

# 電 弧 炉 の 自 動 制 御

## Automatic Control of Electric Arc Furnaces

吉 岡 孝 幸\* 木 暮 宏 政\*  
Takayuki Yoshioka Hiromasa Kogure

### 内 容 梗 概

電弧炉の電極自動調整装置には、操作電動機により電極を昇降させる電気式と、水圧、油圧などを利用した機械式とがある。電弧炉（特に製鋼炉）の電弧は、一般に不安定な要素を多数含んでいるためにその制御系に対し大きな変動の要因となる。したがってその自動制御系の方式については特に意を払う必要がある。

日立製作所においてはこれに対し、各種の制御方式の経験を有しているが、このうちの一つであるHTD形電極自動調整装置は炉前操作盤、磁気増幅器制御盤、回転増幅機HTDセット<sup>(1)</sup>および電極昇降用操作電動機からなっており、据付、調整が簡単であり、また全電気式連続制御であるのですぐれた制御結果が得られる。

### 1. 緒 言

電弧炉は電弧エネルギーを利用して金属の熔解、精錬を行うものであるが、この電弧は非常に不安定な要素を多数含んでおり熔解物の動揺、電弧柱周辺におけるガスの移動など炉内状態の変化によって電弧電流は激しく変動する。したがってこれを何らかの方法によって一定に保つ必要がある。電弧電流を一定に保つことにより、

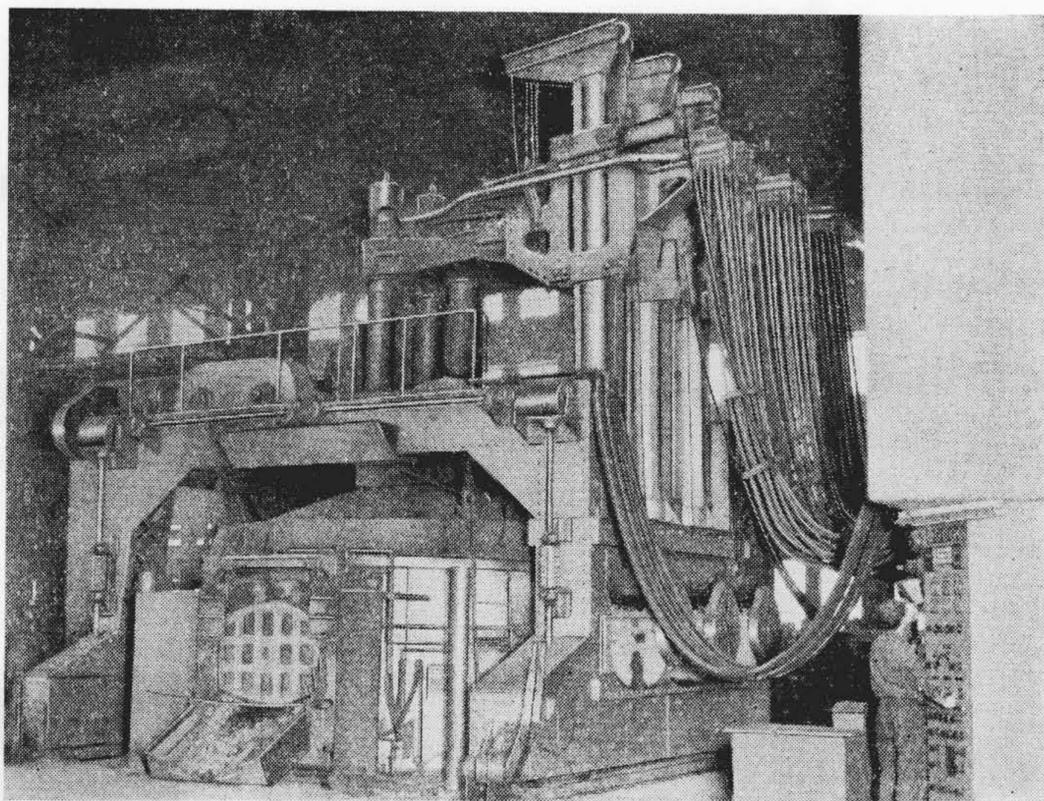
- (1) 平均使用電力を高くとり得るので熔解時間を短縮することができ、効率が高くなり、したがって炉の稼働率も大となる。
- (2) 鋼の品質を均一にすることが容易になる。
- (3) 配電系統に与える擾乱を軽減しうる。

