

Fig. 4. Number of the unsuitable heat as a function both of hot metal ratio and arrival time interval.

Table 1. Optimum arrival time interval according to hot metal ratio and No. of operating  $F'_{C_e}$ .

H	<55	55~60	60~65	65<
N				
5	2 hr	2 hr	3 hr	4 hr
4	3 hr	4 hr	4 hr	4 hr

N: No. of operating  $F'_{C_e}$ .

H: Hot metal ratio.

するとしたらチャージ編成方式は混乱し、事実上そのメリットを失ってしまうものと言つてもよい。つまり屑の請求をする時点から一貫して装入予定の平炉と原料ヤードへ送り込まれる屑との間には対応がついていることがチャージ編成方式のメリットであるから、この対応が次々とくずれてゆくことは事実上チャージ編成方式の真価を失うばかりでなく、むしろふつうの屑鉄入荷の場合よりも混乱をきたす危険性がある。したがって計算上の配合不適合はある簡冊でしか許されない。溶銑比に応じて必要な入荷間隔は、予備在庫の水準と不合格チャージ数から推定できる。予定変更のある場合を考えて1日2チャージをその分にあてると予備在庫は1チャージとなり、これを限度とすれば必要入荷間隔はTable 1のようになる。

これらの結果を現場作業へ適用した結果はFig. 3に△または▲で示す。△は入荷間隔2時間の場合、▲は3時間の場合であつて、両者ともよく計算結果と一致している。計算値の方がわずかに高目に出ているのは、計算の方が実際よりも厳しい結果となることを示している。

▲で示したのはチャージ編成を適用する以前の値で、これよりチャージ編成を行なう以前にはHMRが50%前後になると配合不適合チャージは2chs/day程度であつた。これがチャージ編成方式の採用によつてほとんど皆無となつたことは注目に値する。

IV. 結 言

1) 当所第一製鋼工場では、原料ヤードが狭いという欠点を補うために、チャージ編成方式という新しい屑鉄入荷の方法を計画実施した。

2) その方式を現場へ適用するに当つて、まず現場作業をうまく表現するモデルをつくることに成功した。

3) そのモデルを利用して、シミュレーションをくり返すことによつて、種々の条件の変化に応じた原料ヤードの能力を阻害するネックを見つけた。

4) この解析結果は現場作業に適用され、原料ヤードの作業管理に大きな指針となつて、多大の効果を収めている。

5) このような科学的管理体制が徐々に確立されつつある当所製鋼部では、システムの標準化が着々と進行し、今やプロセスオートメーションが可能となりつつある。

文 献

- 1) 甲斐, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1321
- 2) 甲斐, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 360
- 3) 井上, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 513

669.183.418.546.2  
(94) 塩基性平炉における脱硫工程能力の検討

八幡製鉄所, 製鋼部

山田清太・杉野導人・中川 一  
佐々木清和・吉井 等

Sulfur Behavior in the Basic Open Hearth Furnace.

Seita YAMADA, Michito SUGINO,  
Hajime NAKAGAWA, Kiyokazu SASAKI  
and Hitoshi YOSHII.

I. 緒 言

塩基性平炉は脱硫が可能であることが特徴であるが、その脱硫率は50%程度にとどまり操業条件によつては大きな問題となる。従来より脱硫に関する報告の数は多く、平炉における硫黄の挙動は比較的明らかにされていると考えられる。品質管理上成品[S]の管理は重要であり、このため溶製上の問題として平炉の脱硫工程能力を把握することが必要となるがこの種の報告は少ないようである。

当八幡製鉄所では最近生産量の変動あるいは高炉改修等により溶銑需給面における変動が大きいが、多量かつ一定の溶銑を転炉部門に優先的に供給することを調整上の原則としているため平炉部門では溶銑比が著しく低下し、また変動も大きく品質、能率、原価の管理上多くの問題が生じた。

しかしながら原料条件の多様性に耐え得ることが平炉法の特徴の一つであり、また当所は平炉工場を有しており、それぞれの工場特性を考慮した総合的生産管理によつてこれ等の問題を打開することが要請されたのは当然である。

これらのうち特に硫黄が問題となつたが、平炉における脱硫の工程能力の要因解析を行ない、対策を立てて作業上の問題を解決する事ができたのでその概要を報告する。

II. 脱硫工程能力の調査

従来よりこの種の解析は明確な関係が得難かつた。今回の要因解析はカード分類法(田口式)を使用し特性値

Table 1. Main effect of factors on the melt down sulfur.

