

どが高い。ダスト使用量 5~10 t/h では平炉精錬上 Cu, Zn, Pb などは問題が少く調査結果も異常は認められないが, S については問題がある。当所の平常操業における鋼滓成分, 鋼滓量, 温度などで決る鋼滓の脱硫能からの推定値と使用実績値とは, ほぼ一致し, ダスト団鉱 10 t/h の使用により鋼浴中の S は 0.004~0.007% 上る。

焼結鉱, 鋼滓室スラグについては, 10 t/h 程度の使用では, 問題点はみとめられない。

その他には, 作業上, 能率上の悪影響はみとめられない。

### III. 結 言

平炉の装入鉄鉱石のかわりに, ダスト, 焼結鉱, 鋼滓室スラグなどの利用の検討を行ない, 日常作業にも使用しているが。

(1) 酸化剤としてのメリットは鉄鉱石を 1.0 とすると鋼滓室スラグ, 焼結鉱は 0.7, ダスト団鉱は 0.6 である。成分上は鉄鉱石に比して左程おとらないが粒度が細かいこと, またダスト団鉱では含水分のための炉内装入時の粉化が酸化剤としてのメリット低下の原因と考えられる。

(2) 10 t/heat 程度の使用では, ダストの S 以外, 作業上, 能率上に悪影響はみとめられない。

(3) ダスト団鉱については, 平炉装入事前の処理による脱硫, 粉化防止による歩留向上を, また砂鉄の酸化剤としての利用なども検討実施中である。

### 文 献

- (1) 鉄鋼技術共同研究会第 23 回製鋼部会資料
- (2) 鋼滓室スラグの実用試験結果: 富士製鉄釜石製鉄所

## 669, 183, 418, 518 = 621, 746, 5 (39) 平炉工場における出鋼・造塊作業の管理について

(製鋼工場のシステムシミュレーション—II)

八幡製鉄所製鋼部

甲斐 幹・坂本 正博

王寺 睦満・○増本誠二

作業標準部 高橋 正和

Process Control of Tapping and Ingot-Manufacture in an Open Hearth Steelmaking Plant.

(System of simulation of a steelmaking plant—II)

Tsuyoshi KAI, Masahiro SAKAMOTO,  
Mutsumi OHJI, Seiji MASUMOTO  
and Masakazu TAKAHASHI.

### I. 結 言

製鋼工程では操業上の多くの内的要因の上に外的要因の影響も大きく, 特に鉄鋼一貫工場では原材料の流れ, エネルギーバランスなどが総合的に企画されているために, それらが影響し合つて事態はさらに複雑になっている。これらに対し, 従来から経験を主体とした管理が行

なわれてきたが, 多くの要因に独立性が認め難く, またデータのバラツキがかなり大きいにもかかわらず, とかく各特性値を独立にとりあげた平均値的推測のみに頼りがちであつた。科学的な管理を行なうためには客観化された裏付けのあるメジャーの必要性が痛感される次第である。

一方, 平炉工場では各平炉が個々の製鋼時間を持つているために, 出鋼のピーク時, すなわち集中出鋼の際多くの問題が生起する。特に酸素製鋼法の発展につれて平炉の生産能力と原料および造塊作業の能力の間にアンバランスが生じ, 各作業における待時間の増加, 鋼塊処理輸送時間の延長, さらに成品品質への悪影響, 分塊圧延工場との間の鋼塊需給上の問題が浮びあがつた。このようなムダ・ムリ・ムラをはぶくために, 各作業を一貫して正確な予測と計画的な作業を行なうことが強く望まれる。

当所第一製鋼工場では, 原料, 平炉, 造塊の各作業をモデル化し, 電子計算機を利用して各種の解析を行なっている。著者らは, 既に第 1 報<sup>1)</sup>で発表したように, 原料入荷から鋼塊の出荷にいたる製鋼工場の全工程を下記の 4 つのブロックに分けて研究しているが, 本報はその 4 つに相当するものである。