など幾多の利点があることは周知の事実である。最近電弧炉の容量がますます大きくなる傾向にあり、必然的に電弧電流の変動が配電系統に与える擾乱の程度も大きくなる。ここに高性能で信頼度の高い磁気増幅器<sup>(2)</sup>、および回転増幅機(HTD)を使用した電極自動調整装置の一実施例を示し、御参考に供する次第である。

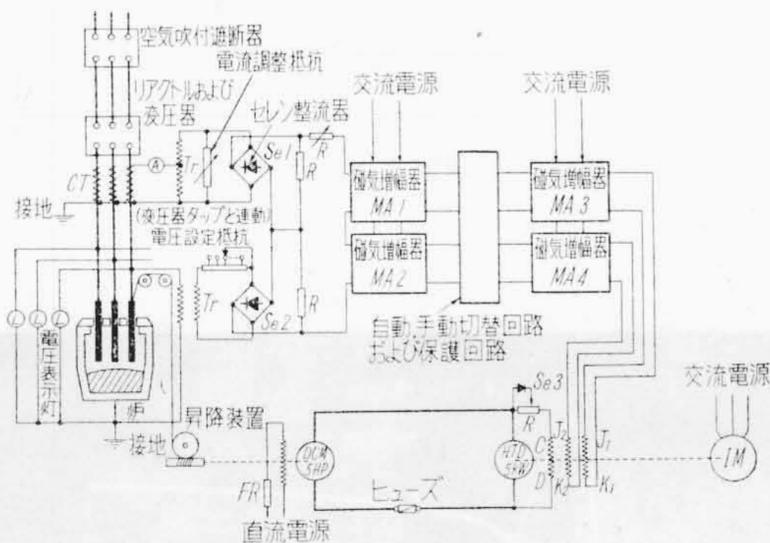
### 2. 設 備 概 要

- (1) 電弧炉：BC形 炉頂装入式 炉殻内径 4,800 mm  
電極 406 mm (16 in) 人造黒鉛 マスト電動昇降式 (第1図)
- (2) 電弧炉用変圧器：SFLICR形 3YC式  
10,000 kVA 一次電圧 10,500 V  
二次電圧 90~280 V 12段

\* 日立製作所日立工場

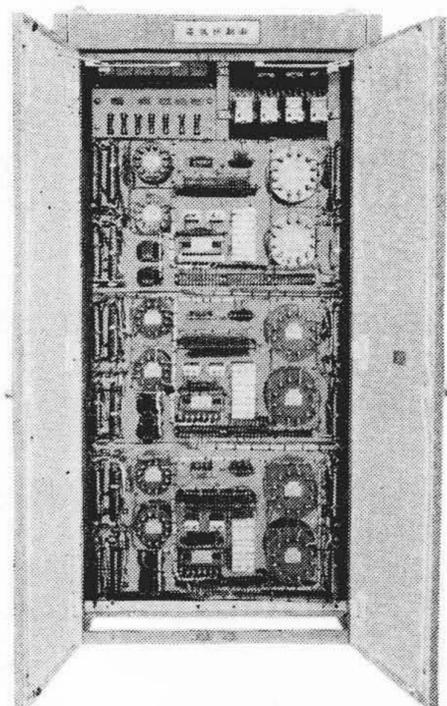


第1図 30 t 電 弧 炉



第2図 原理的接続図 (一極分のみ示す)

