

# 平 爐 の 自 動 制 御 装 置

加 古 五 郎

製鐵工業において、爐の温度や壓力を自動的に制御して經濟的に能率よく、

よい生産をすることはまことに望ましい。本文は日本鋼管、八幡製鐵ですでに

採用されている山武計器の平爐の自動制御装置について説明したものである

## 1. 緒 言

戦後熱管理と計測操業の點から、急速に計器の整備が行われたわが國の製鐵工業では、更に進んで今や自動操業の時期に入らんとしている。平爐の操業も自動化することによつて、良質の鋼を短時間に能率よく精練し、爐體の壽命を長くして原單位を下げ得ることは明かである。平爐の自動操業に關しては、次のような特徴を考慮に入れねばならない。

- (1) 平爐の操業は區切プロセス (Batch Process) である。
- (2) 原材料の質、爐の構造、燃料事情など種々の條件が場合によりはなはだしく異なる。
- (3) 變更作業により週期的に大きな負荷變化を生ずる。
- (4) 化學反應がふくまれる。
- (5) 操業の誤がおよぼす影響が大きい。

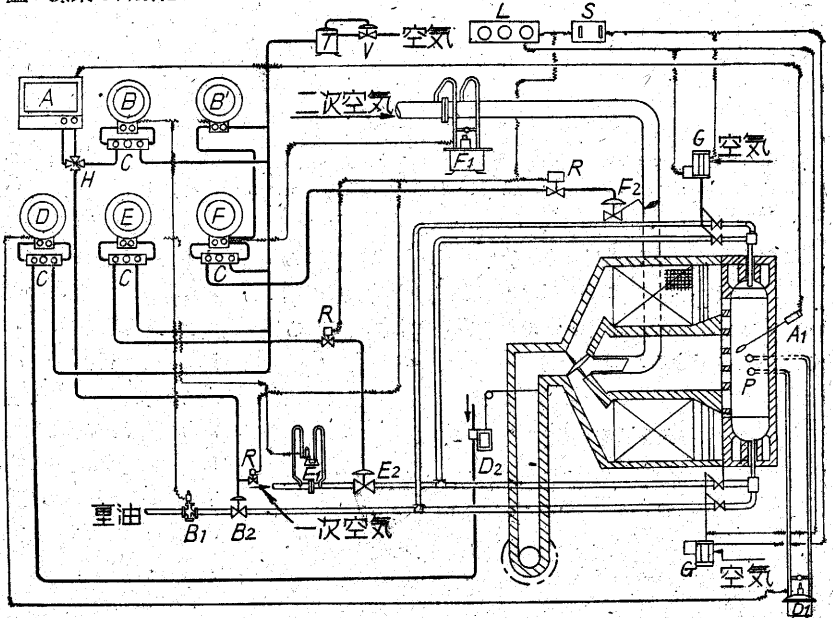
アメリカではすでに全自動操業に近い程度にまで進歩し、爐前の作業員數も極端に少い工場もあるそうであるが、大型の平爐で燃料も豊富だし、材料も良質のものを使用できるという好條件の場合の自動制御装置をそのままわが國の平爐に利用することはむづかしい。また、新しく築爐からはじめる場合は別であるが、現在使用中の平爐の操業をさまたげることなく、自動化して能率の向上をはかるには、各爐について適當な自動制御装置をそれぞれ取りつけねばならない。こゝに一例として、重油専燒爐に使用した空氣式自動制御装置を説明する。

## 2. 爐内壓力自動制御装置

平爐内の壓力を必要以上に高くすれば、爐壁の損傷を早め、反對に低くすれば、冷い外氣を吸込み爐温が下り、いずれの場合も製鋼能率を下げることになる。扉の隙間からの焰の吹き工合を見て手動でダンパーを加減調節す

るのはわずらわしいばかりでなく、爐内壓力を有効な範圍に一定にできない。しかし、爐内壓力計により連續的に爐内の壓力を測定するとともに、自動的にダンパーの開度を調節すれば、爐内壓力を一定に保つことができる。