- 1) 原料ヤードの屑鉄および型鉄の在庫管理  
……平炉における装入待時間の最小化
- 2) 溶銑輸送鍋保有数の決定  
……溶銑注入遅延の防止
- 3) 与条件下の平炉製鋼時間の予測  
……正確な出鋼時刻の予測
- 4) 造塊と平炉間に介在する諸要因の検討  
……最適出鋼計画の立案および出鋼調整

### II. 平炉・造塊工程の概要とモデル化

(1) 平炉・造塊ヤードの設備

1) 平炉ヤード

平炉 100 t  $F'_{ce}$  × 3 (実装入 150 t) 受鋼 2 鍋  
130 t  $F'_{ce}$  × 1 ( " 210 t) " 3 "  
150 t  $F'_{ce}$  × 1 ( " 230 t) " 3 "

2) 造塊ヤード

受鋼クレーン 100 t C × 3

注入機 110 t C × 5

注入ピット 5P × 3 溝

(各溝が 1 チャージ分に相当)。

鋼塊機 12 t C × 4

(2) 出産状況

- 1) 平炉は通常 5 基整備 4 基稼動を行なう。
  - 2) 製造鋼種は平炉の溶製法および造塊の処理方法の違いにより, 数種類 (A, B……) に大別される。
  - 3) 鋼種 A は下注材であつて生産能力一杯に製造している。
  - 4) 鋼種 A は 100 t  $F'_{ce}$  のみで溶製している。
  - 5) 4 つのピットには下注専用溝が各 1 個あり, 残りの 11 溝は上注専用である。
  - 6) その他の鋼種 (B, C……) は上注材であり, 製造鋼種は分塊, 成品工場のロール予定によつて変化する。
- (3) シミュレーションの設定条件

- 1) 製鋼時間は炉容別、鋼種別に個有の平均値とバラツキを持ち、正規分布に近似される。
- 2) ピット占拠時間（注入時間+静置時間+型抜積込時間）も鋼種別に個有の平均値とバラツキを持ち、正規分布に近似される。
- 3) 2基以上の平炉が引きつづいて出鋼する場合には、クレーンの関係上所定の出鋼時間間隔を確保する。
- 4) 所定のピットが注入中または一杯であるときには、注入終了またはピットが空くまで平炉は出鋼を待たされる。
- 5) ピット作業はすべて注入最優先であつて、型抜積込中に注入の必要が生じた場合には注入を優先させ、注入終了後型抜積込作業を再開する。

(4) モデルの1例

上記の条件を勘案して、平炉・造塊間の作業をシミュレートすべく作成したブロック・ダイアグラムの1例を Fig. 1 に示す。

III. シミュレーションの結果ならびにその検討

上記のモデルにしたがつて、ハンドおよび IBM 7070 機を利用して数次のシミュレーションを行なつた。出鋼時間間隔、一定時間内の出鋼炉数、ピット占拠時間などの分布、出産量、製鋼能率、各ピットの使用頻度、各種の待ち時間などを特性値として、ハンドおよび電子計算機によるシミュレーション結果と操業実績を比較検討し、モデルを一部修正した。Fig. 2 は 100 t 炉1基休止の4基稼働の場合、一定時間（90 mn）内に出鋼した杯数の分布である。また Fig. 3 は同条件下での出鋼時間間隔の分布を示したものである。夫々実績とシミュレーションの結果とは可成りよく一致しており、今回作成したモデルは現場作業をよく再現し得るといえよう。