- (3) 電弧安定用直列リアクトル (変圧器内蔵)  
1,000 kVA タップ 100-75-25-0%
- (4) 磁気増幅器制御盤：SN形 ACM式



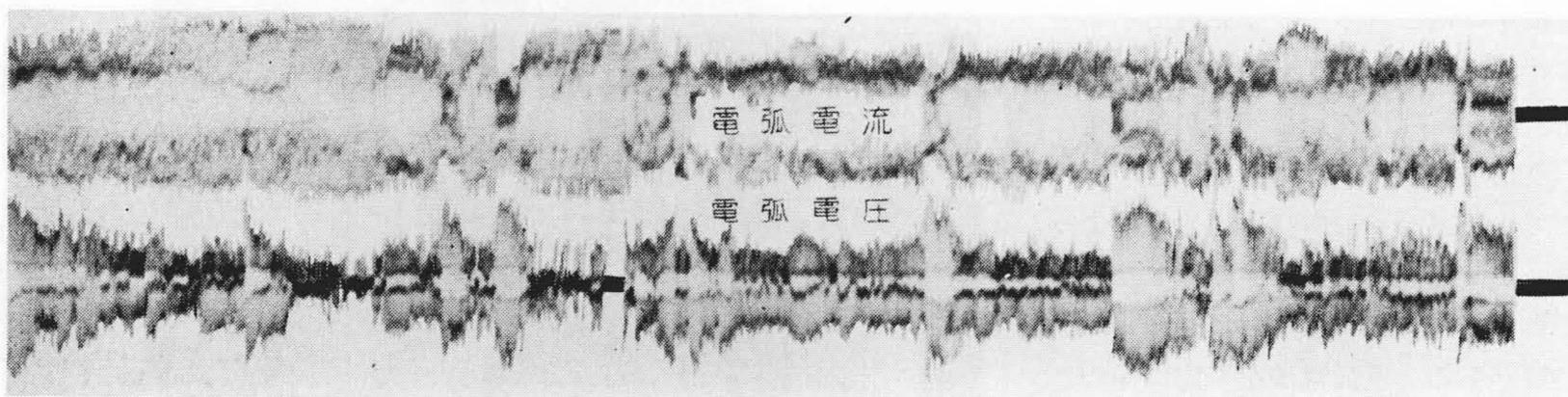
第3図 制御キュービクル内部

- (5) 炉前操作盤
- (6) HTD×3台: FCO形 SP<sub>30</sub>式  
5 kW 220 V 1,500 (1,460) rpm
- (7) HTD 駆動用誘導電動機×1台: EFUO形 KK式  
22 kW (30 HP) 200 V 4 P
- (8) 直流電動機×3台: TCO形 SP<sub>30</sub>式  
3.7 kW (5 HP) 220 V 1,200 rpm

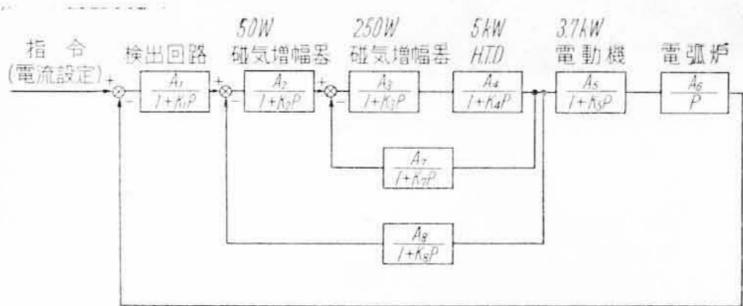
### 3. 動作原理および解析

#### 3.1 動作原理

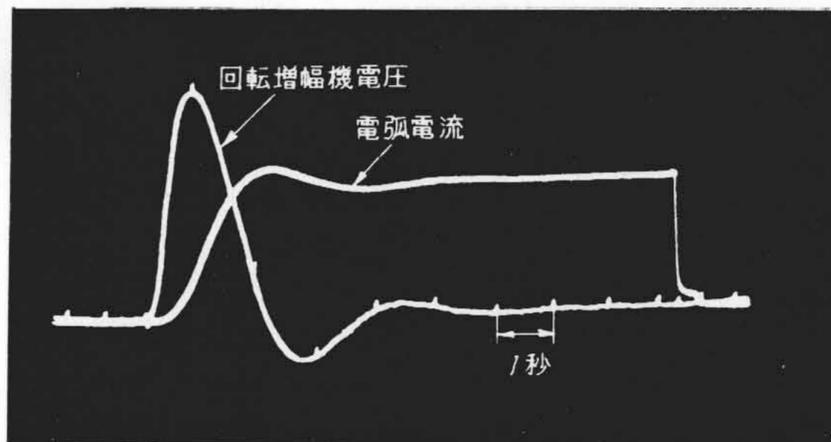
この装置の原理的接続は第2図に示すとおりである。電弧電圧、電弧電流を検出してこれを整流し、差動的に動作するよう増幅回路に与えている。電弧電圧、電弧電流が整定値にあり、平衡した状態においては、その検出電流は等しく差は零である。したがって増幅装置の出力