第1圖のPから爐内外の壓力を取出し、その壓力差を



- A: 電位差計式爐天井温度記録調節計
- A<sub>1</sub>: 輻射發信器
- B: 重油流量指示調節計
- B<sub>1</sub>: 面積型重油流量電送器
- B<sub>2</sub>: ダイアフラム調節弁(重油)
- C: 重油流量記録比率電送器
- D: 手動自動制御切換裝置
- D: 爐内壓力記録調節計
- D<sub>1</sub>: シングルベル型差壓電送器(爐内外壓力差)
- D<sub>2</sub>: パワシリンダー
- E: 一次空氣流量記録調節計
- E<sub>1</sub>: 水銀マンメーター式差壓電送器
- E<sub>2</sub>: ダイアフラム調節弁(一次空氣)
- F: 二次空氣流量記録比率調節計
- F<sub>1</sub>: シングルベル型差壓電送器(二次空氣)
- F<sub>2</sub>: グイアフラム原動裝置
- G: 變更用シリンダー
- H: 四方弁
- L: 信號燈
- P: 燈
- R: 電磁弁
- S: 開閉器
- T: 冷却器付空氣タンク
- V: 減壓調節弁

第1圖 重油専燒爐の自動制御装置

シングルベル型差圧電送器  $D_1$  で測定し、これを爐内壓力記録調節計  $D_2$  に電送記録し、設定点からの偏差により、バワシリンダ  $D_3$  を作動してダンパーの開度を調節して、偏差を訂正する。この装置を実用した一例をあげると、公稱 70 トンの平爐、目盛範圍  $-1 \sim +4$  mm 水柱、自動リセット比例位置制御方式、 $8'' \times 30''$  バワシリンダ、供給壓力  $6 \text{ kg/cm}^2$ 、ダンパー重量 1.5 T で、次表のような成績が出されている。

爐内自動手動制御作業成績の比較

| 区分    | チャージ数 | 製鋼時間  |     | 時間当り製鋼屯数 |     | 重油原単位    |     | 良換歩留 |     | 爐内   | 有效熱  |     |
|-------|-------|-------|-----|----------|-----|----------|-----|------|-----|------|------|-----|
|       |       | 平均    | 比%  | 平均       | 比%  | 使用量 / 製鋼 | 比%  | 平均   | 比%  |      | 平均   | 比%  |
| 手動    | 41    | 6'53" | 100 | 9.34     | 100 | 121      | 100 | 90.4 | 100 | *1   | 29.4 | 100 |
| 自動    | 19    | 6'33" | 95  | 9.49     | 102 | 116      | 96  | 91.2 | 101 | 1.63 | 30.6 | 104 |
| *2 總計 | 80    | 6'58" |     | 9.01     |     | 123      |     | 90.7 |     |      | 28.9 |     |

\*1 手動の場合には爐内變動し平均値の算出困難。

\*2 1ヶ月間の全チャージに対する成績で作業中故障あり順調でなかつたものはすべてこの中にふくむ。

この成績は試験期間が短く、その効果を論ずるにはあまりにも資料不足ではあるが、爐内壓力の自動制御が燃料消費量の減少、爐體壽命の延長にきわめて有効であることは推測できる。

### 3. 燃料空気比率自動制御装置

平爐作業には多量の熱量が必要であり、最小限度の燃料を使つて、爐内温度を熔解精錬に必要な高温にするためには、燃焼用の二次空気流量を燃料に對し一定比率を保つように制御せねばならぬ。必要以上の空気を送ると、燃料の一部はこのむだな空気を熱するのに使われるから、燃焼効率の最もよい比率を求めれば、製鋼能率を高めることができる。

第1圖の面積型重油流量電送器  $B_1$  によつて重油流量を測定し、これを重油流量記録比率傳送器  $B'$  に電送記録すると、二次空気流量記録比率調節計  $F$  の設定は重油流量と一定比率を保つ量に設定される。二次空気量はシングルベル型差圧電送器  $F_1$  により測定し、これを上記  $F$  に電送記録し、設定点からの偏差によつて、ダイヤフラム原動装置  $F_2$  を作動しバタフライバルブを調節して偏差を訂正する。流量記録比率調節計の寫眞は口繪2参照。