製鋼時間の異なる数基の平炉が稼働していれば、集中出鋼はある程度不可能とも云える。しかしシミュレーションのデータによれば、集中出鋼を十数時間前に予測

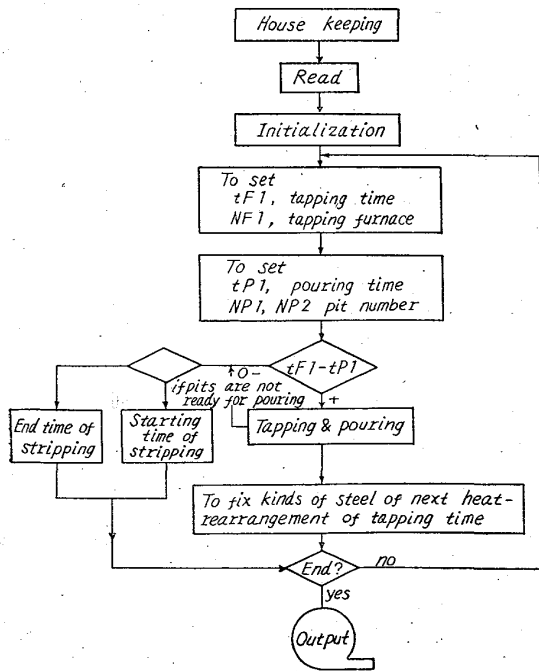


Fig. 1. Block diagram of tapping schedule.

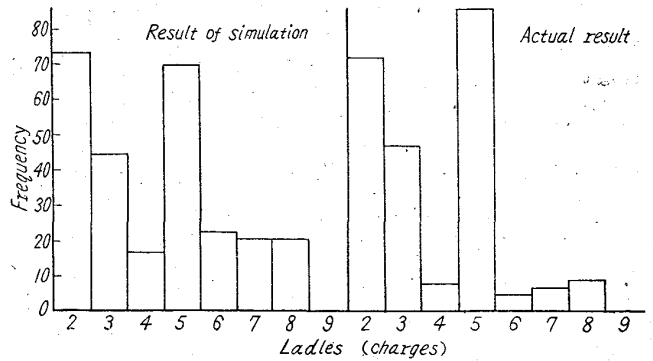


Fig. 2. Number of ladles tapped within 1 h 30 mn.

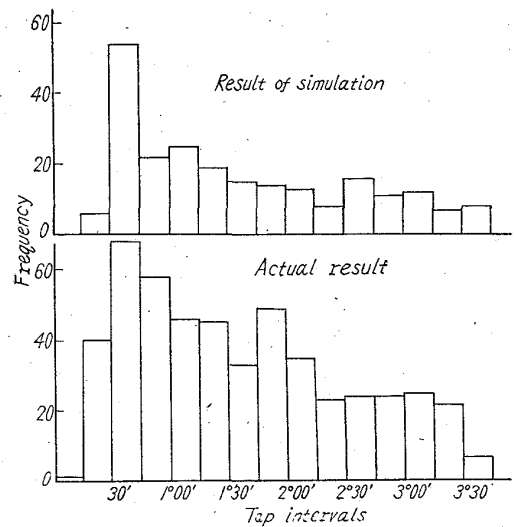


Fig. 3. Distribution of tap intervals.

し、製鋼時間を一定時間（例えば 30mn）短縮したり延長したりして調整すれば、集中出鋼件数が減少することが明らかとつた。実際に出鋼時間をずらすためには平炉の原料燃料の使用量（溶銑、酸素、屑鉄、鉬石、燃料）を変え、シミュレーション同様の調整を毎日の作業にとり入れているが、出鋼調整の効果は著しい。

また、鋼種 A は能力一杯の生産を続けているがさらに増産が要請されている。そこでこのモデルを用いて、下注ピットの準備時間を短かくした場合およびピットを増設した場合の鋼種 A の生産能力を調べ、その作業性、技術および原価情報を合せ検討し、ピット増設を決定した。現在、建屋の増設中である。

このように、このシミュレーションモデルを利用することにより、生産管理上の各種の予測ならびによりよき工程管理を可能ならしめる情報を把握できるようになつた。

IV. 結 言

(1) 当所第一製鋼工場の出鋼および造塊作業を分析し、ハンドならびに電子計算機によるシミュレーションを行ない、現場作業をうまく反映するモデルの作成に成功した。

(2) これを利用して集中出鋼防止の具体的方策を考究し集中出鋼防止に成果をあげた。

(3) またこれを利用して色々な問題点をおりこんだシミュレーションを試行し、鋼種Aの生産能力の検討など、生産管理上の諸指標を得た。

今回行なつた一連のシミュレーションの結果は、当工場の生産管理に直接役立つばかりでなく、このような研究が進むにつれて製鋼工場の管理が将来大きく前進するものと確信している。

#### 文 献

- 1) 甲斐他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1321

669.187.012.2:669.15-198:669.  
046.581:669.788:669.047

#### (40) 電気炉工場における原料中の水素管理

八幡製鉄所製鋼部

小出 隆・中川 一・伊藤裕雄

#### Hydrogen Control of Raw Materials in an Electric Furnace Steel Plant.

Takashi KOIDE, Hajime NAKAGAWA and Yasuo ITO.