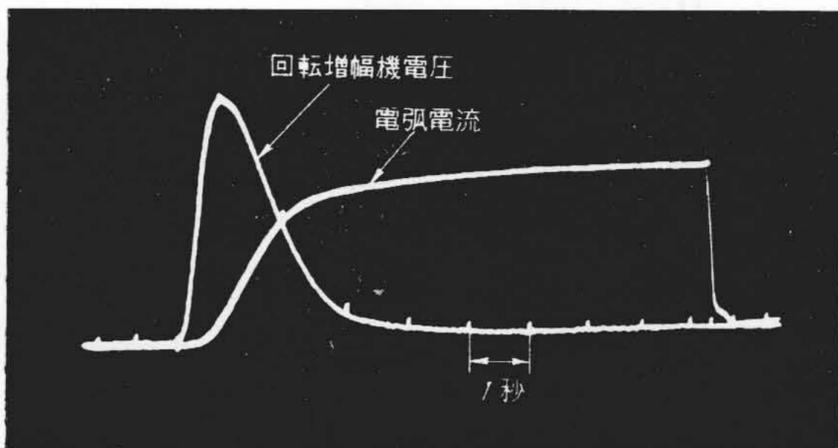
第4図 電弧電流・電圧変動



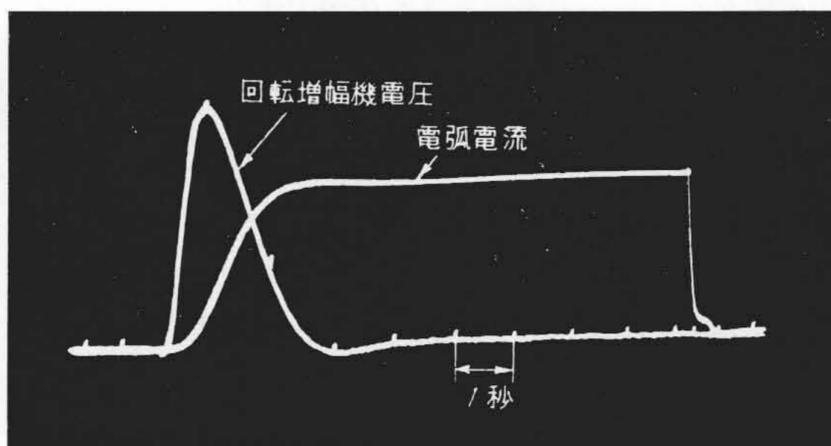
第5図 制御系のブロック線図



第6図-a アナコン解析結果



第6図-b アナコン解析結果



第6図-c アナコン解析結果

も零である。今炉内状態の変化、たとえば装入スクラップの熔解に伴う変位などにより電弧電流が減少すると、整流器 Se 1 の出力電圧が低くなり、磁気増幅器に制御入力電流が流れる。これにより HTD が出力電圧を発生し電極昇降用電動機が回転し、電弧電圧と電弧電流の関係が平衡するまで電極を降下せしめる。逆に電弧電流が増加した場合は磁気増幅器に流れる制御入力電流の方向が逆となり、電極を上昇せしめる方向に電動機が回転する。この動作を絶えず繰返して行い電弧電圧、電弧電流を整定値に保っている。

この検出回路、磁気増幅器部分は第 3 図に示すように鋼板製キュービクル一面に収納されている。

### 3.2 制御系の解析

電極自動調整装置としての課題は、急激大幅、かつひんぱんに変動する電弧を対象としていかにして安定に制御せしめるか、またいかにしてその変動に速応せしめるかにある。実際運転における電弧炉中の電弧は、溶面の動揺はもちろん電弧柱およびその周辺の熱蓄積の程度、および雰囲気イオン化の程度によっても影響を受け、第 4 図に示すように急激、かつひんぱんな変動を示す。このように変動する電弧電流、電圧を制御する装置はきわめて速応性のよい、かつ高頻度の使用に耐えるものでなければならない。磁気増幅器、HTD を使用した連続式自動調整装置はこのような使用目的に最もよく合致するものである。