コークスガスと重油とを混焼する爐では、一般に重油保有量と製鋼計畫によつて、操業方法は廣範な融通性を必要とする。又一回の操業中にも、裝入期、熔解期、精錬期によつて、コークスガスと重油の割合は變化する。そこでこのような萬能的な操業を自動化することは、極めて困難である。重油とコークスガスのそれぞれに必要な二次空気量の適切でない場合、重油に對する空気量と

コークスガスに對する空気量のいずれが適切でないのかを判断するには相當困難がある。コークスガスと重油のいずれか一方を一定流量に制御して、必要に感じ手動でその設定点を變更する方法を探る方がよいように思われる。

### 4. 爐天井温度自動制御装置

熔鋼温度を自動調節すれば直接的であり、品質向上の點から重要であるし、間接的には爐天井の損傷をふせぐにも役立つが、實際には爐温の方が高いため、爐天井損傷の危険も皆無とはいえないし、又その測定そのものに難點があるため、燃料の加減により天井温度を自動制御するのが最も有効な方法である。そこで天井温度の比較的低い裝入期には、重油の流量制御をなし、爐温が上昇するとともに天井温度の自動制御に自動的に切換え、燃料の節約と爐天井の保護を有効に行う。

第1圖の面積型重油流量電送器  $B_1$  により測定した重油流量は  $B'$  の他に重油流量指示調節計  $B$  にも電送され、その設定点からの偏差によつて、ダイヤフラム調節弁  $B_2$  を作動して偏差を訂正する。天井温度は輻射發信器  $A_1$  により測定し、これを電位差計式爐天井温度記録調節計  $A$  に電送記録し、設定点からの偏差が一定の範圍(比例帶)内になれば上述の  $B$  の調節用出口空気を更に變化してダイヤフラム調節弁  $B_2$  を作動して偏差を訂正する。爐天井温度制御を全然行わない場合には、四方弁  $H$  を切換えれば、 $A$  の制御作用は全く遮断される。

口繪第2頁の圖はこの装置による爐天井の温度自動制御記録である。平爐は公稱 100 屯、目盛範圍は  $800 \sim 1,800^\circ\text{C}$ 、重油流量目盛範圍は  $0 \sim 3,000 \text{ l/H}$ 、制御方式はともに比例位置式、調節弁は  $1''$  徑、設定点は  $1,680^\circ\text{C}$  で、一回の操業の記録であるから、裝入期には全然制御が行われていないのがわかる。輻射發信器は水冷空気放出式であるが、防錆の考慮を特に拂つてある。この制御装置による成績はまだ公表されていないが、爐天井の壽命がいちじるしく延び、燃料消費量が減少し、製鐵屯當りの熱量は低下し、従來自動制御を行わずに達した最高の成績をしのごく結果を得ているようである。

### 5. 附屬装置

一次空気はバーナーの焰の長さに影響するが、燃焼効率には無關係と考へてよいから、燃料とは別に單獨に自動制御すればよい。第1圖の水銀マノメーター式差圧電送器  $E_1$  により一次空気流量を測定し、一次空気流量記録調節計  $E$  に電送記録し、設定点からの偏差によりダ

ダイヤフラム調節弁  $E_2$  を作動し、偏差を訂正する。口繪第6頁の圖は一次空気がおよび重油流量制御用ダイヤフラム調節弁の取附現場の寫眞である。

緒言に述べたが、平爐の操業には變更が週期的に行われ、これが大きな負荷變化となるだけでなく、この變更に要する時間を短縮すると製鋼時間が相當短縮され能率の向上ができる。變更後速かに定常の状態に達せしめるために各調節端には電磁弁  $R$  を附屬して、變更の際には制御作用を中斷させる。又バーナー口近くに變更用シリンダ  $G$  をおき、閉閉器  $S$  により電氣的にリレーを作動させ  $G$  に空気を送つて一次空気が重油とを連動して閉閉器する。ただし閉閉器のときは、重油が先に閉じ、開くときは一次空気が先に開くようにし、その時間差は適當に調節する。變更の完了は信號燈  $L$  に明示される。二次空気の變更弁が電動式の場合には、これも閉閉器  $S$  から順次に作動させることができる。この装置を用いると變更は閉閉器  $S$  を操作するだけで、速かに順序よく變更が行われ、その際の燃料の損失は最小にとどめ得る。

