

669, 187, 046, 517-982, 669, 012, 1: 62-503, 55

(111) プログラム・コントロールによる
コンセルアーク溶解炉について

神戸製鋼所中央研究所 ○徳田 祥一
" 施設部 窪田 修二
" 高砂工場 高坂 昌司

Program-Controlled Consumable-
Electrode-Arc Melting Furnace. 62291

Shoichi TOKUDA, Shuji KUBOTA
and Masashi KōSAKA

I. 緒 言 14/0~14/1

コンセルアーク溶解法の優秀性は、鋼材の品質向上の見地より多くの実例が発表されているが、鋼種によつて溶解時のプールの形成凝固過程などの操業条件と共に、電極の材質の処理などによつて鑄塊の健全性が支配される。とくに一操業間におけるアークの安定化はきわめて重要な条件である。操業条件の安定、しかも多種類の鋼種夫々に応じた微妙な条件を満足させ再現性よく溶解制御することは、工業的生産を実施する場合にあらゆる鋼種によつて異なる操業条件の標準化、鑄塊頂部の健全性のバラツキの低減、ひいては歩留りの向上に大きな利点をもたらすので、当社においては、全溶解完全自動のプログラム・コントロール方式を当所の 100 kg コンセルアーク溶解炉の制御方式にとり入れ、きわめて優秀な結果を得ることが出来、現在もこの方式であらゆる試験溶解を実施しているのでその概要を報告する。

II. 制御方式

完全自動制御を行なわせるには、電源および電極の制御が十分円滑に、高い信頼度で行なわれ、それがアークの安定性につながるため十分考慮を払わねばならない。

電源装置に関しては、先ず電源電圧の変動保証を確実にしない、さらに一般の電弧炉と同じくアークの安定上からリアクトルを回路に直列に入れ垂下特性をもたせる必要があるが、コンセル・アーク溶解炉の場合に自動制御を確実に実施するためには特殊な垂直に近い垂下特性をもたすことが是非とも必要である。Fig. 1 に示すとき垂下特性では、電圧比較方式の電極制御が容易となり、アーク長の変動（アークの瞬間的な不安定化）による電流の変化、ひいては電極消耗量の変化がないので有利である。

電極の自動制御方式であるが、先ず相対電極消耗速度なる概念を導入しなければならない。すなわち、消耗電

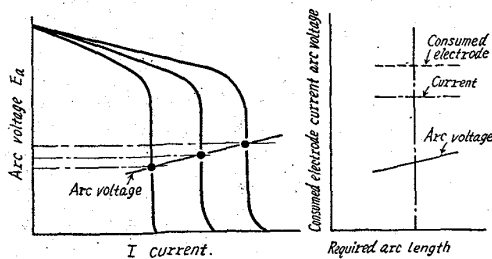
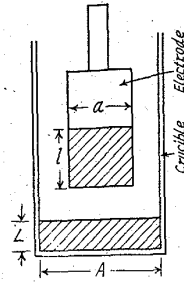


Fig. 1. Pendant characteristic of power and relation between arc length and each element.



Cross section of electrode a [cm²]
Cross section of crucible A [cm²]
Consuming speed of electrode 1 [cm/mn]
Growing speed of ingot L [cm/mn]
Specific gravity of electrode and ingot ρ [g/cm³]
Melting speed W [g/mn]

Fig. 2. Symbolic figure of "Consel Arc" (consumable electrode arc) melting furnace.

極の消耗速度とルツボ内の溶湯面の上昇速度の差を相対電極消耗速度と定義する。Fig. 2 の関係から相対消耗速度 (v) を求めると、

$$v = l - L = W/\rho(1/a - 1/A)$$

$$= K \cdot I \cdot 1/\rho(1/a - 1/A)$$

$$= K \cdot K' \cdot I \dots\dots\dots (1)$$

ただし $\begin{cases} W = K \cdot I \\ K' = 1/\rho(1/a - 1/A) \end{cases}$

となり電極の相対消耗速度はある電流の範囲内では電流に比例することになる。溶解中の電極尖端の平衡位置は、電弧電圧のみを検出する制御回路では Fig. 3 のごとく差電圧（電弧電圧－標準電圧）は電極尖端位置の標準位置よりのズレとも考えられる。0 点は差電圧 0、すなわち最適電極間距離における電極尖端位置で電極の昇降速度は差電圧に比例するから原点を通る直線になる。

