、まず第一に考えねばならないことは、起動である。通常起動はカゴ形誘導電動機として行ふが、その方法については、電源容量と圧延機より要求されるトルクとを考慮して選定すべきである。次に起動方法としては、全電圧起動と減電圧起動とに分れる。全電圧起動とは定格端子電圧を電動機にそのまま加えて

起動する方法であつて、操作が簡単であるが、一般に起動電流が大であつて、比較的起動電流の少い低速度同期電動機にはこの方式が採用されることが多い。減電圧起動は一般によく用いられ、起動補償器あるいはリアクタを用いて、電動機に加える電圧を減じて起動する方法である。起動補償器による場合とリアクタによる場合とを比較すれば、前者は同一トルクに対する起動電流が小さく、したがつて比較的電源の小さい場合に有利であるのに反し、後者は電動機加速に従ひ起動電流が減少し、したがつてリアクタによる電圧降下が小となり、電動機に加わる電圧が増し、加速トルクがしたがつて増加し、前者の場合よりも速くかつ円滑に加速されるという利点を有し、電源が比較的大にして、起動電流の電源に対する影響があまり問題にならない場合には後者が採用されている。

しかしいずれの起動方式を採用するにしても、同期電動機は圧延機の要求するトルクを満足させる起動特性を有していなければならない。また圧延の尖頭負荷はそのまま電動機にかかるわけであつて、圧延機の種類によつて、脱出トルクを適当な値に決定しなければならない。1 表は米国 NEMA 標準規程によるものであつて、各種圧延機について、同期電動機を使用した場合に必要な起動率入および脱出トルクの数値を示している。1 表によれば、二、三のものを除いては、起動トルクは 40~60 %、率入トルクは 40~50 %、脱出トルクは 250~300 % となつている。起動トルク、率入トルクについては、上記程度の数値は同期電動機としては、普通の数値であつて別にとくに考慮を払う要もないが、脱出トルクについては、他の用途に比して相当大きく、したがつて機械寸法もこの脱出トルクの数値により決定され、いわゆる oversize machine となつている。しかし尖頭負荷に対し、急速に過励磁を行い、脱出トルクを増す等の方法をとれば、機械寸法をそう大きくする必要もない。また上

1 表 同期電動機を使用した場合各種圧延機に要する起動率入および脱出トルク (米国 NEMA 規程より抜萃)

| 圧 延 機 の 種 類 | 起動トルク $\frac{T_s}{T_n}$ | 率入トルク $\frac{T_a}{T_n}$ | 脱出トルク $\frac{T_b}{T_n}$ |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Structural & Rail Roughing Mill | 40 | 30 | 300 |
| " " Finishing Mill | 40 | 30 | 250 |
| Plate Mill | 40 | 30 | 300 |
| Merchant Mill train | 60 | 40 | 250 |
| Billet, Skelp & Sheet Bar Mill | 60 | 40 | 250 |
| continuous with lay shaft drive | | | |
| Rod Mill, continuous with lay shaft drive | 100 | 60 | 250 |
| Hot Strip Mill, continuous individual drive roughing stand | 50 | 40 | 250 |
| Tube Piercing & Expanding Mill | 60 | 40 | 300 |
| Tube Rolling (Plug) Mill | 60 | 40 | 250 |
| Tube Reeling Mill | 60 | 40 | 250 |
| Sheet & Tin Mill (cold roll) | 200 | 150 | 250 |
| Brass & Copper Roughing Mill | 50 | 40 | 250 |
| " " Finishing Mill | 150 | 125 | 250 |

記程度の起動トルクに対して、起動電流はどの程度の大きさになるかという点、圧延機用として比較的多い 500 rpm 前後の電動機について考えてみますと、概略つぎのような数値になる。すなわち起動トルク 40 % に対して、リアクタ起動による場合には 350~400 %、起動補助器による場合には 175~200 % 程度の起動電流となる。なおこれらの数値は普通のカゴ形起動巻線による場合であつて、また定格力率・回転数等により異なるので上述の数値は一応概略値として示した。さらに起動トルクに対して小さい起動電流を要求される場合には、二重カゴ形深溝形あるいは逆 T 形等の特殊起動巻線を採用する等の考慮が必要となる。1 表において、起動率入トルクが 100 % 以上のものが二、三あるが、この種圧延機運転用の同期電動機には、いわゆる重負荷起動用と考えられている種類の同期電動機を採用することも考えられる。なお重負荷起動用同期電動機としては、固定子回転起動型同期電動機・電磁クランチ付同期電動機・誘導同期電動機・巻線型起動同期電動機等がある。

一般に圧延機用電動機の型式は、閉鎖他力通風型が多く用いられており、また電動機の定格はすべて連続定格であり、力率はほとんどその大なる脱出回転力を考慮して 0.8 進み力率を採っているが、力率 1.0 の定格にても差支えない。

温度上昇についても、圧延機用電動機については、40°C の周囲温度に対して、B 種絶縁を用いて、温度計法により、40°C あるいは 50°C 上昇を採用している。一般のものについては、JEC-114 同期機に規定されているように、40°C の周囲温度に対して、温度計法により、A 種絶縁を用いた場合 50°C、B 種絶縁を用いた場合 70°C であるのに比して、その使用状態が苛酷であるという考慮の下に、充分使用に堪えるように、温度上昇についてかかる安全率を考慮しているわけである。

励磁方式については、ほとんど電動機直結とせず、別に設けた電動発電機によつてゐることが多い。とくに他に直流電源を必要とする場合が多く、これらの場合には、他の直流電源を総合した計画の中に含めて考えられるので、電動発電機によることが多いわけである。

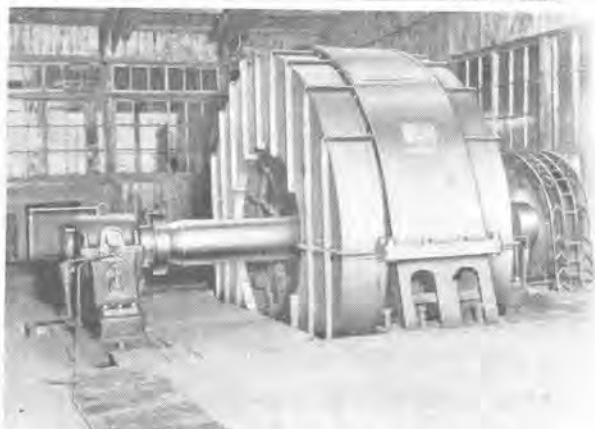
圧延機用同期電動機として当社で製作したものを示せば、2 表のとおりになる。2 表に示す同期電動機を 7 図および 8 図に示す。

一般に圧延機用同期電動機は、据付状態のままにて固定子を軸方向に摺動することが可能であつて、このため線輪・鉄心の点検保守が極めて容易であり、また組立分解の際にも極めて好都合である。その他圧延機用同期電動機の特長としては、その苛酷な使用状態に対して、頑丈なことにとくに考慮を払つてある。

この他、圧延機運転用とは異なるが、圧延機用電動機として非常に多くの直流電動機が用いられており、これら直流電動機の電源としての直流発電機の駆動電動機としても、これまた多くの同期電動機が用いられている。し

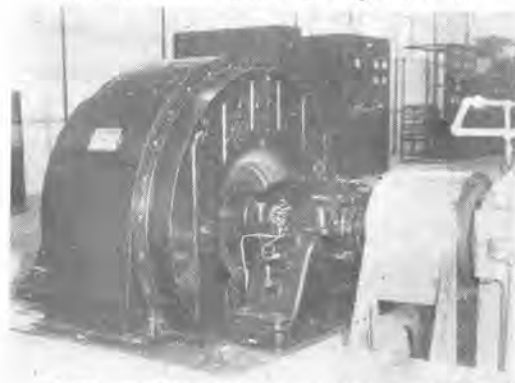
2 表 圧延機用同期電動機製作経歴表

| 納入先 | 出力 HP | 電圧 V | 周波数 ~ | 回転数 rpm | 極数 | 力率 | 製作 台数 | 圧延機の 種類 | 製作 年 |
|--------------|----------|---------|----------|------------|----|-----|----------|----------------|---------|
| 富士製鉄 (輪西) | 4,000 | 3,000 | 50 | 500 | 12 | 0.8 | 1 | ビレットミ ル | 昭15 |
| 日亜製鋼 (呉) | 1,250 | 3,300 | 60 | 514 | 14 | 0.8 | 4 | 熱間連続帯 鋼和圧延機 | 昭28 |



7 図 富士製鉄(輪西)納入 4,000 HP 3,000 V 3 φ 50~500 rpm 12 極同期電動機

Fig. 7. 4,000 HP 3,000 V 3 phase 50~500 rpm 12 p synchronous motor for Fuji Steel mill.



8 図 日亜製鋼(呉)納入 1,250 HP 3,500 V 3 φ 60~514 rpm 14 極同期電動機

Fig. 8. 1,250 HP 3,500 V 3 phase 60~514 rpm 14 P synchronous motor for Nichia steel mill.

3 表 圧延設備用直流発電機駆動同期電動機の代表的製品

| 納入先 | 出力 HP | 電圧 V | 周波数 ~ | 回転数 rpm | 力率 | 製作 台数 | 製作 年 |
|-----------|----------|---------|----------|------------|-----|----------|---------|
| 日亜製鋼(呉) | 10,000 | 6,600 | 60 | 360 | 1.0 | 1 | 昭27 |
| 八幡製鉄(戸畑) | 8,500 | 11,000 | 60 | 450 | 1.0 | 2 | 昭28 |
| 住友金属(和歌山) | 7,500kW | 6,600 | 60 | 514 | 1.0 | 1 | 昭27 |
| 八幡製鉄(戸畑) | 5,200 | 3,300 | 50 | 375 | 1.0 | 1 | 昭14 |

かしながらこれら同期電動機はただ比較的大なる脱出トルクを有している以外は、発電機駆動用のため、その起動性も何等特別の要求もなく、起動率入トルクも極めて小さくても差支えない。型式構造および温度上昇については、上述の圧延機運転用電動機と同様に考えて製作している。その最近における代表的製品を 3 表に示す。なお 3 表に示す同期電動機はまた容量の点からみて記録的製品である。

以上圧延機用同期電動機としてとくに考慮すべき諸点について述べたが、要するに甚だ苛酷な使用状態に対しても、充分安全に運転し得るように、設計・工作に当り注意を払うことが必要である。

製鉄用イグナイトロン整流器

(旧丹製作所)

己斐健三郎*

Ignitron Rectifiers for Steel Industry

Kenzaburo KOI

Itami Works

Ignitron rectifiers are welcomed of their excellent performance and are applied for various purposes, of which the use as an auxiliary or main electric power source for the rolling mill motdrs in the steel industry is another achievement of this apparatus. Large sized air cooled units are now successfully built as well as water cooled ones. Being stationary apparatus, they require a less sturdy floor and simple foundation. These various advantages outweigh snuihat somewhat poor power-factor. Descriptions are made herein about many specific points of design together with our experience.

1. まえがき

イグナイトロン整流器は単陽極型点弧子付の独特の水銀整流器で直流電源として各方面でその優秀性を認められ高性能を発揮しているが、本器はまた製鉄圧延設備用主電源あるいは補助電源としても優れた特性を有している。とくに最近では水冷式イグナイトロンのほかに純風冷の大容量イグナイトロンも完成され、一層斯界のご要望に応え得ることとなつた。以下これらについて概略をご紹介します。

2. イグナイトロン整流器の特長

元来水銀整流器は回転機に比して多くの特長を有しているが、なかんずくイグナイトロンは他種整流器に比しその特長が顕著となる。これらの特性を経済的および電気的特性に分けてみると次の如くなる。

ア. 経済的特性

イグナイトロン整流器は小形軽量である。このため運搬、据付工事が容易で、また静止器であるため静的重量のみに堪える床があればよく基礎工事が非常に簡単となる。通風冷却装置等の付帯設備が回転機に比して簡単である。水冷式イグナイトロンの場合は、冷却水槽・ポンプ等の冷却装置一式をイグナイトロン床板上に小形にまとめたものも製作されており、配管工事也非常に簡単に行われる。したがって一般に建設費が低廉となる。

一方運転経費に関しては回転機のようにブラシ、整流子等の取替部分、定期的手入部分がほとんどなく（水冷式の場合は再冷器等の点検手入等を年1回程度行う必要がある）、保守が容易であり運転操作も簡単である。したがって保守員も少くてよく補修費、人件費の節減と損失電力の減少によつて運転経費も低廉となる。

イ. 電気的特性

電率が高く低負荷においても余り低下しない。とくにイグナイトロンは陽極陰極間の距離が小で電弧路長が短いため電弧電圧降下による損失がきわめて小である。

過負荷耐量が大である。直流機の場合は瞬時過負荷に対しても閃絡の危険があるが、水銀整流器は本質的に強い構造となつており短絡等の大きな過負荷にも堪えることができる。

また電圧制御が容易で、しかもきわめて迅速に行うことができる。これは機械的にも回路的にも慣性が非常に小さなためで回転機のレオナード制御では得難い点である。またこれらの制御に要する電力も僅少である。さらに水銀整流器はそれ自体の弁作用を利用し消弧遮断を行うことができる。これにより故障電流は急速に遮断でき正性直流遮断器は不要となる。