Factor (x)	Main effect of factor (y=10 <sup>3</sup> %)
Hot metal sulfur (10 <sup>3</sup> %)	y=27.74+0.227x**
Bundle scraprate (%)	y=34.05+0.249x**
Cold pig rate (%)	y=36.22-0.037x**
Hot metal rate (%)	y=50.42-0.256x**
Charged lime stone (kg/t)	y=42.05-0.171x**

Table 2. Main effect of factor on ladle sulfur.

Factor (x)	Main effect of factor (y: 10 <sup>3</sup> %)
Melt down sulfur	
Mild steel	y= 8.61+0.422x**
semi-killed Steel	y= 1.05+0.630x**
Medium carbon steel	y= 9.33+0.372x**
Feed lime	
Mild steel	y=26.93-0.331x**
semi-killed Steel	y=27.34-0.527x**
Medium carbon steel	y=25.93-0.264x**
Refining hours	
Mild steel	y=25.74-0.0189x*
Semi-killed steel	y=24.95-0.0122x*
Medium carbon steel	* * *

として溶落 [S], 成品 [S] を取り上げ要因としては Table 1 および Table 2 に示す各要因を選択した。

今回報告するのは、当所第四製鋼課の公称 120 t 平炉 (固定式) の調査結果である。当炉は重油専焼 (重油中硫黄は  $\bar{x}=1.0$  程度) の塩基性平炉であり、酸素製鋼法を適用している。製造鋼種はセミキルド厚板、中炭素セミキルド鋼および極軟リムド鋼が主体である。調査に使用したデータは操行記録よりランダムに採取した。

### III. 脱硫工程能力の要因解析結果

平炉における硫黄の挙動は村田、他<sup>1)</sup> および下川、他<sup>2)</sup> をはじめとして多くの報告により明らかにされており、燃料および燃焼条件あるいは装入作業方法の影響が大であるが、今回の調査は主として装入物の影響に主体をおいて行なつたので要因としては制御可能な因子に限定した。要因解析の結果は Table 1 および Table 2 に示したが次に概要を述べる。

#### (1) 溶落 [S] におよぼす各要因の影響

##### (i) 溶銑 [S] の効果

溶銑 [S] は溶落 [S] に対して影響が大きいと報告されているが、今回の調査結果では溶銑 [s] 0.001% の変化により溶落 [S] は 0.0002~0.0003% 程度上下する事がわかつた。

##### (ii) バンドル屑配合比の効果

購入軽量屑の使用量の増加により溶落 [S] が増加することが知られている。バンドル屑の中に購入国内プレス屑を含めた配合比の効果として解析した結果では配合比 10% の変動により溶落 [S] が 0.002% 変化する。

##### (iii) 型銑配合比の効果

型銑配合比の効果は溶落 [S] を低下する傾向を有しており、型銑 10% 増加により溶落 [S] が 0.0004%

程度低下する。型銑の効果には型銑中の硫黄含有量の影響が考えられるので、この点については更に検討が必要である。

##### (iv) 前装入石灰石の効果

前装入石灰石 (大割) の効果としては装入量 (kg/t) 当り溶落 [S] 0.00017% 程度の影響がある。

##### (v) 溶銑配合比の効果

溶銑配合比が 10% 低下すると溶落 [S] が 0.002~0.003% 程度増加する。溶銑配合比の溶落 [S] に対する影響は大きいことがわかる。

##### (vi) 前溶解時間の効果

装入終了後受銑了迄の時間 (前溶解時間) は重油炎に屑鉄がさらされるため加硫の問題があると考えられるが、今回の調査では溶落 [S] に対してはほとんど影響が認められなかつた。この点に関しては更に検討の必要が考えられる。