$$y = -k \cdot x \text{ (AA' 直線)} \dots\dots\dots (2)$$

$k > 0$: 昇降速度係数
 x : 差電圧

また、相対電極消耗速度は電流がきまればアーク長と無関係で (1) 式のごとく一定であるから横軸に平行な直線になる。

$$y = v \text{ (BB' 直線)} \dots\dots\dots (3)$$

v : 相対電極消耗速度

したがつて、湯面に対する電極尖端の昇降速度すなわち、相対電極昇降速度はこの両者 ((2) および (3) 式) の和となり、

$$y_1 = v - k \cdot x \text{ (C}_1\text{C}_1' \text{ 直線)} \dots\dots\dots (4)$$

となる。この時、電極尖端位置は P 点で平衡することとなり、常に OP なる電圧（距離）だけ標準電圧（標準間隔）より大きくなっている。この電圧（差電圧または距離）は

$$x = (K \cdot K' / k) I \dots\dots\dots (5)$$

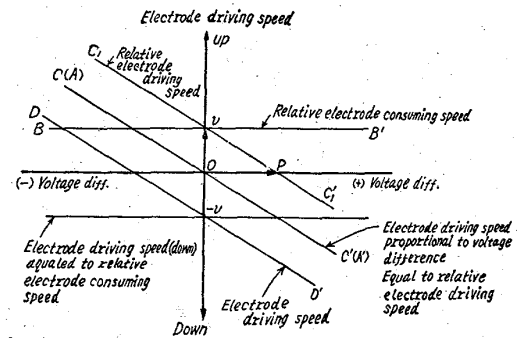


Fig. 3. Figure of electrode driving speed.

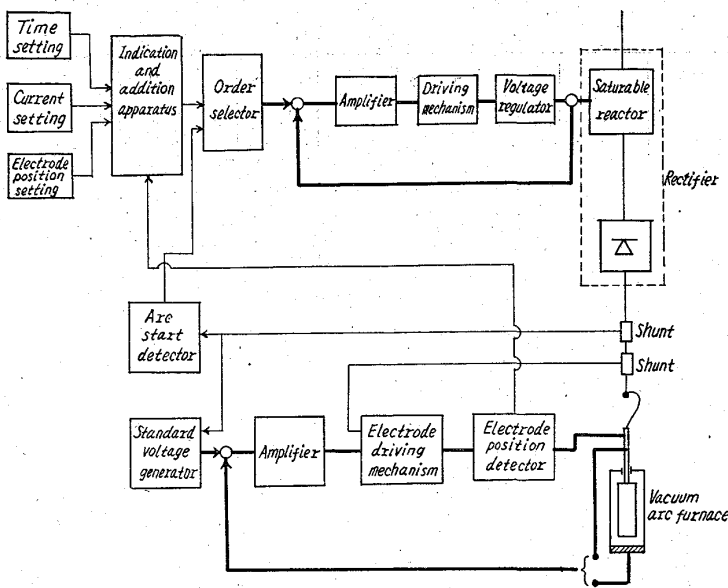


Fig. 4. Circuit of program-control system.

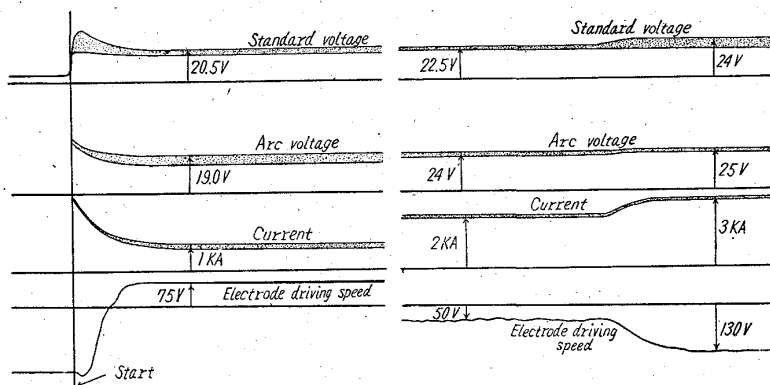


Fig. 5. Oscillograph chart in operation.