以上整流器の優位性についてのべたが次にその短所と目される点について考えてみる。

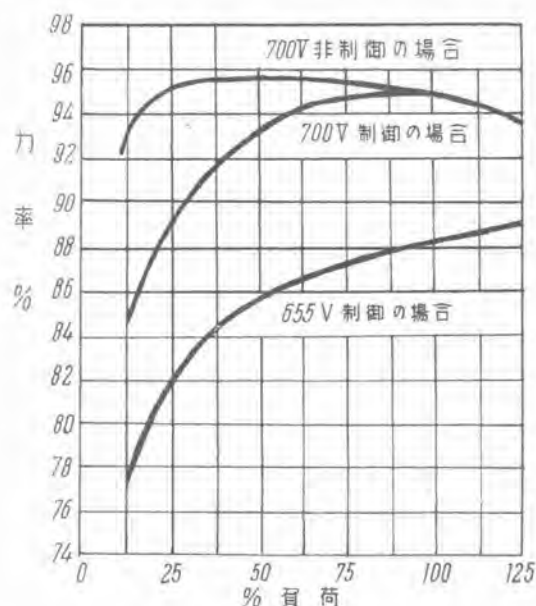
整流器の使用にあたりまず問題となるのは信頼度であ

る。これは逆弧と寿命の問題である。逆弧については、すでに非常に多くの研究が行われその原因もほぼ究明され設計、構造等の不備による逆弧は解決せられている。ただきわめて稀に生ずる偶発的逆弧が、わずかに残されているという現状である。しかもこれらの偶発的逆弧の発生は、使用回路によつて定り、整流器にかかる逆電圧と転流時の電流変化率の積によつて定る。したがつてこれらの点を考慮して慎重に使用整流器の容量を決定することにより、前記の偶発的逆弧を皆無とすることも可能である。

あるいはまた転流時の陽極電流変化を少とするために交流側に転流リアクタンスを付加し整流器の負担を軽くする方法もとられている。一方発生した逆弧に対しては、消弧遮断、あるいは高性能の逆性高速度遮断器によつて故障電流を速かに遮断することができる。さらにまた各陽極に小形高速の陽極遮断器をつけることにより、逆弧時その不良極のみを遮断し、他の健全極で運転を継続し短時間で自動的に再閉路を行い旧に復する方法もとられる。

以上のことから明らかなように現段階においては、整流器はすでに回転機と同程度の信頼度を有するものと見做し得る。また寿命に関しては元来整流器の耐用年限はほとんど冷却水套部の電食によつて決定せられていたが、イグナイトロンにおいてはこれら水套部は水銀ポンプも含めてすべて耐食性の大きな銅管を使用しているためこの点問題はなく、また風冷式イグナイトロンの場合は全く懸念する必要がない。なおイグナイトロン整流器については点弧子を使用しているためその寿命について危惧せられる向もあるが、点弧子については十分な実績と研究にもとずき3年以上の寿命を保証している。かつこの取換はきわめて容易に短時間に行うことができることは申すまでもない。

つぎに整流器運転上の1つの欠点として上げられるも



1 図 水銀整流器の力率

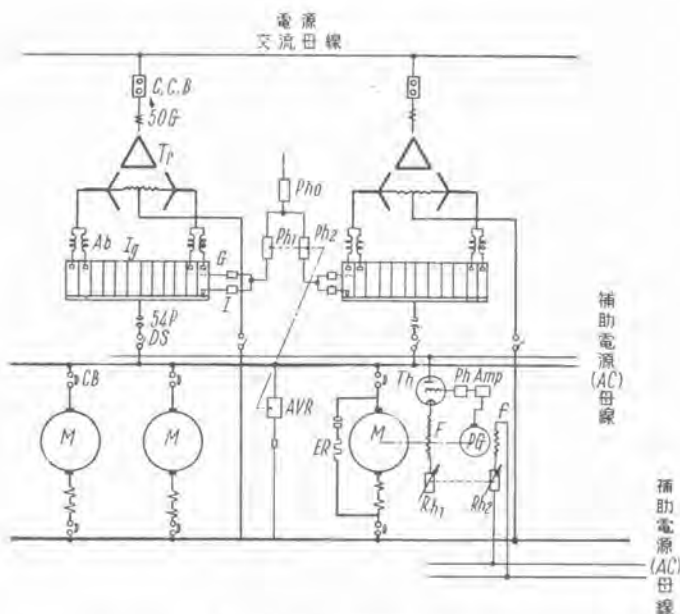
Fig. 1. Power factor of mercury rectifier.

のに力率がある。一般に水銀整流器は位相制御によつてきわめて容易に電圧制御を行うことができるが、反面その制御度に応じて力率が低下する。したがつて起動時等短時間低電圧に制御する場合は別として、定格電圧以下で長時間運転する場合、位相制御でこれを行うことは好しくなく、普通変圧器タップの切換または別に単巻変圧器を使用する方法が推奨せられる。これは単に力率向上の面からのみならず、位相制御量を小として使用することは整流器自体の負担を軽くする意味からも好しいことである。一般に位相制御を行わない場合の力率は95%程度で軽負荷においてやや低下する。1図にこの一例を示してあり位相制御によつて力率が低下している。

これらの諸点を総合してみると水銀整流器が今後製鉄方面において大いに採用せられることは明らかで、とく

1 表 製鉄用電源水銀整流器使用例

| 番 号 | 完成年度 | 単位容量 kW | 全容量 kW | 用 途 | 製 造 元 | 納 入 先 |
|-----|------|------------|-----------|-----------------------|-------|---------|
| 1 | 1942 | 1 3,000 | 3,000 | 10 in. Hot strip mill | 米 国 | 米 国 |
| 2 | 1943 | 1 2,500 | 2,500 | Merchant mill | " | " |
| 3 | 1945 | 2 3,500 | 7,000 | 66 in. Hot strip mill | " | " |
| 4 | 1949 | 2 5,000 | 10,000 | Hot strip mill | " | " |
| 5 | 1949 | 1 1,500 | 1,500 | Seamless tube mill | " | " |
| 6 | 1949 | 1 3,500 | 3,500 | Seamless tube mill | " | " |
| 7 | 1950 | 3 5,000 | 15,000 | 66 in. Hot strip mill | " | 仏 |
| 8 | 1950 | 3 5,000 | 15,000 | 56 in. Hot strip mill | " | オーストラリア |
| 9 | 1951 | 3 6,000 | 18,000 | 80 in. Hot strip mill | " | 仏 |
| 10 | 1950 | 1 4,000 | 4,000 | 79 in. Hot strip mill | " | 米 国 |
| 11 | 1951 | 2 5,000 | 10,000 | 54 in Hot strip mill | " | " |
| 12 | 1940 | 6 2,400 | 14,400 | Hot strip mill | 独 逸 | 独 逸 |
| 13 | 1950 | 30-700 | 21,000 | Hot strip mill | 英 国 | 英 国 |
| | | 総 計 | 124,900 | | | |



2 図 概略結線図 (その一)

Fig. 2. Schematic connection diagram (No. 1)

に精密で速応的な最近の高速ミルの発達に対しては本器によらねばならぬことはいうまでもない。1 表に米国その他における大容量ミル電源の使用例を示した。同表中 1, 2, 7, 8, 9 および 10 は Westinghouse 社のイグナイトロン整流器である。

3. ミル用電源としてのイグナイトロン整流器

ミルの駆動電動機電源としての整流器の接続方式としては次の 2 つの方法に分けられる。

- (1) 2 図に示すように大容量整流器数台で共通直流母線に給電し、これに各圧延電動機が並列に接続せられるもの。
- (2) 3 図に示すように各圧延の電動機が、それぞれ個有の整流器に接続せられるもの。

- C.C.B 油入遮断器
- 50G 消弧遮断装置
- Tr 主変圧器
- Ab 陽極平衡線輪
- Ig イグナイトロン整流器
- G 格子回路
- I 点弧回路
- Th サイラトロン電磁電線
- phoph 移相回路
- 54P 逆性高速遮断器
- CB 気中遮断器
- AVR 自動電圧調整装置
- M 主電動機
- ER 非常制動用抵抗
- F 電 磁
- PG バイロット発電機
- Rh₁Rh₂ 調整、抵抗
- f 電磁(PG 用)
- Amp 増幅器

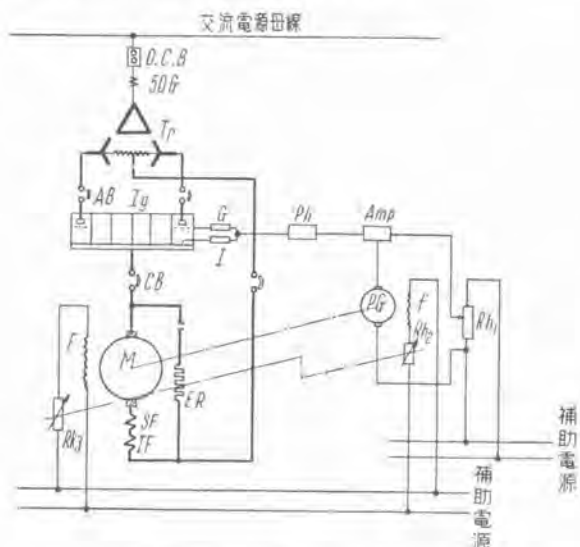
補助電源 (AC) 母線

いうまでもなく (1) は経済的に有利で予備器の設置も行われ信頼度が大となる。しかし各電動機の母線電圧は一樣となるため各電動機は速度制御は界磁によつて行われるため速応性はわるくなる。

(2) の方法は設備費は大となるが、電機子による各電動機の速応的制御が可能である。普通の連続式熱間帯鋼圧延機等に対しては (1) が採用され、非常に高速度の帯鋼あるいは棒鋼または線材圧延機等で速度制御のとくにやかましいものに対しては (2) または (1), (2) の折衷案が採用されている。すなわち仕上段階にのみ (2) を採用する方法がとられている。

これらの使用に適するイグナイトロンとしては風冷および水冷イグナイトロンがあることは前述のとおりで前者は使用に便利であるが外形寸法および重量が若干大となりかつ能率がわずかに低下する。

これらのイグナイトロンはいずれも 6 槽または 12 槽を 1 組としているが、さらに大容量のものは 1 変圧器に



3 図 概略結線図 (その二)

Fig. 3. Schematic connection diagram (No. 2)

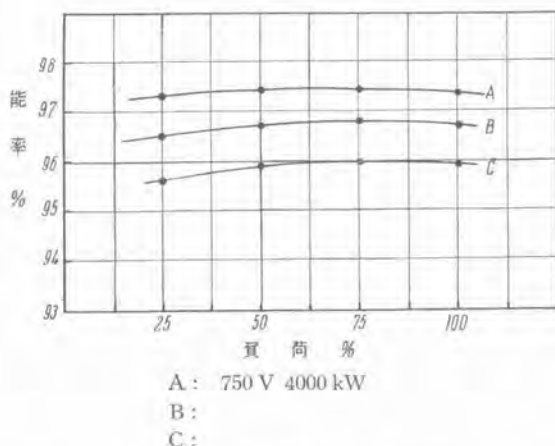
- C.C.B 油入遮断器
- 50G 消弧遮断装置
- Tr 主変圧器
- Ig イグナイトロン整流器
- AB 陽極遮断器
- CB 気中遮断器
- M 主電動機
- ER 非常用抵抗
- F 電 磁
- G 格子回路
- I 点弧回路
- PG バイロット発電機
- f 電磁 (PG 用)
- Ph 移相装置
- Ph₁Ph₂ 調整用抵抗
- Amp 増幅器

補助電源

2 表 イグナイトロン整流器概略寸法と重量

| 定格容量(300~600V) | | 水冷式イグナイトロン(6 タンク) | | | 風冷式イグナイトロン(6 タンク) | | |
|----------------|-------------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|
| 6 タンク | 12 タンク | 概略床面積 mm | 高さ mm | 総重量 kg | 概略床面積 mm | 高さ mm | 総重量 kg |
| kW | | | | | | | |
| 300~500 | | 1250 × 2650 | 2000 | 1500 | 1400 × 2800 | 2300 | 2450 |
| 500~750 | | 1300 × 2700 | 2550 | 2000 | 1500 × 3000 | 2400 | 2600 |
| 750~1,000 | | 1400 × 2850 | 2550 | 2900 | 1600 × 3200 | 2600 | 3300 |
| 1,500~2,000 | 3,000~4,000 | 1500 × 3000 | 2600 | 3800 | 1700 × 3500 | 2800 | 4000 |

備考 1. 12 タンクの場合は上表のほぼ 2 倍となるが、タンク配列方式で変化する。
2. 定格は位相制御量によつて若干変化する。



4 図 イグナイトロン整流器の能率
Fig. 4. Efficiency of Ignitron rectifier.