#### I. 緒 言

鋼塊の水素含有量を減少せしめる最も簡便でしかも効果を確実に期待できる方法として、溶製過程に添加する各種合金鉄、造滓剤などを事前に加熱脱水して使用することは、多くの製鋼工場、特に特殊鋼を製造する電気炉工場で標準作業として行なわれている所である。しかしながら所期の目的を達するために必要にして十分な加熱の条件如何という点に関してはほとんど明らかにされていないのが現状である。そこでこれらについて究明すべく行なつた 2, 3 の実験と、その結果に基いて各種加熱炉を設置、操業して所期の成果を得ている当所電気炉工場の例を下記に報告する。

#### II. 合金鉄および造滓剤の水素または水分

電炉工場に到着直後の各種原料について、その含有水素量あるいは水分を実測した結果を Table 1 に示す。

Table 1 によれば、一部を除いて多くの原料の水素含有量 (あるいは水分) は相当高い値を示しており、使用量と精錬法如何によつては大部分の合金鉄および造滓剤は脱水素もしくは脱水してから用いなければ溶鋼中水素が著しく上昇し、鋼塊品質に重大な悪影響をおよぼす事が考えられる。

#### III. 合金鉄の加熱脱水素実験

合金鉄を加熱して有効に脱水素するのに必要な条件を見出すため、実験室的に下記の試験を行なつた。しかし実際操業用の加熱炉の建設費、維持費および合金鉄の酸化などを考慮すると、操業に支障のない限り低温加熱する事が好ましい。そこで他の条件と考え合わせて、主として3時間の恒温加熱を行なう場合について実験した。実験方法の概要は下記のごとくである。

(1) 試料の脱湿;  $\text{CaCl}_2$  デシケーター

(2) 試料の調整; 偏析を考慮して約 15mm に破碎したのち混合縮分し、1 試料を約 50g とした。

(3) 加熱 炉; 電熱マツフル炉

(4) 恒温加熱温度; 100~800°C

(5) 定 量; 真空加熱法, 950°C×30 min

実験の結果は Fig. 1 に示すごとくで、一般に 15mm 程度の粒度の合金鉄を脱水素を目的として各種温度で3時間恒温加熱する場合、Fe-Mn 系合金鉄は 400~500°C で、Si-Mn および Fe-Si などは 600~800°C で加熱することにより効果的に脱水素が行なわれ、それ以上の温度で加熱してもほとんど昇熱しただけの効果を期待できないことがわかつた。

なお、実際に使用する粒度の合金鉄に Fig. 1 がどの程度に適用できるかを確認するために、600°C で Table 1 と同じ粒度の合金鉄を3時間加熱したがほとんど結果に差異は認められず、この程度の加熱温度で合金鉄中の水素を除去する場合には加熱時間よりも温度の影響の方が大である事が推定された。

#### IV. 生石灰の加熱脱水素実験

生石灰の加熱による脱水素のための条件を求める実験に当つては下記の点を考慮した。すなわち  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の

Table 1. Hydrogen or moisture contents of raw materials.

Samples	Hydrogen (ppm)	Moisture (wt%)	Size (mm)	Remarks
75% ferrosilicon	9.8~17.6	—	40~60	
Low-carbon ferrochrome	4.3~6.0	—	100~150	
High-carbon ferromanganese	7.6~18.1	—	60~100	
Low-carbon ferromanganese	8.2	—	25~40	
Ferrosilicon-manganese	14.4	—	40~60	
Ferrosilicon-chrome	6.0~9.4	—	40~60	
Electrolytic nickel	0.2	—	10 (thickness)	Vacuum-heated
Burnt lime	—	1.0~10	40~60	Burnt in a shaft kiln
Crushed silica-bricks	—	3.0~10	20~40	