第1圖には、自動變更装置ははぶいてあるが、普通は蓄熱室上部温度を輻射發信器で測定し、その温度差が一定の値になると、閉閉器を働かせ變更がはじまる。蓄熱室の温度差だけでなく、時限装置と組合せて一定時間内に温度差ができない場合は時限装置が變更を始動させるものもある。

手動自動の切換えは計器盤附近で簡単にできる。第1圖の  $C$  はすべて手動自動制御切換装置であり、第2圖にこの外觀を示す。左端は手動自動切換コック、中央は手動制御用空気壓力計、右端は手動制御用減壓弁である。

調節用の空気は計器の中の細孔を通るので常に清浄なものでなければならぬ。第1圖の  $V$  は減壓調整弁で、 $T$  は冷却器付の空気タンクである。

第3圖に實際に使用されている空気清浄装置を示す。減壓調整弁でタンク内の壓力を一定にし、タンク内の冷却器により空気中の水分を凝縮滴下させ、セパレーターに

よつて塵埃をのぞき、更に各計器に附屬の濾過器を通して、完全に空気を清浄にしてから計器に送る。空氣式の調節計はこのようにして空気を清浄にしさえすれば、故障はほとんどない。

## 6. 結 言

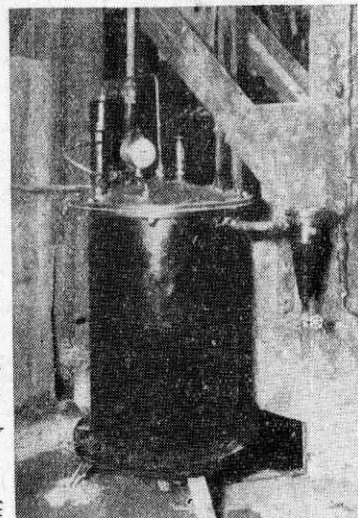
上に述べた装置は便宜上各項目に分離したが、たがいに關連して完全な制御ができるのであるから、計器はすべて爐前の計器盤に集め、計器の作動に精通した作業員によつて操作されねばならぬ。私見ではあるが、平爐の自動制御を完全に行うには、操業の責任者が計器の取扱いに熟練し、設定點の設定、制御方法の變更、緊急の際の自動制御を行うとともに、常に計器の指示記録を見ながら作業員を指揮することが大切であると思う。

この制御装置の特徴を列挙して筆をおくことにする。

- (1) 爐前の計器盤にすべての計器を集め、總括的な判断を下しながら設定點の設定その他の操作が容易にできる。
- (2) 一次空気をそのまま調節用空気として利用できるから空氣壓縮機を特別に設ける必要がない。
- (3) 制御装置が指示記録計器を兼ねていることは、制御をある程度犠牲にしていると考えられるが、制御調整値の廣範な融通性のために、制御に何も悪影響を與えずに、かえつて指示や記録を見ながら操作できるので便利である。
- (4) 自動手動の切換えが容易で、手動制御も計器盤のところで遠隔操作できる。
- (5) 調節計の調節部は温度、流量、壓力のいかなをとわず同一であるから、容易に精通できるし又融通性が大きい。
- (6) 空気を清浄にしさえすれば故障がほとんどない。
- (7) 爐天井をはじめ爐體の壽命がいちじるしく延びる。
- (8) 燃焼効率がよく燃料消費量が減少する。
- (9) 變更操作が急速かつ容易で製鋼時間が短縮される。
- (10) 計器の取扱いが簡単であるから未熟練者にも操作ができる。
- (11) 操作が簡単になるため作業員数が少なくて、しかも作業員を疲労させるような煩雜な仕事なくなる。
- (12) 操業方法の變更にも應じうるし、爐の型式の相違にも適合するような各種の制御装置が、僅かの計器配備方法の變更によつてできる。
- (13) 全装置は爐の作業をさまたげることなく設備できる。(1951-6-20)



第2圖 手動自動制御切換装置



第3圖 調節用空氣清浄装置