対して 24 槽を接続したものもできる。

定格直流電圧としては 750~600 V が採られ能率の点より 750 V または 700 V が適当である。

標準容量としては 4,000 kW より 300 kW 程度の各種のものを製作しており、これらの概略外形寸法と重量を 2 表に示してある。過負荷定格としては普通 125 % 2 時間 200 % 1 分間が採用せられている。

なお能率として 4,000 kW 風冷式および水冷式イグナ

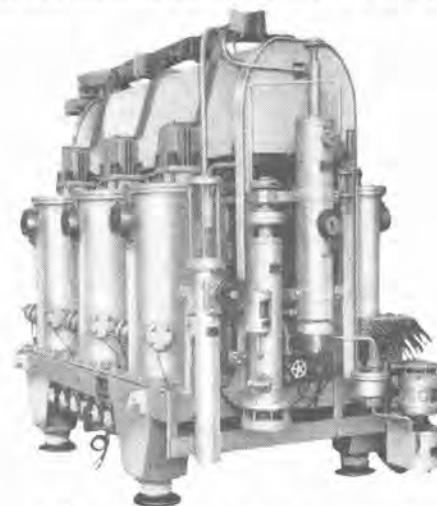
イトロンの 750V および 600V に対する数値を 4 図に示した。5 図(イ)と(ロ)はそれぞれ風冷式および水冷式イグナイトロンの外観で 600~750 V 2,000 kW に相当するもので 12 槽とすることにより 4,000 kW となるものである。

これらの制御方法について簡単にのべると、(1) の場合は 2 図に示すように主直流母線電圧は各整流器セットに共通の主移相器 Pho (電動操作) によつて 0~100 % に一齊に制御することができ、全電動機の起動, jogging 等を行う。主移相器の他に各セットには回路網位相調整器 Ph_1, Ph_2, \dots があり、これらは直流母線電圧のシルバスタット型自動電圧調整装置につながり交流電圧の変動に対して直流母線電圧を一定に保つ。またこれらの調整器により各器の負荷分担を変更することも可能である。各電動機の界磁はそれぞれ個有のサイクロン電源から給電され、負荷による速度変動の制御はパイロット発電機の出力電圧変化を増幅したものをこのサイクロンの位相制御装置に加えることによつて行われる。一方(2)の場合に対しては 3 図に示すように速度制御はパイロット発電機の出力変化を増幅したものを直接主電源整流器の位相制御装置に加えることによつて行われ、この場合は非常に速応的となる。各電動機の一齊起動, jogging 等は補助電源の調整によつて行うことができる。



5 図 (A) 風冷式イグナイトロン整流器
(750 V 2,000 kW 6 タンク相当)

Fig. 5. (A) Air cooled Ignitron rectifier.
(750 V 2,000 kW 6 tank set)



5 図 (B) 水冷式イグナイトロン整流器
(750 V 2,000 kW タンク相当)

Fig. 5. (B) Water cooled Ignitron rectifier.
(750 V 2,000 kW 6 tank set)

3 表 補助電源用イグナイトロン整流器概略仕様（八幡製鉄納）

| | (イ) | (ロ) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| 直 流 電 圧 V | 240 | 250 |
| 直 流 電 流 A | 2,500 | 4,000 |
| 容 量 kW | 600 | 1,000 |
| 過 負 荷 定 格 % | 125 % 2 時間, 200 % 1 分間 | 150 % 2 時間, 200 % 1 分間 |
| タ ン ク 数 | 6 | 12 |
| セ ッ ト 数 | 2 | 3 |
| 重 量 kg | 3000 (冷却装置を含む) | 5800 |
| 外 形 寸 法 mm | 1360×2750 (〃) | 1360×5100 |
| 冷 却 方 式 | 水 冷 (循環放流式) | 水 冷 (水冷再冷方式) |
| 能 率 (保証値) % | 92.3(100 % 負荷), 92.3(50 % 負荷) | 93.9(100 % 負荷) 93.8(50 % 負荷) |



6 図 密封式イグナイトロン (200 V 200 A 管)

Fig. 6. Sealed type Ignitron (200 V 200 A tube)

なお保護装置としては前述のように (1) の場合は高速度直流遮断器 (逆性) が, (2) の場合は陽極遮断器が使用される。

また整流器の場合は回生制動を行うには特殊の切換装置を必要とするため普通は図に示すように非常制動用抵抗を電動機につけてある。

4. 補助電源用イグナイトロン整流器

補助電源としては普通 200~250 V の低圧となるため、

電弧電圧の差による能率の変化が非常に大となつてくる。したがつて電弧電圧の小なるイグナイトロン整流器はこの場合、とくに有利となる。一例として 3 表に八幡製鉄向として製作した 600 kW および 1,000 kW セットの概略を示す。

その他小容量の補助電源としては密封式イグナイトロンを製作している。使用電圧 200 V で単管あたり 200 A および 100 A のものがある。5 図は 200 A 管を示す。きわめて小形で取扱もサイラトロンと同様手軽にさしかえができる。これらを 3 本, 6 本, 12 本等組合せることにより 200 kW 程度までの補助電源とすることができる。

5. む す び

以上製鉄用電源としてのイグナイトロン整流器について概要をのべたが、なんらかのご参考になれば幸甚である。なお風冷式および水冷式イグナイトロンの詳細については末尾文献を参照願いたい。

参 考 文 献

イグナイトロン整流器の運転実績 加藤 又 彦

“三菱電機” 27 卷 第 2 号

最近の風冷式イグナイトロン整流器

加藤又彦, 中村幸雄

三菱電機 27 卷 第 8 号

製 鉄 用 特 殊 制 御 装 置

(電子管応用装置および磁気増幅器)

神戸製作所

新 谷 保 次*

Special Control Equipment for Steel Mill

(Electronic Apparatus & Magnetic Amplifier)

Yasuji SHINTANI

Kobe Works

With the restoration of equipment in the steel mill after the war, various rationalization has been steadily worked out on the installation, and more accuracy and quick response have come in the requirement of the controlling equipment. As a result controllers using electronic apparatus and magnetic amplifiers have been designed in a sturdy construction to stand the gruel application in the steel mill and have achieved satisfactory results.

1. ま え が き

終戦後製鉄工業においても設備の復旧と共に各種の設備合理化が着々実施せられ、それに伴い電気制御装置に対しても複雑な自動運転や、制御の速応性、精密度等に対する要求も一段と強くなつてきた。電子管を応用した制御装置はこれらの要求に最も適したものと考えられるが、従来の電子管装置は構造とか回路においても、使用された電子管およびその他の部品に対しても、これら工業用途に不適当なものもあつてとかく敬遠され勝であつた。当社ではこれらの点を考慮しとくに工業用途に適した電子管装置を製作したので、その大要をご紹介します次第である。

2. 電子管自動速度調整器

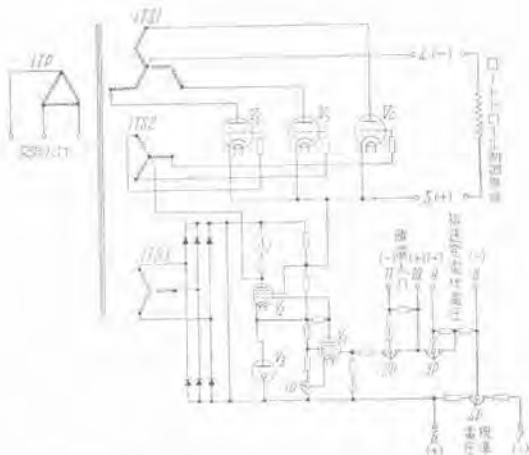
高速度で連続圧延される連続熱間圧延ミルでは、その駆動電動機に対して速度の精密な自動調整と高度の速応性が要求される。最近住友金属和歌山製造所に納入した圧延設備では粗圧延電動機は、ロートコントロールと電子管調整器との組合せにより電動機の界磁制御を行う自動速度調整方式を、仕上圧延電動機は、同様の調整器を用い昇圧機により電動機の電圧制御を行う自動速度調整方式を採用した。

電子管装置は各電動機に取付けられた指速発電機の発生電圧と、他の直流定電圧電源との差電圧、すなわち電動機速度の基準値からの偏差に比例した電圧を真空管により増巾し、その出力電圧でサイラトロン格子制御を行うもので、この電子管装置の出力電流でロートコントロールの制御界磁の励磁を与えている。

1 図はこの自動速度調整器に使用した電子管増巾器の接続図で、2 図はその外観写真である。

電子管増巾器は出力電流を供給するサイラトロン、サイラトロンの陽極電流を電動機速度の変動に応じて制御するための増巾用真空管および補助継電器等を表面に取付け、裏面に抵抗器、蓄電器類および電源変圧器等を取付けたアスベスト盤に纏めて他の制御盤と共に共通の枠に組み込まれている。したがつて電子管増巾器が万一不調の場合はこの増巾器盤のみ取外し、予備の増巾器盤と容易に取替えることができるよう回路の点検にも便利な構造とした。

三相変圧器の1次巻線 1TS1 は千鳥結線とし、サイラトロン $V_a V_b V_c$ の陽極に交流電圧を与え三相半波整流を行つている。1TS2 は陽極より 90° 位相の遅れた電圧をそれぞれの格子に与えている。増巾用真空管 $V_1 V_2$ への直流電圧は 1TS3 の2次巻線電圧をセレン整流器により整流して与え、 V_1 の陽極印加電圧は定電圧放電



1 図 電子管速度調整器接続図

Fig. 1. Connection diagram of electronic automatic speed regulator.



2 図 電子管自動速度調整器

Fig. 2. Electronic automatic speed regulator

管により一定電圧としている。

サイラトロン格子には上記一定交流電圧の他に、 V_2 の陽極負荷抵抗および分圧抵抗による差の直流電圧を重ねて加え、 V_2 の陽極電流変化によりこの直流電圧を正負に変化させてサイラトロンの出力電流制御を行つている。 $V_1 V_2$ は直結結合とし V_2 の陽極電流は V_1 の格子入力電圧に応動する。 V_1 の制御格子には端子 8-9 に接続される指速発電機の電圧と、端子 6-7 に加えられる基準定電圧との差電圧が与えられているので、電動機の世界変動による指速発電機の電圧変化が $V_1 V_2$ により増幅されてサイラトロンの出力電流を制御することになる。この種電子管装置は瞬時に動作し時間的遅れは無いが、これに接続されるロートトロール、電動機に電気的および機械的時定数があるため増巾度を大きくし、速度変動率を小さくしようとするとき制御が不安定になりいわゆる乱調を生じる。この増幅器では蓄電器、抵抗器による RC 回路を利用しロートトロールの出力電力を端子 10-11 に饋還し、また指速発電機からの電圧の一部を同様な RC 回路により分圧して真空管 V_1 に加えて制御の安定性を得ている。真空管増幅器では他の増幅器に

比して入力インピーダンスが高いため RC 回路の蓄電器容量も少なくて済み、抵抗の調整により広範囲に時定数の調整ができるので、その増巾率の大きいことと相俟つて安定に精密な速度変動率と高度の速応性が得られる。

3. ループ調整用光電装置

帯鋼の処理加工途中においてある種の機械の前には帯鋼のループを作らせて置かねばならない場合がある。

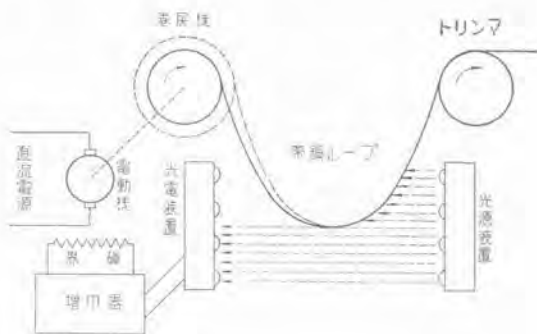
八幡製鉄所向けとして製作した走間剪断装置では巻戻機から出てトリンマに入る前に一定のループを持たせながら運転する必要があるが、3 図の如く帯鋼ループの下部に光線を通りこれを光電管に投射し、ループの高さの変化に対する光電管への入射光線量の変化に応じ巻戻電動機の世界制御を行う方式を採用した。

この調整器は光源となる電球を含む光源装置、光電管を入れた光電装置および光電管出力を増幅して巻戻電動機の界磁に励磁を与える増巾器より成つている。

増巾器としては前記速度調整器と類似の回路で真空管およびサイラトロンを含み、サイラトロンの出力電流で直接巻戻電動機の界磁制御を行つたが、被制御電動機が大容量の場合は増巾器出力でロートトロールを制御し、ロートトロールの出力で電動機の世界制御を行つた例もある。4 図は電子管増巾器の外観写真で、壁掛型の両内部に変圧器等を取付け真空管、継電器等を取付けた盤面はヒンジ取付とし、その後部に取付けた抵抗器、配線等の点検を便利にしている。

光電装置と増巾器との間はケーブルで接続するが、この種用途の場合はその距離は余り短くできないため光電管回路のような高インピーダンス（数 MΩ 有る）回路をそのまま接続すると動作が不安定になる虞れがある。

このため 5 図の如く光電装置内に真空管を 1 個置き、これをカリソードフォロアー接続とし光電装置の出力インピーダンスを低下させた。この方式では真空管は増幅作用は行わず入力電圧とほぼ同一の出力電圧しか得られないが、増幅器迄の接続ケーブルのため他回路よりの誘導の影響を受けることがなく動作が極めて安定にできる

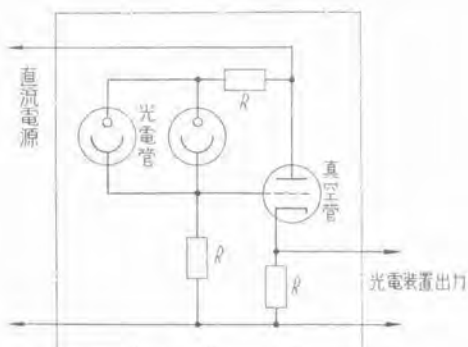


3 図 ループ自動調整器配置図

Fig. 3. Layout of loop automatic regulator.