#### (2) 成品 [S] におよぼす要因の影響

##### (i) 溶落 [S] の効果

成品 [S] に対しては溶落 [S] の影響が大きくほとんど溶落 [S] によつて決定されると云つても過言でないと考えられる。これは溶銑法においては脱硫速度が溶落前後で最大値を有することによると考えられる<sup>3)</sup>。したがつて成品 [S] の管理には溶落 [S] の管理が重点となる。成品 [S] に対する溶落 [S] の効果は鋼種による大きな変化はなく、溶落 [S] が 0.001% 増加すると成品 [S] は 0.0004~0.0006% 程度増加する。

##### (ii) 追加生石灰の効果

精錬中炉内添加される生石灰 (CaO) はスラグの塩基性成分を増加する事により脱硫能を増大させる。追加生石灰の効果は鋼種による大きな変化はなくほぼ一定であり、添加量 (kg/t) 当り成品 [S] を 0.0003~0.0005% 減少させる。

##### (iii) 精錬時間の効果

現在脱硫反応の律速段階については明確な結論が下されていないが、実際作業の面では時間の影響が考えられる。解析の結果では中炭素鋼については関係が認められず、低炭素鋼では強い有意性は認めるにいたらなかつたが時間が延長するに従つて成品 [S] も減少する関係が得られた。

### IV. 要因解析結果の考察

以上溶落 [S] および成品 [S] に対する各要因の効果を明らかにしたが、実際作業に適用する場合推定の精度を確める必要がある。いま溶落 [S] が重点として考えられるので溶落 [S] に対しては各要因間に交互作用がなく、加法性が成立すると考えて各要因効果の工程平均を求めると (1) 式が得られる。

$$MD[S]_{calc} = 47.24 + 0.227X_1 + 0.249X_2 - 0.037X_3 - 0.256X_4 - 0.171X_5 \dots \dots \dots (1)$$

ここで X<sub>1</sub>: 溶銑 [S] (10<sup>3</sup>%)

X<sub>2</sub>: バンドル屑配合比 (%)

X<sub>3</sub>: 型銑配合比 (%)

X<sub>4</sub>: 溶銑配合比 (%)

X<sub>5</sub>: 前装入石灰石 (kg/t)

MD[S]<sub>calc</sub>: 回帰モデルによる溶落 [S] (10<sup>3</sup>%)

(1) 式について実績値と回帰モデルによる推定値の差の分散を調べると、標準偏差が2.9となり(1)式で示される回帰モデルは実用に適すると考えられる。

V. 作業管理への適用

緒言で述べたように当所の平炉部門では昭和38年度4/4期に入り低溶銑操作を行うにいたり、溶銑比は月平均で65%から45%程度迄低下した。したがって平炉における脱硫が問題となつたが、要因効果が定量的に把握されたのでこれを参考として次に示すとき対策を立てた。

低溶銑操作における対策:

(1) 目標成品[S]ランク別溶銑の配分

目標成品[S]ランク別に溶銑配合比を考えた生産計画を立てて実施した。配分に際しては鋼種別に[C]ランクを合せて考慮し工場別にコスト・ミナムの考えにしたがつてリニヤ・プログラミングにより最適配分を検討した。

(2) 目標成品[S]ランク別銘柄別型銑配分

型銑は溶落[S]を低下する効果があるので、型銑ヤードに仕切りを設け各銘柄別に区別荷上げ貯蔵した。各工場には銘柄別に配給して鋼種別に使用する型銑を管理した。

(3) 目標成品[S]ランク別および溶銑配合比別前装入石灰石、追加生石灰使用基準の改訂

(4) 溶銑目標[S]の改訂

従来より管理限界を外れた場合には高炉にて炉外脱硫を実施して来たが、コスト的検討を行った結果高炉脱硫がコスト安になると考えられたので高炉目標[S]を改訂した。

以上の諸対策を実施した結果は Fig. 1 に示すように月毎に溶銑配合比が低下しているにもかかわらず、溶落[S]、成品[S]は横ばいを続けており品質水準を維持し作業能率を大きく低下することなく、操業を継続することができた。