本制御系をブロック線図で示すと第 5 図のようになり、その解析結果は第 6 図に示すように応答の早い、かつ安定な制御が得られることがわかる。ここに掲げた a, b, c 図は各種の調整値に対するものであって、この場合ほぼ b 図が最適調整値である。

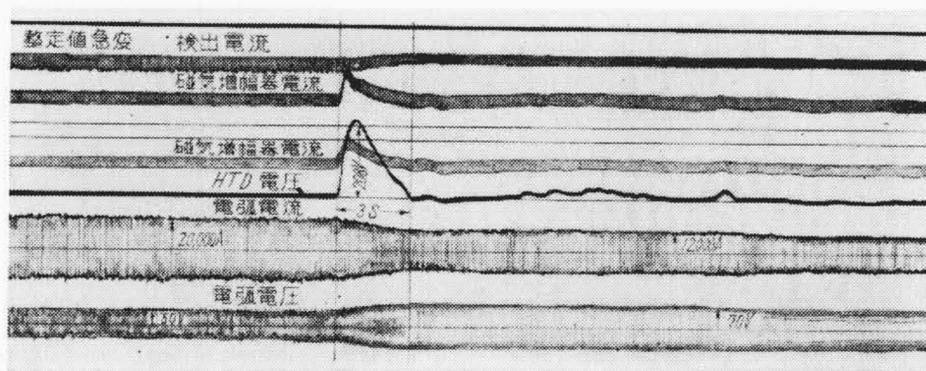
稼働中の過渡応答を実測したオシログラムを第 7 図に示すが、制御系に指令が与えられてから実際に電弧電流が変化を示すまでの不動時間はほぼ 0.1 秒であり、継電器式などに比較してはるかに短い。

## 4. 運 転 結 果

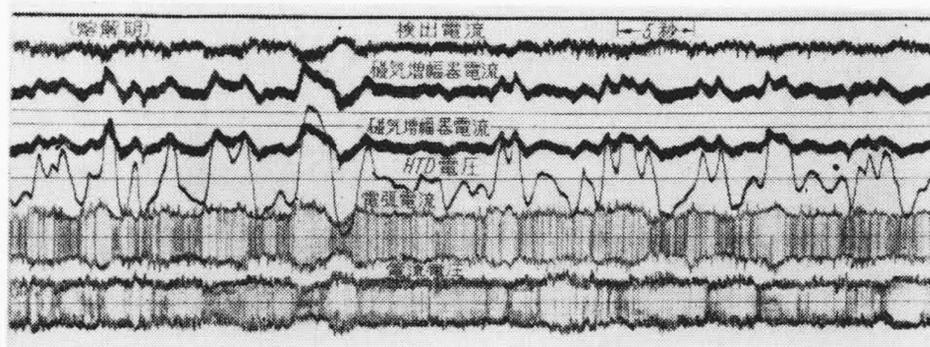
30 t 炉の稼働中のオシログラムを第 8 図に示す。a 図は熔解初期におけるオシログラムであり、b 図は還元期におけるものである。

消費電力の関係を、手動の場合と自動の場合について比較すると第 9 図のごとくなる。この図からもわかるように下記のような利点を確認された。

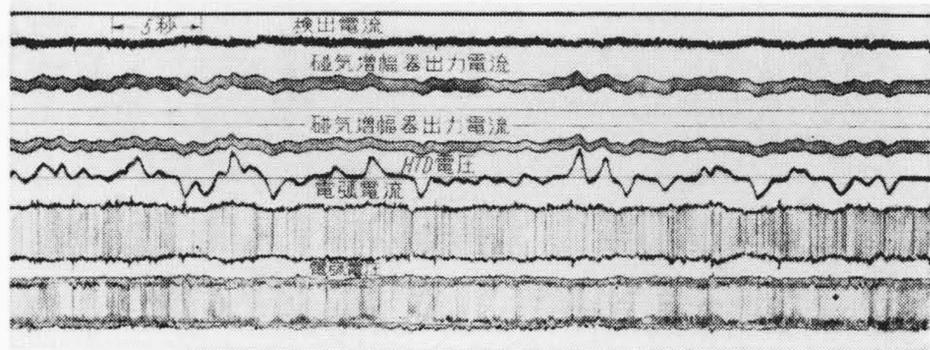
(1) 熔解中の平均使用電力を高くとることができるので熔解時間が短縮され、したがって炉の効率も高く