4 図 ループ調整装置増幅器
Fig. 4. Amplifier of loop regulator.



5 図 ループ調整器, 光電装置
Fig. 5. Loop regulator, photoelectric apparatus.

特長がある。

光源装置は自動車の前照灯電球を使用し、これを凸レンズにより集光して光電装置に光線を投射させるが、各電球は直列接続とし補助継電器の線輪と直列にして電源に接続し、絶縁の断線保護を行っている。

ループ調整装置としてはこの他後記光電継電器を使用し、ループ高さに応じて段階的に電動機速度制御を行う方式も採用しているが、装置が簡単になるので余り精度を要しない用途に適している。

4. 光電管継電器

連続熱間設備では帯鋼の通過に応じて各種補助電動機の自動運転を行わせる方式も採用され、機械的装置に代り光電継電器が使用されている。当社の PH-3 型光電継電器は 6 図の光電装置、光源装置および 7 図の電子管継電器より成り、電子管継電器は増幅用真空管および電磁継電器を含んでいる。この種光電管継電器は従来より各方面に使用されてきたが、本装置は各用途に広く応用できるよう設計したもので、次のような特長をもっている。

(1) 入射光線量が増加したとき継電器を動作させる

場合と、光線量が減少したとき継電器を動作させる場合の作動変更を内部の切換開閉器によつて簡単に行うことができる。

(2) 継電器が動作および復帰する光線量の調整が極めて広範囲にできる。

(3) 入射光線量の絶対値でなく、その変化率にも応動させることができる。

(4) 内部に電氣的な時延回路を有し継電器の保持時間を 1/2 秒迄調整できるので、入射光線の変化が 1/1000 秒程度の瞬時であつても継電器を動作させることができる。

(5) 入射光線の変化により継電器を自己保持させることもできる。

5. 磁気増幅器の応用

金属整流器および磁気材料の発達に助けられ、長足の進歩をしてきた磁気増幅器は製鉄工業の分野においても従来の装置に代り広く使用されようとしている。

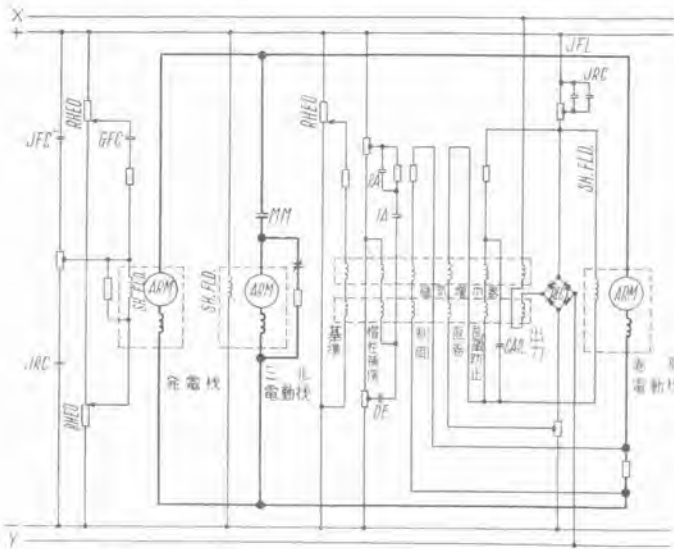
磁気増幅器の原理・特性等については各種の文献（たとえば三菱電機 25 巻 8 号 1951）が発表されており省略するが、装置として可動部やフィラメント等が無く構



6 図 (左) 光電装置 (右) 光源装置
Fig. 6. Photoelectric apparatus (left) Light source (right)



7 図 電子管継電器
Fig. 7. Electronic relay



8 図 磁気増幅器使用の巻取電動機制御接続図
Fig. 8. Control diagrams for winding reel motor with magnetic amplifier.

造は変圧器と同じく頭丈で取扱が簡単であるという特長を持っている。しかしながら一方応答速度が遅く、(大体電源周波数の 2-5 倍で速応性のものでも 1/2 倍) 入力インピーダンスが低いという欠点もあるのでその応用に際しては充分これらの特長を考慮しなければならない。

概略的にあまり精度を要しない用途に対しては回転型増幅器、非常な程度を必要とする用途に対しては電子管増幅器、この二者の中間的な用途に対しては磁気増幅器

が最も適するものと考えられ、また用途によつてはこれら増幅器を組合せて使用することもできる。

磁気増幅器は回転型増幅器と同様入力アンペアターンの変化に応じて出力電流を変化させるものであるからその巻線も回転型増幅器と同様に制御目的に応じて基準巻線・制御巻線・直巻巻線・出力巻線等各種の巻線を使用する。

8 図は巻取電動機の自動張力調整器として使用した磁気増幅器の接続要領図で、巻線としては上記のほかに慣性補償巻線・乱調防止巻線を持っている。

巻取電動機の界磁は定電圧直流電源による励磁のほかにこれに重畳して磁気増幅器の出力を与え巻取につれて電動機速度を低下し、定張力を保たせる。このため磁気増幅器の制御巻線には巻取電動機の負荷電流に比例した励磁を与え、基準巻線の励磁と比較して負荷電流がつねに一定となるように巻取電動機の界磁制御を行つている。

乱調防止巻線は制御の安定を計るためのもので、また慣性補償巻線は起動時のミル電動機と巻取電動機の慣性の相異による張力の変動を防止するためのもので、これにより極めて円滑な起動ができる。

6. む す び

以上電子管応用制御装置の二、三のものを紹介したがこのほか従来の制御装置に代りまた新しい分野にこれらの電子管装置がますます応用されるものと思う。

雑誌「三菱電機」綴込カバー分譲

特価 1 冊 ￥ 100 (郵送料共)

雑誌「三菱電機」の 12 冊 (1 カ年分) 綴込カバーを作成いたしました。表紙はエンジ色に電磁気の原理を図案化したものです。

ご希望の向は編集部へ代金払込み (小為替) の上お申込み願います。

モーターローラ

福岡工場

高松茂利*

Motor Rollers

Shigetoshi TAKAMATSU

Fukuoka Factory

Motor rollers used for the roller table at the mill have marked advantages over the conventional type. The elimination of long shafts and bevel gears dispenses with troublesome alignment, thereby reducing noise and vibration. In case of troubles on any unit, cutting off from the source or complete removal of the defective one makes it possible to avoid the interruption of the table operation. Various design features are given herein to show how our products meet the requirements.



1 図 ハスバ歯車1段減速式
Fig. 1. Motor roller with helical gear, one step speed reduction.



2 図 ハスバ歯車2段減速式
Fig. 2. Motor roller helical gear, two step speed reduction.



3 図 内歯1段減速式
Fig. 3. Motor roller internal gear, one step speed reduction.

1. モーターローラ

ローラテーブルの運転にモーターローラを使用することは、ますます盛んになりつつあるが、その利点とするとところは、従来の集団運転方式に使用された長い側軸と傘歯車機構のためにスエ付が面倒であること、振動騒音が大きいこと、能率が悪く消耗が甚だしいことなどの欠点が無くなり、故障の場合にはそれだけを電源から切放すか取除けばテーブルの運転を継続することができ、テーブルの配列が直線ではなくカーブであつても差支えないことなどである。

モーターローラはその使用場所によつて、一方向に連続運転するもの、起動停止を繰返すもの、運転を要するもの、制動停止を必要とするもの、可変速度を要するものなど種々のものがある。近來とくに発達した帯鋼や棒鋼などの連続圧延機には、きわめて多数のモーターローラが使用され、しかも可変速度を必要とするものが多いが、交流式の場合には可変周波数変換機を用い、制動停止には、逆相制動または直流励磁発電制動が使用される。また直流のモーターローラを使用して、レオナード制

御によつて、速度制御や制動停止を行う方法も段々多く使用されてきた。その選定は用途・容量・工場の事情などによつて定められる。テーブルの上に材料が載つた状態で起動することが必要なために、交流モーターローラの場合には起動トルクの充分大きいことが必要で、起動停止および逆転を繰返す場合には、なるべく起動電流を小さくして、しかも耐熱構造としなければならない。頻繁苛酷な使用に対しては、慣性をなるべく小さく、頑丈な構造としなければならない。当社はつとにモーターローラの製作に手をつけ、多年の研究と多数の製作経験による改良によつて、専門工場で優秀なモーターローラを製作している。

2. 特 長

(1) 電動機は用途上耐熱型とし起動回転力が大で起動電流は小である。

起動回転力 250~350% 起動電流 200~250%

(2) モーターローラ自身の慣性が少ないため上記(1)の特長と相まって起動・停止・逆転が容易にかつ円滑にできる。

(3) 単独あるいは区分運転ができるので電力の節約ができて経済的である。

(4) 据付取り外しおよび分解組立が容易である。

(5) 傾斜あるいは屈曲するローラテーブルにも使用できる。

(6) 歯車や軸受は密閉した室内におさめてあるので塵埃の侵入等による故障がない。

(7) 歯車はベニオンにNiCr鋼あるいはCrMo鋼を、ギヤーには炭素鋼を熱処理の上使用し、精密歯切後ベニオンには高周波焼入により表面硬化をしてあるので充分検討された設計内容と相まって回転は円滑で寿命が長い。

3. 構造

ア. ローラおよびその支持

ローラは高級鋳鉄を使用しているがとくに磨耗のはなはだしい場所には要求によりチル鋳物あるいは鋳鋼を使用している。ローラは傾斜な固定軸にローラベアリングを介して支持されている。この軸はさらに両側の軸受台を連結固定しているので台床の必要なく据付は軸受台をローラテーブルの凹型枠上にはめ込むだけですみ据付によつて生ずる種々の不具合は起らない。またローラの熱膨脹は反電動機側のローラベアリングで自由にがしている。

イ. 電動機の支持および減速方式

電動機は壁取付型で一方の軸受台にあるので電動機は簡単に取り外すことができる。

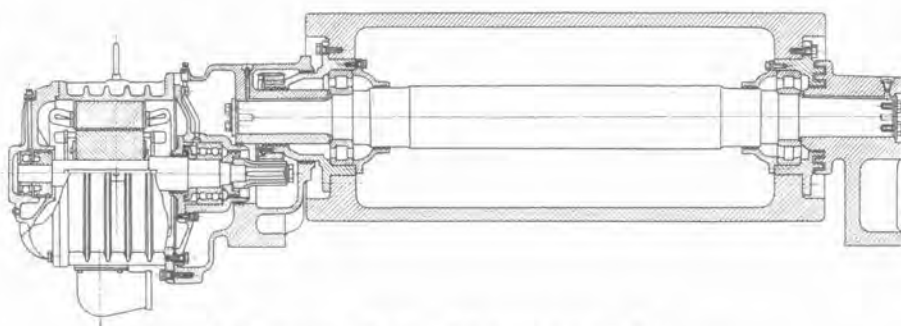
減速方式には

- (A) ハスバ歯車1段減速式(1図、4図)
- (B) ハスバ歯車2段減速式(2図、5図)
- (C) 内歯車1段減速式(3図、6図)の3種類がある。

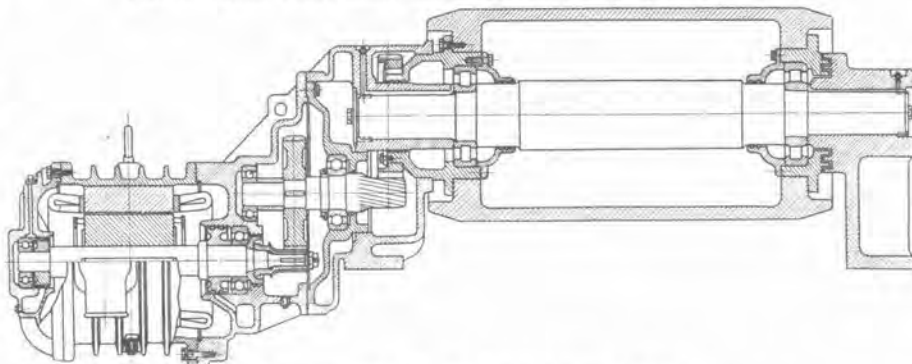
(A) はもつとも普通の型であり、(B) はローラ回転の低いもの、(C) は比較的ローラ径の小さいものに採用している。

ウ. 軸受および潤滑

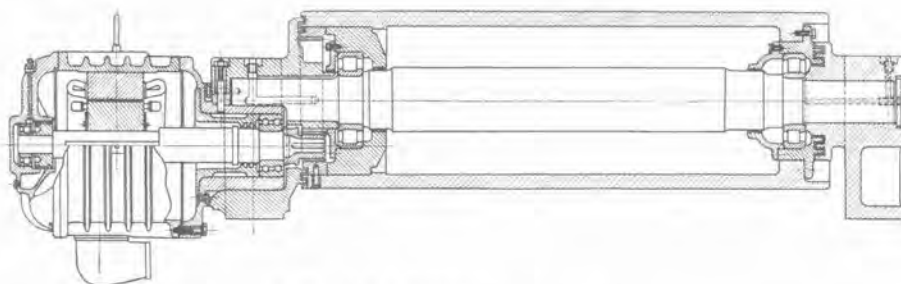
軸受はボールおよびローラベアリングを厳選使用してモーターローラ・高松



4図 ハスバ歯車1段減速式モーターローラ構造図
Fig. 4. Motor roller using helical gear, one step speed reduction.