VI. 結 言

平炉における硫黄の影響に対して要因解析を行い低溶銑操作における問題解決に適用し次の結果を得た。

(1) 平炉炉内における硫黄の挙動に関係する各要因の効果を定量的に把握することが出来た。

(2) 溶銑比の低下に対しても要因効果より総合的対策を実施することにより作業上の問題を軽減することができた。

文 献

- 1) 村田, 前田, 鶴野: 鉄と鋼, 38 (1952), p. 763, 765

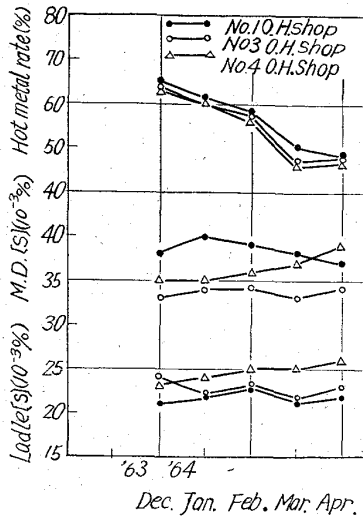


Fig. 1. Operation results with low hot metal rate.

- 2) 下川, 田上: 鉄と鋼, 38 (1952), p. 761
- 3) 高橋, 岡本, 藤井: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 866
- 4) 下川, 藤井, 北川: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1329

669,183,218,0124,6813

(95) 平炉能力算出の機械化のための諸要因のモデル化

八幡製鉄所, 製鋼部 No. 4457

山田清太・渡辺弘祐・川上隆三・西村悦郎  
On a Formulation of Factors in Open Hearth Furnace for Computers.

Seita YAMADA, Hirotsuke WATANABE, Ryozo KAWAKAMI and Etsuo NISHIMURA.

I. 結 言 pp. 1788~1790

生産計画を立案する際各工程の製造能力についての判断資料をどの程度キメ細かく、また迅速に把握するかは綿密な計画生産を行つていくうえにまたコスト切下げを推進していくために不可欠であるばかりでなく、納期についての要求が次第に厳格になつていく現在、特に重要なことである。なかでも鋼塊の生産量を定める製鋼炉の能力をより正確に推定することは最も大切なことの一つであるが、能力の算定が比較的容易である転炉は別として、平炉の場合はその影響因子が多岐かつ複雑であるため、これら因子のすべてを計算条件に組入れることは到底不可能であり、手計算を行うのはいきおい概略の近似計算に限定されざるを得ず、そのうえ3つの平炉工場を有し、約40%の鋼塊生産能力を有している当所にあつては、この能力計算の精度と速さを向上させることは多年の懸案であつた。ここでは現在採用している電子計算機による能力計算を行う場合の諸因子のモデル化の方法および生産計画との関係について概略を説明する。

II. 諸因子のモデル化

平炉の能力に影響を与える主要因子には

1. 溶銑比
2. 酸素使用量
3. 炉 況
4. 稼働基数
5. 補修, 修繕状況

などがあるが、これら因子の間には相互に関連があるため能力計算をよりこみ入つたものにしていく。

1) 溶銑比の決定

使用可能溶銑量が決めれば上記2~5の因子を考慮することによつて各炉毎の溶銑比は以下に示すように一意的に定まる。

i) 溶銑比と製鋼能率との関係

(1) 式に両者の関係を示す。過去の実績の検討から製鋼能率は溶銑比および酸素使用量の増減によつて増減しそれぞれの影響は使用可能範囲で附加的であることが確認されている。

$$G_i(x_i, y_i) = (a_i x_i^3 + b_i x_i^2 + c_i x_i + d_i y_i + e_i) \dots (1)$$

$G_i$ : 製鋼能率 (t/hr),  $x_i$ : 溶銑比 (%),  $y_i$ : 酸素使用量 ( $Nm^3/t$ ),  $a_i \sim e_i$ : 常数, ただし添字は炉別を示す。(以下同じ)