((1) および (4) 式より)

となり、電極尖端位置は③標準間隔より大きい位置で平衡し、①大電流程そのズレは大きく、②ズレを小さくするため k (昇降速度係数) を大きくすれば平衡位置への修正速度が過大になり、特に低電流値の場合にはアークが不安定になる。また、④大電流値で電極尖端が湯面に接近しすぎた場合には差電圧による修正速度と相対消耗速度が加わり、アーク長が急変しアークが不安定となり、電極がハンチングを起す。以上のような制御特性ではプログラムコントロールのごとき完全自動操業を行なわせるには危険である。

そこで、スタート時、溶解時、ホットトップ時の相対電極消耗速度は電流に比例するから、これとひとしい電極降下速度を電流に比例して与え、別個にアーク電圧と標準電圧との差電圧 (サーボ方式) によつて発生する昇降速度を電極の所定平衡位置への修正速度とし、この速度を極力小さくしようとする方式をとるのが最もすぐれている。Fig. 3 にこの場合の電極昇降速度も示すが、ある電流における相対電極消耗速度 v をあらかじめ電極の降下速度として与えておくと、差電圧に比例した昇降速度 (CC' 直線...原点を通る直線で AA' 直線に相当する) が加えられ、実際の電極昇降速度は DD' 直線と

なる。相対電極昇降速度は、 DD' 直線と相対電極消耗速度を示す BB' 直線との和であるから結局 CC' 直線で表わされる。したがつて平衡状態では、電極尖端は標準位置 0 点にあり、何らかの原因で標準位置からずれた場合の平衡位置への修正速度は小電流時でも非常に小さく、アークは安定である。電極の自動制御には電弧電圧と標準電圧との差電圧を制御要素にしているが、この電弧電圧は電流値によつてその最適値が変化するので、設定すべき標準電圧も電流により変化させてやらねばならない。

III. プログラム・コントロールによる操業結果

以上の電源および電極の自動制御方式が十分信頼度を有することがわかつたので、それにプログラムの回路を加え、いわゆるプログラム・コントロールの回路にしたものが Fig. 4 である。これによつて、鋼種に応じたプログラムをあらかじめ与え、起動のボタンを押すだけで全溶解が完全に行なわれた。スタート、電流の昇降およびそれにとまらぬ電圧、電極の昇降は、Fig. 5 のオツシロチャートに示すごとくきわめてスムーズに、正確に行なわれ、完全に全溶解工程が遂行された。

今後、工業的生産規模の炉にこの方式を採用することによつて、品質の一層の安定化が計れる見通しがついた。

669,187,046,517-982:669,14,018
(112) 消耗電極式真空アーク炉溶製 853.4
弁用鋼について 62282

金属材料技術研究所 工博 荒木 透
新三菱重工京都製作所 矢野 勝
大阪特殊製鋼 〇大橋 久道
Properties of Valve Steels Melted by
a Consumable-Electrode Vacuum Arc
Furnace.
14/1~14/3
Dr. Toru ARAKI, Masaru YANO
and Hisamichi OHASHI

I. 緒言

自動車工業界のいちじるしい発展に伴ない、出力の向上と共にとくに排気弁は苛酷な条件にさらされ、高温強度、耐摩、耐食性などに新たな特性が要求されている。わが国および諸外国において数年前よりこれらに対し種々系統の鋼種が開発されているが、弁用鋼の一般特性として加工性悪く、とくに傘成形アブセット加工時疵発生危険多く素材表面品質の向上と併せて高信頼性が問題となる。著者などはこれらの点に着目し、21-4N系の改良を目的として数種の析出硬化元素の添加母材を真空あるい