5図 ハスバ歯車2段減速式モーターローラ構造図
Fig. 5. Motor roller using helical gear, two step speed reduction.



6図 内歯1段減速式モーターローラ
Fig. 6. Motor roller using internal gear, one step speed reduction.



7図 使用実例
Fig. 7. Actual example of installation of motor roller.

いる。潤滑はすべてグリース潤滑で輸送材の温度の関係上滴点の高いものを使用する。各軸受および歯車部分へは外部から容易に給油できるように給油口を設けている。

自動洗浄型電気式空気清浄装置

神戸製作所

斎藤 寛

Automatic Washing Type Electronic Air Cleaner

Hiroshi SAITO

Kobe Works

Two stage type electrostatic precipitators, patented by the Westinghouse Company, were counted among our products according to the agreement with them and a quite number of units were built by us based on the studies as well as the original design.

The latest technique, however, has been introduced to us after the restoration of peace and the production has been resumed. In this connection, an automatic washing type electronic air cleaner to be used for the tandem cold mill and skin pass mill to be delivered to the Tobata Works, Yawata Steel Mill has been completed of late, the particulars of which are believed to be worthy of mention. The construction and performance of our electronic air cleaners are briefly given herein in reference to the automatic washing type mentioned above.

1. ま え が き

高圧電気によつて塵埃を荷電しこれを捕集する装置を一般に電気集塵装置と称しているが、これは大別して次の2種類に分けることができる。

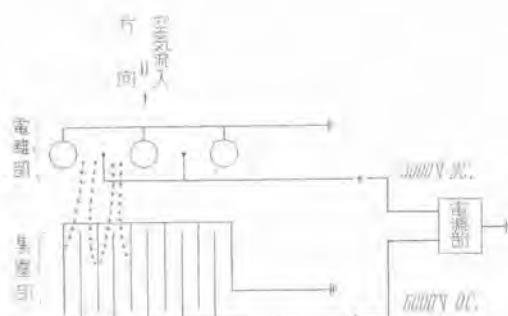
- (1) 1 段荷電型電気集塵装置
- (2) 多段荷電型

(1) はいわゆるコットル装置として周知のものであり、当社においても製作した経験がある。しかし今ここに述べんとする電気式空気清浄装置はすべて最近その製作を再開した(2)に属する2段荷電型のものである。これは細い金属線電極と太い金属管電極を交互に併列させてその間に1万ボルト以上の直流高電圧を加えた電離部(ionizer)にまず空気を導入してこれを電離せしめ、その中に浮遊する塵埃粒子を荷電する。しかる後これを多数の平行板電極に6,000ボルト程度の直流高電圧を加えた集塵部(collector cell)において静電的に捕集するものである。

この2段荷電型は印加電圧の低いことと非常に微細な塵埃迄とれることがその特長である。

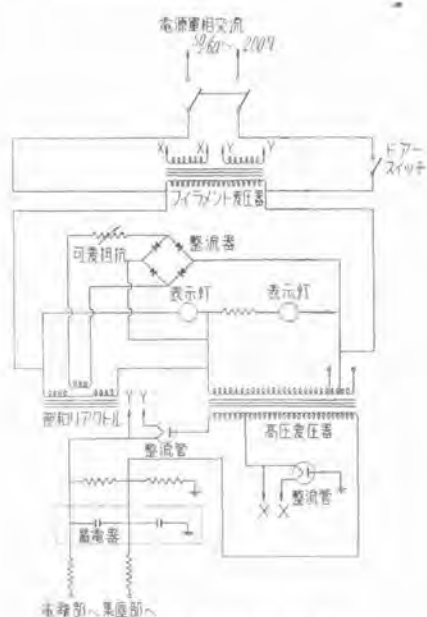
この2段荷電型は Electrical Engineering 1937 年度1月号誌上においてウエスチングハウス社の G. W. Penney 氏によつて初めて紹介されたものであり、当時すでにウエスチングハウス社と技術提携を結んでいた当社は、遑早くこれに着目して昭和13年頃よりその開発に着手したのであつた。しかしながら当時はウエスチングハウス社においても製作開始後日なお浅く、製品を標準化する迄に至つていなかったために、当時の研究部門は乏しい資料を基にして研究を重ね、遂に昭和15年に独自の設計による試作第1号器を完成したのである⁽¹⁾。次でその機能の優秀なことが認識されるや各方面より多数の引合に接し相当数の納入をみたが、時あたかも第2次大戦勃発前であつたため需要面は主として軍需関係に限られ、広く一般にその真価を問う機会に恵まれずして終戦を迎え、しかも納入したものも被爆により全部壊滅してしまつたのである。

この2段荷電型電気集塵装置はウエスチングハウス社においてはプレシピトロン⁽²⁾(Precipitron Electronic Air Cleaner)と称しているが、戦後当社とウエスチングハウス社との技術提携が復活するに及び、その応用面



1 図 2 段荷電型電気集塵装置の原理

Fig. 1. Principle of two stage type electrostatic precipitators.



2 図 電源部結線図

Fig. 2. Wiring diagram of electric power source.

が非常に多岐にわたりしかも構造機能においても格段の進歩をしていることを知った。よつて過去において当社が築き上げた基礎の上にさらにこのウエスチングハウス社最新の技術を導入して、ここに再び電気式空気清浄装置の製造を開始した次第である。

一昨年八幡製鉄所より同所戸畑工場の連続冷間圧延装置用として自動洗浄型電気式空気清浄装置の注文を戴き、昨今それが完成をみたのでこの機会に八幡製鉄所向のものを中心として当社の電気式空気清浄装置を紹介し江湖のご参考に供したい。

2. 電気式空気清浄装置の集塵原理と型式

当社の電気式空気清浄装置には処理風量あるいは使用目的にしたがつて各種型式のものがあつて、それぞれの用途に適する形態、機能を備えているが、その基本構造や集塵原理は型式、形態の如何を問はず同一である。

本装置の各型式に共通な主要構成部分は電源部、電離部および集塵部の3つであり、次にこれらの構造、機能の概略を説明する。(1 図参照のこと)。

ア. 電源部 (Power Pack)

電源部は 50/60 \sim 200 V の単相交流を 13,000 V および 6,000V の平滑高圧直流に変え、前者を電離部へ後者を集塵部へそれぞれ供給することと、表示装置によつて空気清浄装置の作用が正常か否かを表示することの二つの役目を有している。高圧直流は高圧変圧器、整流管、蓄電器等によつて得られる。その結線図を 2 図に示す。

イ. 電離部 (Ionizer)

電離部は細いタングステン線と太いアルミニウム管を交互に等間隔に併列したもので、アルミニウム管を接地してタングステン線に電源部からの直流 13,000 V を印加する。この場合タングステン線は放電々極になる訳であるがその極性は正極性にしてある。一般のコットレル装置 (1 段荷電型) においては、放電がより安定でしかも集塵効果も幾分勝るために放電々極を負極性にするのが普通であるが、かくするとオゾンや亜酸化窒素の発生量が比較的多いので、本装置としてはその発生量の比較的少い正極性を採用しているのである⁽³⁾。

放電々極の周囲の空気は高電圧のために正負両イオンに電離され、負イオンは直ちに正極性の放電々極に吸引されるが、正イオンは反撥されて電離範囲外に飛出し、両電極間の電気力に応じた速度で接地電極に向つて流れる。しかしてその途中において中性の空気分子に附着してこれを正イオンにする。したがつて両電極間は比較的多くの正イオンによつて充される。故にこの部分に導入された塵埃粒子は多数の正イオンに附着されて正に帯電することになる。

ウ. 集塵部 (Collector Cell)

集塵部は電離部の背後に置かれ、多数の薄いアルミニウム板を小間隔にしかも気流と平行に並べたもので、アルミニウム板は 1 枚おきに接地し、その間の板には電源部からの直流 6,000 V を印加する。ただし高電位電極の極性は電離部放電々極と同様正極性である。したがつて隣接の板同士の間には強力な平等電界が構成される。電離部で正に帯電した塵埃粒子がこの部分に進入してくると、当然塵埃粒子は接地板に向つて吸引され、それに附着してその電荷を失うことになる。

以上が 2 段荷電型空気清浄装置の原理である。しかして上述の電離作用、集塵作用の説明は高電位電極を正極



3 図 集 塵 部

Fig. 3. Dust precipitator.

1 表 電気式空気清浄装置の型式

| 型 式 | 型記号 | 定 格 風 量 m^3/min | |
|---------|-----|-------------------|------|
| | | 集塵効率90%, 集塵効率85% | |
| キャビネット型 | CC | 最小 | 34 |
| | | 最大 | 42 |
| インケース型 | CE | 最小 | 240 |
| | | 最大 | 290 |
| ゼネラル型 | CG | 最小 | 38 |
| | | 最大 | 45 |
| 自動洗浄型 | CW | 最小 | 795 |
| | | 最大 | 5960 |
| 油滴捕集装置 | CO | 最小 | 17 |
| | | 最大 | 34 |

性とした場合のクーロンの力の作用を主体とした一義的なものであり、この外接地電極から放電極に向う電子の衝突あるいは附着による正負イオンの発生、あるいは塵埃粒子と電極間の誘電作用等種々の要素が考えられるが、これらはいずれも二義的なものでこの場合の集塵作用の大勢を支配するものではない。なお電離部自身もまた一種の集塵装置であるから、ここを通過する塵埃粒子の中にはクーロンの力の作用によつて接地電極に附着するものもあれば、また誘電作用によつて放電極に附着するものもあるが、ただ通過距離が極く短いためにここでの塵埃附着量は集塵部のそれに比して遥かに少いのである。

当社の電気式空気清浄装置には1表の如き種々の型式のものがあり、以下これについて簡単に述べる。

キャビネット型はコンパクトなキャビネット内に集塵に必要な一切の部品（電源部・電離部・集塵部・洗浄装置・制御装置等）を納めたもので小容積の室内向である。

インケース型は電離部、集塵部を1個のケース内に納め、その外側に電源部を取付けたもので、これらをすべて工場にて組立てて発送するから現地における設置計画や設置作業が非常に簡単になる特色がある。

ゼネラル型は小容量の電離部、集塵部を1個の枠内に納めたものを集塵ユニットとし、これを風量に応じて必要数だけ風道内に積上げるものである。電源部はユニットの数に応じて適当数を風道外の適宜な場所に取付ける。したがつて1表にもあるとおりこれは非常に広い範囲の風量に應ずることができる。

自動洗浄型はゼネラル型に特殊な自動洗浄器を取付け、捕集塵埃の洗浄や粘着剤の吹付けを自動的に行うようにしたものである。

油滴捕集装置は工作機械における切削研磨作業の際に発生する切削油や冷却油の油滴が周囲に飛散することを防ぎ、さらにこれを捕集して回収することを目的とした特殊用途のものである。

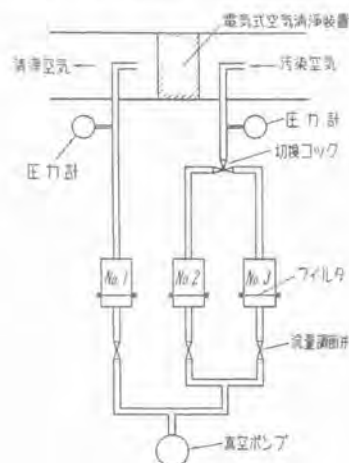
3. 集 塵 効 率

一般に集塵装置の性能を評価する場合、その目安とな

るものは集塵効率と捕集できる塵埃粒子の最小の大きさである。しかしながらこの集塵効率の測定には種々の方法があり、したがつて一つの測定方法による値はこれを他の測定方法によるものと比較することはできず、またある大きさの塵埃に対して得た値はこれと異なる大きさの塵埃に対しては同一方法によつても得られない。故にその効率測定方法を明確にするのでなければ単にその数値のみを以て集塵装置の優劣を云々することはできない。

この電気式空気清浄装置の集塵効率は The U. S. Bureau of Standards で公認されている Blackness Test と称する方法によつて決定されるものである。以下にこの測定方法の概要を述べる。4 図において、空気清浄装置の前後すなわち空気流入側と流出側からそれぞれの空気を採出して No. 1, 2, 3 のフィルタに導く、これらの空気は図の最下部にある真空ポンプによつて吸込まれる。この場合吸込まれる空気の量は流入、流出側にあるそれぞれの圧力計および流量調節弁によつていずれも一定になるようにしておく、フィルタには濾紙を使用しこれをガラスの容器の中に納めておく。

或る一定時間 No. 1 のフィルタに流出側清浄空気を通しこの時間を 100 % とする。その間 No. 2 のフィルタには流入側汚染空気を通し No. 1 のフィルタと同一の黒さになる時間を測定する。これは当然 No. 1 のフィルタよりも短時間で同一の黒さに達する筈であり、これに要した時間を x % とする。No. 2 のフィルタが No. 1 のフィルタと同一黒さになつたら切換コックを操作して汚染空気を No. 3 のフィルタに逃がす。No. 2 のフィルタが No. 1 のフィルタと同一黒さになる時間は極く短いから、汚染空気は大部分の時間 No. 3 を通ることになる。したがつて No. 3 のフィルタは直ぐ黒くなり空気抵抗は増してくるので、No. 3 の流量調節弁を開きながら No. 1 と No. 3 を通る空気量を常に最初と同一に保つておくことが必要である。しかして集塵効率は $(100-x)$ % で表わされる。すなわち No. 3 のフィルタにかかつた時間の % に相当する。



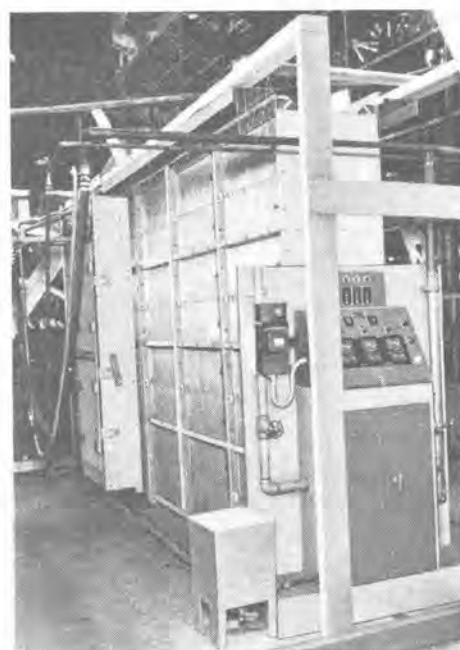
4 図 Blackness test の説明図

Fig. 4. Illustration of blackness test.