第 7 図 電弧電圧設定値を急変した場合のオシログラム



第 8 図-a 運転オシログラム (熔解期)



第 8 図-b 運転オシログラム (還元期)

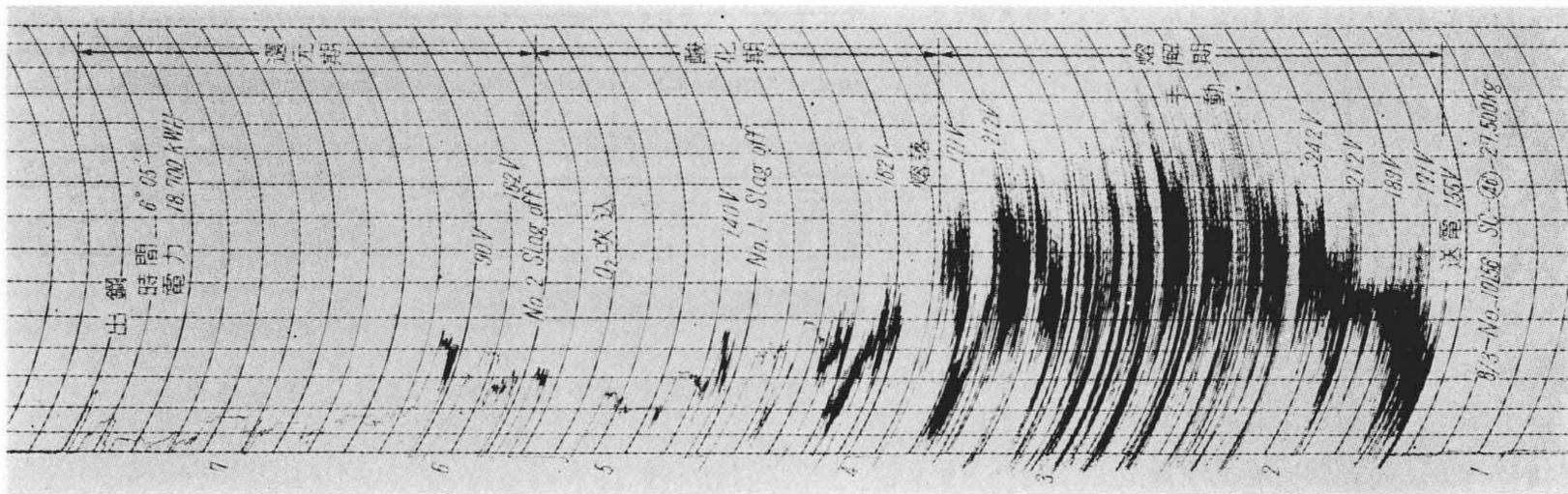
経済的である。一例として鋼種 SF-55 リム材、装入量平均 24,200 kg を熔解精錬した場合の製鋼時間は、自動では手動の 87% で 13% 短縮され、消費電力量は手動の場合の 90% となり 10% 節約することができた。また SC-46 材、装入量平均 27,500 kg においては製鋼時間 96%、消費電力量は 92.5% であった。