5 図 自動洗浄型電気式空気清浄装置(空気流入側)

Fig. 5. Automatic washing type electronic air cleaner (air inlet side)



6 図 自動洗浄型電気式空気清浄装置(空気流出側)

Fig. 6. Automatic washing type electronic air cleaner (air outlet side)

このような集塵効率の決定法によればこの電気式空気清浄装置では 90 % の集塵効率が保証され、捕集し得る塵埃粒子の大きさは 0.1μ 以上である。一方他の連続オイルカーテン式やフィルタを使用するいわゆる機械的集塵装置では 20~25 % 程度の集塵効率しか得られず、捕集し得る塵埃粒子の大きさもせいぜい 0.01 mm 以上である。なお当社の電気式空気清浄装置はすべて集塵効率 90 % と 85 % のいずれかで使用するようにその定格を定めてある。

4. 自動洗浄型電気式空気清浄装置

集塵部の接地板に附着した塵埃は軽いものであれば板を叩いた位では仲々落ちないものである。したがってキャビネット型のように比較的軽量の塵埃の多い地域を対象としたものでは、定期的に捕集塵埃を水で洗浄するだけで充分その高い集塵効率を維持してゆくことができるが、工業地域を対象としたその他の型(ただし油滴捕集装置を除く)では、塵埃を確実に捕集するために集塵部はもとより電離部にも特殊な粘着剤を吹付けておく。この粘着剤は液状で電離部集塵部に薄膜を形成し、捕集した塵埃をしつかりと附着せしめる。そして捕集塵埃が堆積してくるにしたがいこれを泥状にして洗浄し易い状態を保つ。なおこれを洗浄する場合は約 60°C の温水を噴射してやれば容易に洗い流すことができる。

粘着剤の薄膜はある期間経過すると塵埃が堆積してその吸着能力を減退したり、集塵部の電極板間に閃絡を起したりするので、高い集塵効率を維持させるためには時々温水で洗浄し新しい粘着剤を吹付けてやらねばならない。普通の装置ではこの洗浄や粘着剤吹付の操作を、作業者が先端に噴射ノズルのついたホースを持つて直接手

で行うのであるが、装置の高さが身長以上にもなると何かと不便になつてくる。そこでこれらの操作を自動化して風道外から簡単に制御し得るようにすれば、集塵作用および捕集塵埃の処理のいずれにも優れた成果を挙げることができる。自動洗浄型電気式空気清浄装置はこのような要望を充すために生れたものである。その特長を挙げると次のとおりである。

ア. アルミニウム構造

集塵ユニット、洗浄箱はいずれもアルミニウム製であるから耐蝕性が大きい。

イ. 連続的集塵

洗浄の際には集塵ユニット群のわずか一部分が一時休止するだけで、残りの部分は引き続き集塵作用を営ませることができる。そして集塵効率は洗浄操作を行わない時は 90 %、洗浄操作中でも 85 % 以上を保ち得るように装置の大きさを定めてある。

ウ. 簡単かつ経済的な洗浄操作

洗浄箱の位置決めおよび運転はすべて風道外部から操作することができ、しかも洗浄、排水および粘着剤吹付はセルフタイマによつて自動的に制御される。そして洗浄水や粘着剤が最も効果的に噴射されるように特殊なノズルを使用しているのので、それらを消費することがなく装置の隅々迄も充分かつ均一に洗浄し粘着剤を吹付けることができる。

5 図、6 図に八幡製鉄所向の本装置の外観写真を示す。さらに 2 表にその仕様を示す。これらはいずれもミル用電気機械の冷却通風用空気の清浄装置であつて、タンデムロールミルの方は冷却通風が recirculating system になつていて、本装置はその補給空気のみの集塵に使用するから処理風量が比較的小さく、スキンプス

2 表 八幡製鉄所向自動洗浄型電気式
空気清浄装置の仕様

| 用 途 | タンデム・コ ールド・ミル | スキンパス・ ミル |
|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| 処 理 風 量 | 800 m ³ /min | 2400 m ³ /min |
| 電 源 | 単相交流 60~200V | 同 左 |
| 集 塵 効 率 | 85~90 % | 同 左 |
| 集塵ユニット数(段×列) | 16 ケ(4×4) | 42 ケ(7×6) |
| 電 源 部 の 数 | 4 ケ | 6 ケ |
| 全幅(集塵ユニット列) | 3600 mm | 5400 mm |
| 〃(洗浄箱置場を含む) | 4500 mm | 6300 mm |
| 全 高 | 2560 mm | 4360 mm |
| 気流方向長さ(空気整流板 間) | 3180 mm | 3180 mm |

ミルの方は冷却通風が non-recirculating system になつていて、本装置はその全冷却用空気の集塵に使用する故その処理風量が比較的大きいのである。

5. 自動洗浄型の構造

本装置の主要部品の配置ならびに名称を7図に示し、以下にその構造を説明する。

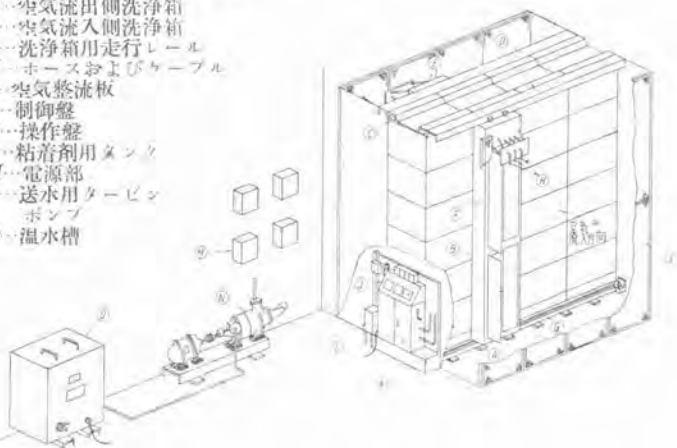
ア. 集塵ユニット(8図)

これは幅 900 mm、高さ 600 mm、奥行 600 mm の四角な枠であつて、この中に電離部と集塵部が納めてある。このユニットの定格風量は集塵効率 90 % のとき 57 m³/min 85 % のとき 68 m³/min である。したがつてこれを風量に応じて適当数を縦横に積上げ、各ユニット間をボルトで連結する。電源部からくる2種類の高圧電線は装置の天井をはわせて各列の最上段ユニットの電離部、集塵部にそれぞれ結線され、各列毎に電離部同士あるいは集塵部同士が導線によつて縦に電気的に連絡される。

イ. 電 源 部

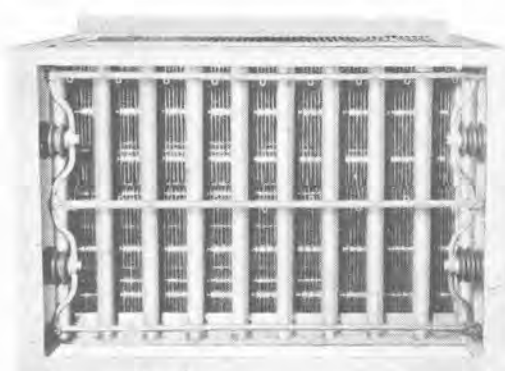
電源部はその容量によつて3種類あり、おのおのが負担し得る集塵ユニットの数が決つてゐる。たとえば最大

- A…床板
- B…ユニット
- C…天井板
- D…洗浄箱用上部案内レール
- E…空気流出側洗浄箱
- F…空気流入側洗浄箱
- G…洗浄箱用走行レール
- H…ホースおよびケーブル
- I…空気整流板
- J…制御盤
- K…操作盤
- L…粘着剤用タンク
- M…電源部
- N…送水用タービンポンプ
- O…温水槽



7 図 自動洗浄型電気式空気清浄装置の機器配置図

Fig. 7. Layout of automatic washing type electronic air cleaner.



8 図 集 塵 ユ ニ ャ ャ

Fig. 8. Dust precipitator unit.

容量の電源部であれば上記寸法の集塵ユニットを 14 個受持つことができる。しかるに本装置のユニットの段数は最大7段であるから、この電源部を以つてすれば7段のユニットを2列受持つことができる訳である。処が連続集塵の場合は1列のユニット群が洗浄のため休止するだけで他の列は依然集塵作用を継続する故、この場合は電源部は各列毎に1個宛備える必要がある。なお電源部1個当りの消費電力は最大容量のもので最大350ワットである。

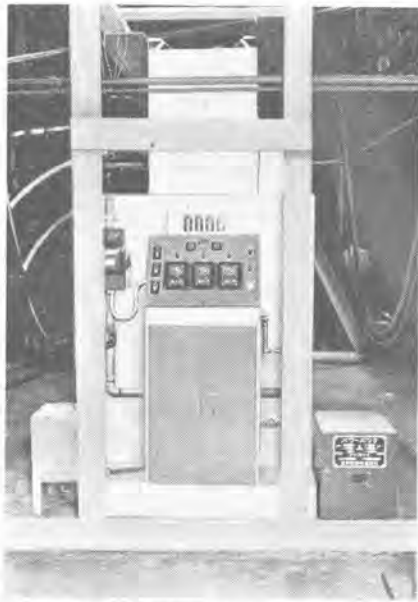
ウ. 洗 浄 箱 (9 図)

洗浄箱は集塵ユニット群の空気流入側と流出側に各1個宛対称の位置にあり、1列分の集塵ユニットをちやうど前後から包囲して洗浄操作中は他の部分に洗浄水や粘着剤が飛散しないように完全に遮断する。しかして洗浄箱はその頂部と底部でガイドレールにより支持され、かつ風道外の操作盤のハンドルを回すことによりチェーン仕掛で一對の洗浄箱が同時に左右に移動する。なお洗浄箱の上部には位置決めのためのリミットスイッチが取付けてある。



9 図 洗浄箱(背部に密閉扉がある)

Fig. 9. Washer.



10 図 操作盤および電源部

Fig. 10. Controlling panel and electric power source.



11 図 制御盤結線図

Fig. 11. Wiring diagram of controlling panel.

洗浄箱の中には洗浄水用と粘着剤用の管 (header) が直立し、これに多数のノズルが取付けてある。そしてこれらの管は洗浄操作中は洗浄箱の外側上部にあるヘッダモータからチェーン伝動によつて駆動され、箱の中を常に左右に走行する。また洗浄水、粘着剤は外部からホースによつて供給される。

エ. 操作盤 (10 図)

操作盤は風道外にあり集塵ユニット群の末端部に接して配置される。内部に粘着剤用ポンプ・洗浄水用電磁弁・洗浄箱移動用チェーン仕掛がある。上部は洗浄操作の制御盤になつていて各種の押ボタン・スイッチ・タ

イマ・表示灯・表示器等がその盤上に配列してある。11 図に制御盤の結線図を示す。さらに制御盤の上部には電源部の数 (集塵ユニット群の列数) と同数の電源部スイッチが並列されていて、洗浄すべきユニット列の電源はここで切ることができる。

オ. 洗浄水加熱装置

粘着剤は約 60°C の温水にて洗浄することが最も効果的である。したがつてとくに上記温度の温水を容易に得られる処以外は、蒸汽あるいは電熱等の方法によつて温水を作らねばならない。以下に電熱式洗浄水加熱装置について述べる。これは電熱器を内蔵した水槽・ポンプ・温度制御装置等からなり、水槽の大きさ電熱器容量は洗浄計画すなわち各ユニット列を連続的に洗浄するか、あるいはその洗浄操作の間に或る時間的余裕を持たせるかによつて自ら異つてくる。所定温度に加熱された洗浄水はポンプにより操作盤内の電磁弁を通つて洗浄箱のヘッダに供給される。

八幡製鉄所向の洗浄水加熱装置の仕様を 3 表に示す。この場合は各ユニット列を連続的に洗浄する計画であり、かつ水槽設置場所の関係もあつて、水槽の大きさはユニット 1 列分の洗浄水を容れ得る容量とした。そしてユニット 1 列の洗浄操作時間は約 30 分であるから、次の列の所要洗浄水は 20 分間位で所定の温度に加熱しておかねばならない。したがつて電熱器は非常に大きな容量のものになつた。

カ. その他の付属装置

(1) 空気整流板

空気清浄装置の空気流入側風道内に多数の小穴を開けた板を張つて気流に抵抗を与え、集塵ユニットに進入する空気速度を各部分にわたり均一になるようにするためのものである。したがつて空気流出側風道内にもこれを設けることがある。

(2) 風道出入口扉の安全装置

空気清浄装置の保持、点検の際に風道内に入るために、集塵ユニット群の空気流入側と流出側にはそれぞれ出入口が設けられ、ここ以外からは集塵ユニット群に近付けないようにしてある。そしてこの扉には安全装置が施されており、この安全装置のネジを二、三回まわすと集塵

3 表 八幡製鉄所向洗浄水加熱装置の仕様(2 表参照)

| 用 途 | タンデム・コールド・ミル | スキップ・ミル |
|------------------|---------------------|---------------------|
| 電 源 | 三相交流 60~200 V | 同 左 |
| ユニット 1 列分の洗浄水所要量 | 400 l | 700 l |
| 洗 浄 水 温 度 | 55~65°C | 同 左 |
| 電 熱 器 容 量 | 125 kW | 220 kW |
| 洗浄水加熱時間 | 20 分 | 同 左 |
| 水 槽 容 積 | 0.77 m ³ | 1.38 m ³ |
| 洗浄水ポンプ定格 | | |
| 吐 出 水 量 | 80 l/min | 140 l/min |
| 吐出揚程 (水柱) | 40 m | 同 左 |
| 駆 動 電 動 機 | 3IP, 1800rpm | 5IP, 1800rpm |

ユニット群にきている高電圧が切れ、さらに十数回まわすと初めて扉が開けられるようになっていた。この間に集塵ユニット群の残留電圧は完全に零になり、手を触れてもなんら危険のない状態になる。

6. 自動洗浄型の洗浄操作

幾日毎に洗浄したらよいかは、本装置の設置場所における大気中の浮遊塵埃の多寡によつて決るので一概にいうことはできないが、大体 3~4 週間に 1 回の割合で洗浄するのが適当である。集塵ユニット 1 個当りの洗浄水所要量は約 100 l、粘着剤所要量は約 1 l である。

次に八幡製鉄所向のものを例に採つて自動洗浄型の洗浄操作の全過程を説明する。

(1) 洗浄水用水槽に水を満し、電熱器スイッチを入れる。

(2) 操作盤スイッチを入れる。(単相交流 60~200 V)

(3) 操作盤のハンドルを回して一對の洗浄箱を置場から引出し、洗浄すべき集塵ユニット列の処に移動する。位置決めは制御盤上のスケールと表示灯により指示される。

(4) 制御盤上部に並んでいる電源部スイッチのうち洗浄すべき集塵ユニット列に相当するものを切る。

(5) 制御盤上の洗浄・排水・粘着剤の各セルフタイマの指針をそれぞれ 5 分、20 分、30 秒(標準)に合せる。すなわち一列の集塵ユニットの洗浄操作に要する時間は約 30 分である。

(6) 制御盤上のヘッダモータ、粘着剤モータのスイッチを入れる。そうするとヘッダモータのみが駆動してヘッダは洗浄箱内を左右に走行する。

(7) 洗浄水温度計が所定の水温を指示したら、制御盤上の起動ボタンを押す。すると洗浄水ポンプが起動し、電磁弁が開いて洗浄水は洗浄箱のヘッダに送られ、

ノズルから噴出する。この過程は洗浄のセルフタイマによつて 5 分間継続する。

(8) これが終れば排水のセルフタイマが作動し、ヘッダは洗浄水を噴射しないで単に左右に走行するのみである。

(9) 排水時間 20 分が経過すると粘着剤のセルフタイマが作動し、粘着剤ポンプが起動して粘着剤ノズルから 30 秒間粘着剤が噴射される。

これで洗浄操作の 1 サイクルが終る。したがつて洗浄操作終了の電源部スイッチを入れて洗浄箱を次のユニット列に移し再び上記の操作を繰返す。そしてこの操作の 1 サイクルの間に洗浄水々槽に次の列に使用する洗浄水を満しておけば、直ちに次のユニット列の洗浄操作を継続することができる。

7. むすび

以上今回完成した八幡製鉄所加工場向の自動洗浄型を中心に、電気式空気清浄装置について既説した訳であるが、空気中に浮遊している塵埃の 85 % はわれわれの肉眼には見えない微細な塵埃でありこの微細な塵埃によつてわれわれ個人も社会も不知不識の間に測り知れない程の損害を蒙つていたのである。それを思えば肉眼では見えない程度の微細塵埃の集塵に対して最もその本領を発揮し得る本装置の普及は、あらゆる面で社会に貢献する処が大きいものと信ずる。

文 献

- (1) 尾島学：「空気清浄装置について」『三菱電機』17 巻 2 号 71 頁(昭 16-2)
- (2) ウェスチングハウス電機会社の登録商品名
- (3) H. J. White: Charging Particles in Precipitators『Electrical Engineering』Vol. 70, No. 8, 682(1951)

| 正 誤 | | | |
|--|---------------|---------------------|-------------|
| Vol. 27 No. 10「低圧屋内配線の保護」のうち誤を下記のように訂正いたします。 | | | |
| 頁 | 行 | 誤 | 正 |
| 11 | 左下から 5, 6 行 | コードの過電流保護は | コードの過電流は |
| 12 | 左下から 12 行 | 18~20 倍 | 10~20 倍 |
| 13 | 2 表説明 | 50,000 A | 5,000 A |
| 14 | 2 表最下段コード長さ | 7,840 | 1,840 |
| | 3 表使用コード | l=2 m | l=2 m |
| 15 | 4 表 | l=1 m | l=1 m |
| | | オシロ番号 292 は | 1 行上がる |
| 16 | オシロ | 8 図(第 1 回目) | 8 図(第 3 回目) |
| 9 | 5 表 参考欄 | 9 図(第 3 回目) | 9 図(第 1 回目) |
| | | 溶断特性 | |
| | | 1.25 I _n | |
| | | 60 分以内 | |
| | Brach circuit | 1 | 1 は不要 |
| | | Breaker | |
| | | 120 分以内 | |

圧延機用直流電動機製作経歴表

| 番号 | 馬力 HP | 回転数 rpm | 電圧 V | 方式 | 用途 | 納年 月 | 納入先 | 番号 | 馬力 HP | 回転数 rpm | 電圧 V | 方式 | 用途 | 納年 月 | 納入先 |
|----|----------|------------|---------|--------|----------------------|---------|------|----|----------|------------|---------|---------------------|-----------------|---------|-----------|
| 1 | 650 | 0.250/750 | 600 | イルダナ式 | ブッシュベントナ式 継目無調整ミル | 昭和12-6 | 尼崎製鋼 | 46 | 150 | 400/1200 | | | | | |
| 2 | 5,000 | 0.50/120 | 2×600 | イルダナ式 | 分塊ミル | 11-3 | 八幡製鉄 | 47 | 250 | 350/875 | | | 連続式常調熱間 圧延ミル | 昭和27-10 | 日亜製鋼 |
| 3 | 3,500kW | 0.80/180 | 2×600 | イルダナ式 | 大形ミル | 13-11 | ? | 48 | 1,500 | 400/1000 | | | | | |
| 4 | 5,260 | 0.50/120 | 2×600 | イルダナ式 | 分塊ミル | 14-4 | 富士釜石 | 49 | 1,500 | 400/1000 | | | | | |
| 5 | 5,000 | 0.60/120 | 2×600 | イルダナ式 | * | 15-4 | 富士宝蘭 | 50 | 1,500 | 400/1000 | ※600 | レオナード式 | | | |
| 6 | 7,000 | 0.40/100 | 700 | イルダナ式 | スラブミル | 15-2 | 富士広畑 | 51 | 1,500 | 150/375 | | | | | |
| 7 | 7,000 | 0.60/140 | 700 | イルダナ式 | 分塊ミル | 15-7 | 昭和製鋼 | 52 | 1,500 | 200/563 | | | | | |
| 8 | 5,000 | 0.70/160 | 600 | イルダナ式 | 大形ミル | 27-12 | 富士釜石 | 53 | 1,500 | 225/563 | | | | | |
| 9 | 3,500 | 0.50/120 | 750 | イルダナ式 | 分塊ミル | 27-2 | 日亜製鋼 | 54 | 200kW | 300/750 | | | | | |
| 10 | 3,500kW | 0.54/120 | 750 | イルダナ式 | * | 製作中 | 神戸製鋼 | 55 | 550 | 300/750 | | | | | |
| 11 | 1,200 | 0.160 | ※600 | レオナード式 | 車両用車輪及外輪 ミル | 8-9 | 住友金属 | 56 | 550 | 300/750 | ※600 | レオナード式 | | | |
| 12 | 150 | 0.700 | | | | | | 57 | 200 | 300/750 | | | | | |
| 13 | 1,200 | 0.160 | ※600 | レオナード式 | * | 11-11 | 住友金属 | 58 | 550 | 300/750 | | | 連続式常調熱間 圧延ミル | 27-12 | 住友金属 |
| 14 | 150 | 0.700 | | | | | | 59 | 550 | 300/750 | | | | | |
| 15 | 1,200 | 0.160 | ※600 | レオナード式 | * | 14-3 | 住友金属 | 60 | 110 | 300/750 | | | | | |
| 16 | 150 | 0.700 | | | | | | 61 | 750 | 400/1000 | | | | | |
| 17 | 500 | 400/600 | | | | | | 62 | 750 | 400/1000 | | | | | |
| 18 | 1,000 | 600/800 | | | | | | 63 | 750 | 400/1000 | ※600 | レオナード式 | | | |
| 19 | 1,000 | 600/800 | ※600 | レオナード式 | 連続式常調冷間圧 延ミル | 14-5 | 八幡戸畑 | 64 | 750 | 400/1000 | | | | | |
| 20 | 1,000 | 600/800 | | | | | | 65 | 750 | 400/1000 | | | | | |
| 21 | 1,250 | 600/800 | | | | | | 66 | 750 | 400/1000 | | | | | |
| 22 | 150 | 300/1200 | | | | | | 67 | 200 | 450/1200 | | | | | |
| 23 | 15kW | 135/600 | | | | | | 68 | 70 | 320/1260 | ※220 | レオナード式 | 可逆式常調冷間圧 延ミル | 25-12 | 日亜製鋼 |
| 24 | 15kW | 135/600 | | | | | | 69 | 70 | 320/1260 | | | | | |
| 25 | 125 | 250/375 | ※600 | レオナード式 | スチールミル | 14-5 | 八幡戸畑 | 70 | 140 | 600/1200 | | | | | |
| 26 | 500 | 250/300 | | | | | | 71 | 30 | 350/1420 | ※220 | レオナード式 | 黄銅帯冷間圧延ミ ル | 28-9 | |
| 27 | 200 | 250/375 | | | | | | 72 | 30 | 350/1420 | | | | | |
| 28 | 125 | 300/1200 | | | | | | 73 | 1250 | 70/210 | 600 | | | | |
| 29 | 15kW | 135/600 | | | | | | 74 | 2×1250 | 125/300 | 600 | | | | |
| 30 | 15kW | 135/600 | | | | | | 75 | 2×1500 | 200/440 | 600 | 個別発電機 レオナード 式 | 連続式常調冷間圧 延ミル | 28-11 | 八幡戸畑 |
| 31 | 125 | 230/375 | ※600 | レオナード式 | * | 14-5 | 八幡戸畑 | 76 | 2×1500 | 300/600 | 600 | | | | |
| 32 | 500 | 250/300 | | | | | | 77 | 3×1167 | 400/730 | 600 | | | | |
| 33 | 200 | 250/375 | | | | | | 78 | 2×350 | 250/1050 | 600 | | | | |
| 34 | 125 | 300/1200 | | | | | | 79 | 2×300 | 200/300 | 600 | | | | |
| 35 | 750 | 375/750 | 600 | レオナード式 | シートバーミル | 15-7 | 昭和製鋼 | 80 | 2-2×200 | 500/750 | 600 | | | | |
| 36 | 175 | 400/800 | 600 | レオナード式 | | | | 81 | 2-60kW | 300/1500 | 220 | 個別発電機 レオナード 式 | スチールミル | 28-12 | 八幡戸畑 |
| 37 | 1,500 | 500/1000 | 600 | レオナード式 | * | 15-8 | 昭和製鋼 | 82 | 200 | 500/750 | 600 | | | | |
| 38 | 200 | 500/750 | 220 | 定電圧 | | | | 83 | 2-2×200 | 500/750 | 600 | | | | |
| 39 | 7.5kW | 300/1200 | | | | | | 84 | 350 | 300/1300 | 300 | | | | |
| 40 | 7.5kW | 300/1200 | ※600 | レオナード式 | シロクミシン トミル | 14-3 | 神戸製鋼 | 85 | 230 | 270/400 | 220 | レオナード 式 | 黄銅帯冷間圧延ミ ル | 24-12 | |
| 41 | 1,500 | 300/600 | | | | | | 86 | 400 | 500/1000 | 600 | 個別発電機 レオナード 式 | アルミシートミル | 製作中 | 富田アル ミ |
| 42 | 225 | 225/900 | | | | | | 87 | 100 | 450/900 | 220 | | | | |
| 43 | 250 | 350/700 | | | | | | 88 | 200 | 500/1250 | 220 | 個別発電機 レオナード 式 | アルミ箔ミル | 製作中 | 富田アル ミ |
| 44 | 250 | 350/500 | ※600 | レオナード式 | | | | 89 | 50 | 575/1150 | 220 | | | | |
| 45 | 150 | 400/1200 | | | | | | | | | | | | | |