(2) 高感度で電極位置が制御され、熔鋼中に電極が突入することがなくなったため、鋼が炭化されることが少なく、電極消耗も減少した。

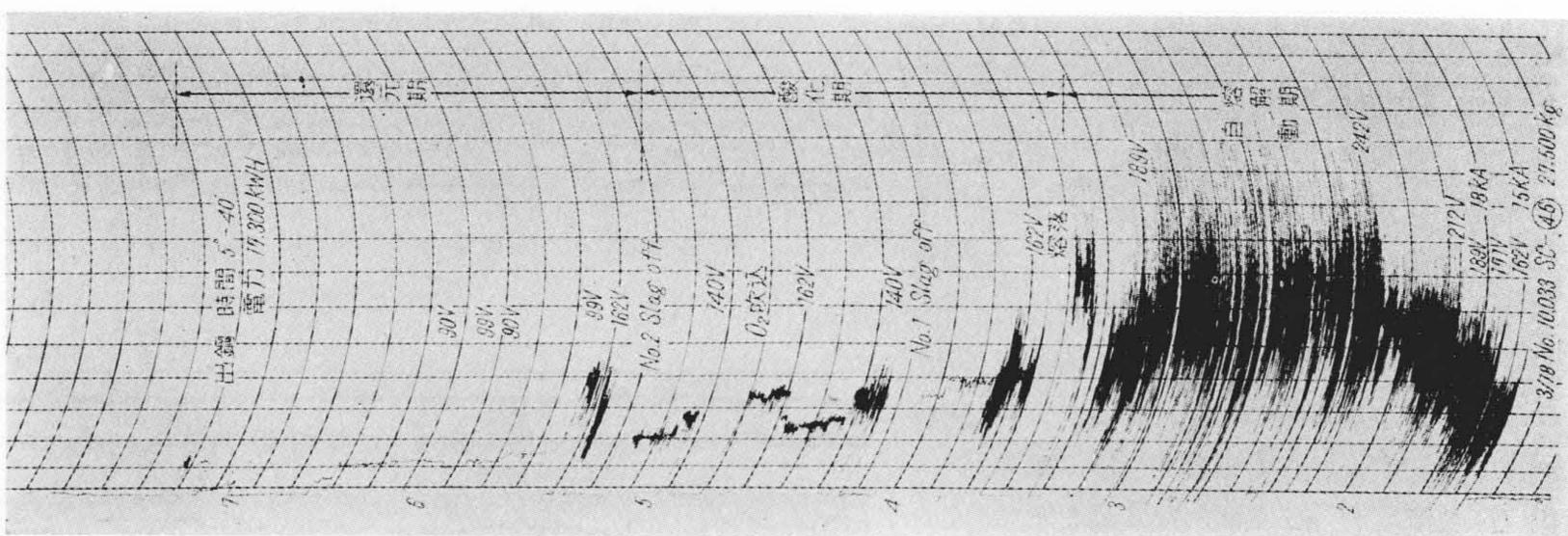
(3) 電弧電流の調整を手動で行うのは相当熟練を要し操作者の疲労も大きいですが、本自動調整装置によると原料スクラップ装入後通電当初より自動運転を行うことができ、運転員は電流値を整定するのみでよい。

(4) 制御の応答が早いので過電流による配電系統に与える擾乱も減少した。

(5) 無接点連続制御であるので運転開始以来故障は絶無である。



第9図-a 手動運転時消費電力



第9図-b 自動運転時消費電力

### 5. 結 言

最近製鋼用電弧炉が大容量化され、また群集化される傾向にあるが、大容量化および群集化されるほど操作上の問題、電源へ与える擾乱の点および経済性の諸点から高性能の電弧炉制御が強く要求されてくる。近年磁気増幅器、回転増幅機を使用した電氣的自動制御方式が、一方では油圧あるいは水圧シリンダにより操作される自動制御が発達し広く使用されている。

ここでは中形電弧炉の電極自動調整装置として製作納入した30 t 電弧炉のHTD形電極自動調整装置について述べたが、本装置は据付、調整がきわめて短時日で終了し初期の成績を得ることができ、以来きわめて好調に稼動している。終りに本装置の設計調整にあたり御指導、御援助をいただいた日立製作所水戸工場竹入課長、日立工場篠田課長ほかの諸氏に深く感謝の意を表す。

### 参 考 文 献

- (1) 西：日立評論 別冊 No. 8 127 (昭 29-10)
- (2) 泉，藤木：日立評論 別冊No. 8 117 (昭 29-10)

### 日立造船技報

Vol. 20

No. 1

### 目 次

- ◎非磁性アンカーチェーンについて
- ◎本船強度の実験研究
- ◎湿気の居住区防熱装置に与える影響について
- ◎マルチチャンネル抵抗線ひずみ計
- ◎アルミ・フレーム木製外板構造の実験研究
- ◎ディーゼル機関部品の表面あらさについて
- ◎かじ性能に及ぼすかじ取速度の影響について

本誌につきましての御照会は下記発行所へ  
御願いたします

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町