圧延機用誘導電動機製作経歴表

| 番号 | 馬力 PH | 回転数 rpm | 電圧 V | 周波数 Hz | 用途 | 納年 月 | 納入先 | 番号 | 馬力 HP | 回転数 rpm | 電圧 V | 周波数 Hz | 用途 | 納年 月 | 納入先 |
|----|----------|------------|---------|-----------|----|---------|------|----|----------|------------|---------|-----------|----|---------|-------------|
| 1 | 3,000 | 75 | 3,300 | 50 | | 大7-10 | 巻2 浦 | 32 | 2,000 | 360 | 3,300 | 60 | | 昭和13-12 | 長崎造船 |
| 2 | 4,000 | 100 | 3,300 | 50 | | 7-10 | ? | 33 | 750 | 600 | 3,000 | 50 | | 14-1 | 住友金属 |
| 3 | 1,200 | 257.2 | 3,300 | 60 | | 昭和3-4 | 大阪製鉄 | 34 | 2,500 | 400 | 3,300 | 60 | | 14-1 | 大阪製鉄 |
| 4 | 600 | 400 | 3,150 | 60 | | 4-3 | 住友金属 | 35 | 2,000 | 300 | 3,300 | 60 | | 14-1 | 尼崎製鋼 |
| 5 | 2,200 | 720 | 3,200 | 60 | | 4-4 | 川崎造船 | 36 | 1,500 | 750 | 3,300 | 50 | | 14-2 | 東都製鋼 |
| 6 | 600 | 333.3 | 3,300 | 50 | | 4-12 | 三菱鋼材 | 37 | 800 | 300 | 3,300 | 60 | | 14-2 | 長崎製鋼 |
| 7 | 800 | 300 | 3,300 | 60 | | 7-6 | 尼崎製鋼 | 38 | 1,500 | 600 | 3,300 | 60 | | 14-3 | 徳山鉄板 |
| 8 | 1,500 | 250 | 3,300 | 25 | | 8-2 | 八幡製鉄 | 39 | 1,300 | 600 | 3,300 | 60 | | 14-4 | 長崎製鋼 |
| 9 | 1,500 | 257.2 | 3,300 | 60 | | 8-7 | 徳山鉄板 | 40 | △3,500 | 500 | 3,000 | 50 | | 15-12 | 富士宝蘭 |
| 10 | 600 | 300 | 3,150 | 60 | | 8-11 | 住友金属 | 41 | △5,000 | 360 | 3,300 | 60 | | 15-2 | 富士宝蘭 |
| 11 | 1,500 | 500 | 6,000 | 50 | | 8-3 | 八幡製鉄 | 42 | △6,000 | 375 | 6,000 | 50 | | 15-7 | 昭和製鋼 |
| 12 | ※1,000 | 720/360 | 2,200 | 60 | | 9-5 | 川崎造船 | 43 | 5,000 | 250 | 6,000 | 50 | | 15-7 | ? |
| 13 | ※1,800 | 720/360 | 2,200 | 60 | | 9-5 | ? | 44 | 5,000 | 250 | 6,000 | 50 | | 15-7 | ? |
| 14 | 4,000 | 250 | 6,000 | 50 | | 9-5 | 昭和製鋼 | 45 | 4,000 | 500 | 3,000 | 50 | | 15-8 | 富士宝蘭 |
| 15 | △4,000 | 500 | 6,000 | 50 | | 9-5 | ? | 46 | 600 | 400 | 3,300 | 60 | | 15- | |
| 16 | 1,500 | 300 | 3,300 | 60 | | 9-6 | 尼崎製鋼 | 47 | 6,000 | 250 | 6,000 | 50 | | 15 | |
| 17 | 1,500 | 250 | 3,300 | 25 | | 9-12 | 八幡製鉄 | 48 | 1,500 | 500 | 3,300 | 50 | | 16 | |
| 18 | 1,500 | 250 | 3,300 | 50 | | 10-3 | 印度製鉄 | 49 | 1,000 | 240 | 3,300 | 60 | | | |
| 19 | 1,500 | 360 | 3,300 | 60 | | 10-6 | 長崎造船 | 50 | 1,000 | 230 | 3,300 | 50 | | | |
| 20 | △3,500 | 500 | 6,300 | 50 | | 11-3 | 八幡製鉄 | 51 | 1,000 | 720 | 3,300 | 60 | | 18 | |
| 21 | 1,000 | 230.8 | 3,300 | 50 | | 12-4 | 三菱鋼材 | 52 | 800 | 250 | 3,000 | 50 | | 22 | |
| 22 | △650 | 900 | 3,300 | 60 | | 12-5 | 尼崎製鋼 | 53 | 750kW | 720 | 3,300 | 60 | | 25 | |
| 23 | 2,000 | 120 | 3,300 | 50 | | 12-9 | 東京製鉄 | 54 | 750 | 600 | 3,300 | 60 | | | |
| 24 | 1,200 | 600 | 3,300 | 60 | | 13-3 | 神戸製鋼 | 55 | 700 | 900 | 3,300 | 60 | | | |
| 25 | △4,000 | 514 | 3,150 | 60 | | 13-7 | 富士釜石 | 56 | 1,200 | 600 | 3,300 | 60 | | 26 | |
| 26 | △3,500kW | 500 | 6,300 | 50 | | 13-11 | 八幡製鉄 | 57 | 5,000 | 514 | 3,150 | 60 | | 27-12 | 富士釜石 |
| 27 | 600 | 400 | 3,150 | 60 | | 13-11 | 住友金属 | 58 | 1,500 | 250 | 3,300 | 60 | | 27 | |
| 28 | 600 | 300 | 3,150 | 60 | | 13-11 | ? | 59 | △3,000 | 720 | 6,600 | 60 | | | 日亜製鋼 |
| 29 | 700 | 900 | 3,150 | 60 | | 13-12 | 住友電線 | 60 | 1,500 | 256 | 3,300 | 60 | | | |
| 30 | 500 | 900 | 3,150 | 60 | | 13-12 | ? | 61 | △3,500kW | 514 | 3,300 | 60 | | | 製作中 神戸製鋼 |
| 31 | 500 | 900 | 3,150 | 60 | | 13-12 | ? | | | | | | | | |

圧延機用同期電動機製作経歴表

昭和 28 年 11 月 30 日現在

| 番 号 | 馬 力 HP | 回 転 数 rpm | 電 圧 V | 周 波 数 ~ | 用 途 | 納 入 年 月 | 納 入 先 |
|-----|-----------|--------------|----------|------------|-------------|---------|-------|
| 1 | *1,500 | 720 | 3,300 | 60 | 車両用車輪及外輪ミル | 昭 8-9 | 住友金属 |
| 2 | *1,500 | 720 | 3,300 | 60 | 車両用車輪及外輪ミル | 11-11 | " |
| 3 | *1,500 | 750 | 3,000 | 50 | 車両用車輪及外輪ミル | 14-3 | " |
| 4 | *5,200 | 375 | 3,300 | 50 | 連続冷間圧延ブリキミル | 14-5 | 八幡製鉄 |
| 5 | *1,200 | 750 | 3,300 | 50 | ブリキスキンバスミル | 14-5 | " |
| 6 | *1,200 | 750 | 3,300 | 50 | ブリキスキンバスミル | 14-5 | " |
| 7 | *2,000 | 600 | 3,300 | 60 | ジュラルミンシートミル | 14-3 | 神戸製鋼 |
| 8 | * 450 | 720 | 3,300 | 60 | ジュラルミンシートミル | 14-3 | " |
| 9 | *2,200 | 600 | 3,300 | 60 | ミル補助機 | 15-2 | 富士広畑 |
| 10 | *1,200 | 1,000 | 6,000 | 50 | シートバーミル | 15-7 | 昭和製鋼 |
| 11 | 4,000 | 500 | 3,000 | 50 | ビレットミル | 15-8 | 富士室蘭 |
| 12 | *2,500 | 750 | 3,000 | 50 | シートバーミル | 15-8 | " |
| 13 | *1,400 | 750 | 3,000 | 50 | ミル補助機 | 15-8 | 昭和製鋼 |
| 14 | * 400 | 1,200 | 3,300 | 60 | 可逆冷間圧延ミル | 25-12 | |
| 15 | * 400 | 900 | 3,300 | 60 | ホツトシアー | 27-1 | 富士製鉄 |
| 16 | * 850 | 900 | 3,300 | 60 | ピツクリンゲ | 27-5 | 八幡製鉄 |
| 17 | * 600 | 1,200 | 3,300 | 60 | クリーニンゲ | 27-8 | " |
| 18 | *10,000 | 360 | 16,600 | 60 | 連続熱間鋼帯圧延ミル | 28-3 | 日亜製鋼 |
| 19 | 1,250 | 514 | 3,300 | 60 | 連続熱間鋼帯粗圧延ミル | 28-3 | " |
| 20 | 1,250 | 514 | 3,300 | 60 | " | 28-3 | " |
| 21 | 1,250 | 514 | 3,300 | 60 | " | 28-3 | " |
| 22 | 1,250 | 514 | 3,300 | 60 | " | 28-3 | " |
| 23 | * 750 | 1,200 | 3,300 | 60 | ミル補助機 | 28-3 | |
| 24 | *7,500 kW | 514 | 6,600 | 60 | 連続熱間鋼帯圧延ミル | 28-4 | 住友金属 |
| 25 | *8,500 | 450 | 11,000 | 60 | 連続冷間鋼帯圧延ミル | 28-11 | 八幡製鉄 |
| 26 | *8,500 | 450 | 11,000 | 60 | " | 28-11 | " |
| 27 | *3,100 | 900 | 3,300 | 60 | スキンバスミル | 28-11 | " |
| 28 | * 600 | 1,200 | 3,300 | 60 | クリーニンゲ | 28-12 | " |

備考 * 印 電源電動発電機用

圧延補機用電気設備製作経歴表

(フロントとして主電動機と一括製作したもの)

| 番号 | 設 備 | 摘 要 | 機械製造者 | 納入年月 | 番号 | 設 備 | 摘 要 | 機械製造者 | 納入年月 |
|----|-----------------|---------------------------------|----------|------|----|-----------------|-------------------------------------|----------|------|
| 1 | 分塊圧延補機用一式 | 一般—交流 200V 50~ 剪断機—直流レオナード | 独デマグ社 | 昭 15 | 7 | 連続式シートバー圧延補機用一式 | 交流 400V 50~ 直流 220V | 独クルツフ社 | 昭 15 |
| 2 | 同 上 | 一般—交流 400V 50~ 剪断機—直流レオナード | 独クルツフ社 | 15 | 8 | 連続式帯鋼熱間圧延補機用一式 | 一般—交流 440V 60~ コイラー—直流レオナード | 独シュレーマン社 | 28 |
| 3 | 同 上 | 一般—交流 220V 60~ 主要—直流 220V | 米メスタ社 | 15 | 9 | 同 上 | 一般—交流 220V 50~ テーブル及コイラー—直流レオナード | 米ルイス社 | 28 |
| 4 | 同 上 | 一般—交流 220V 60~ ロール圧下—直流レオナード | 国 内 | 28 | 10 | 連続式帯鋼冷間圧延補機用一式 | 交流 200V 50~ 直流 200V | 米メスタ社 | 13 |
| 5 | 同 上 | 一般—交流 220V 60~ 主要—直流レオナード | 独シュレーマン社 | 29 | 11 | 同 上 | 交流 200V 60~ 直流 220V | 米メスタ社 | 28 |
| 6 | 連続式シートバー圧延補機用一式 | 交流 200V 50~ 直流 220V | 独デマグ社 | 15 | | | | | |

帯鋼処理装置用電気設備製作経歴表

| 番号 | 設 備 | 摘 要 | 機械製造者 | 納入年月 | 番号 | 設 備 | 摘 要 | 機械製造者 | 納入年月 |
|----|--------------|------|--------|------|----|------------|------|--------|------|
| 1 | 連続式電気清浄装置用一式 | 八幡製鉄 | 米メスタ社 | 昭 27 | 7 | 走間剪断装置一式 | 八幡製鉄 | 米メスタ社 | 昭 29 |
| 2 | 同 上 | " | 米メスタ社 | 27 | 8 | 同 上 | 富士広畑 | 米ウイーン社 | 28 |
| 3 | 電気鍍金装置用一式 | " | 米ウイーン社 | 29 | 9 | 同 上 | " | 米ウイーン社 | 28 |
| 4 | 連続式酸洗装置用一式 | " | 米メスタ社 | 28 | 10 | 剪断装置用一式 | 富士広畑 | 米メスタ社 | 27 |
| 5 | 同 上 | 富士広畑 | 米ウイーン社 | 28 | 11 | 折重及剪断装置用一式 | " | 米エトナ社 | 26 |
| 6 | 走間剪断装置用一式 | 八幡製鉄 | 米メスタ社 | 26 | 12 | 剪断装置用一式 | " | 米エトナ社 | 27 |