

(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 期に入り低溶銑操業を行うにいたり、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。

低溶銑操業における対策:

(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業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

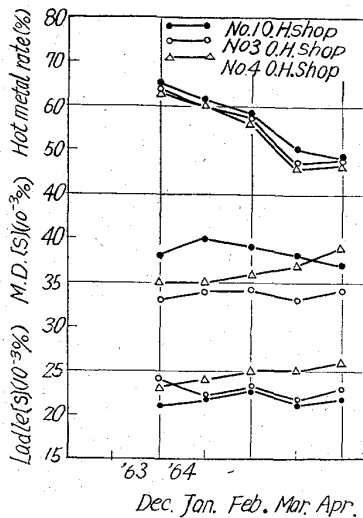


Fig. 1. Operation results with low hot metal rate.

- 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. 64257

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)

Table 1. The standard cycle of an O. H. F.

Cycle	1	2	3	4	5	6	7	8
	Repair	Operation	Hot repair	Operation	Repair	Operation	Hot repair	Operation
H-100 t	11 day	100 tap	12*00 hr	50 tap	7 day	80 tap	12*00 hr	50 tap

ii) 良塊 1 t 当りの必要主原料

良塊単位量当りの主原料は過去の実績の検討から酸素の使用量, 銑鉄の増加によつてそれぞれ減増することが認められ, どの炉についても (2) 式のように示すことができる。

$$F_i(x_i y_i z_i) = h_i - k_i x_i + l_i y_i - o_i z_i \dots\dots\dots (2)$$

F_i : 主原料 (t), z_i : 冷銑比 (%), $l_i \sim o_i$: 常数.

iii) 溶銑比の決定

(1), (2) 式を用いて単位時間当りの溶銑量を求めることができる。

$$m_i = t_i \cdot G_i \cdot F_i \cdot x_i / 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_i^n m_i = M \quad (i=1 \dots\dots n) \dots\dots\dots (4)$$

m_i : 1 日当りの溶銑量 (t), t_i : 1 日当りの稼働時間 (hr), M : 1 日当りの総溶銑量 (t).

上記 (3) 式は M (1 日当り平炉使用可能溶銑量), 各炉について t_i, y_i, z_i , 常数および x_i ($i=1 \dots\dots n$) 間の関係が定まれば近似的に解くことができる。すなわち溶銑比を求めることができる。

2) 酸素使用量

過去の操業実績および酸素製造能力などから製出鋼歩留, 能率を勘案し各炉毎の最適使用量, 最少使用量および最大使用量を決めた。

3) 炉況, 補修および修繕

Table 1 に例示するように炉別の稼働サイクルを作り, 能力計算にあつては炉の持続回数に応じたサイクルを採用した。すなわち炉回数は各炉について (5) 式により計算された 1 日当りの出鋼回数が累計されサイクル内の基準回数に達すれば次のサイクルに移行する。したがつて計画当初相当のサイクルが決まれば期間を通じての炉の稼働を定めることができる。

$$S_i = G_i \cdot t_i / p_i \dots\dots\dots (5)$$

S_i : 1 日当り出鋼回数 (回), p_i : 1 回当り出鋼 t 数 (t).

また制約条件として各平炉工場における大修繕許容基数および最大稼働基数が決められている。前者は炉修繕能力の制限および人員資材の有効利用をはかるための理由から同時修繕基数を制限し後者は人員所要量のピークを避けるためである。したがつて基準サイクル通りに能力計算を行なつた場合これらの制約条件に抵触するときはあらかじめ決められた優先順位によつてそれぞれ修繕待のための待機, または修繕終了炉を稼働待のための待機にする。Table 2 に各平炉工場における主な制約条件を示す。

4) 稼働基数

所要鋼塊屯数および炉能力との関係から決まるのは勿論であるがその他品質, 能率およびコストなど計画立案

Table 2. The restricted conditions of O. H. steel pts.

Pts	Max. No. of furnaces in operation	Max. No. of furnaces in repair	Min. production (t)
H	4	2	X_1
T	4	2	X_2
K	6	2	X_3

時点での種々のポリシーによつて決定されることがある。

III. 能力計算

期または月間能力を計算する場合あらかじめ溶銑量, 酸素量, 冷銑量, が条件として与えられ該当期間の初期における稼働炉の基数, 相当サイクルおよび各炉間の溶銑比の相互関係を決めれば (例えば高炭素鋼を溶製する工場への溶銑比は他工場に比して 2% 高くするなど) 各炉の生産屯数を算定することができる。

i) 溶銑比の計算

(3) 式に炉別最適酸素使用量, 冷銑使用量および稼働時間 (フル稼働: 24, 床直: 12, 修繕: 0) を代入し (4) 式を満足する条件で x_i を求めることができる (演算は電子計算機を用いる)。なお解が下記の ii) ~ iii) の条件に合致するか否かが同時に確かめられる。

ii) 酸素使用量のチェック

使用可能酸素量が決めてあればこの条件を満たすため (6) 式の計算結果が i) の計算と同時にチェックされ不満足の場合は各炉酸素使用量を順次 $1 \text{ Nm}^3/\text{t}$ ずつ減じて i) の再計算を (6) 式が満足されるまで繰り返す。また酸素量に余裕があれば当然最適使用量に近い所で計算を行う。

$$Q = \sum_i^n G_i \cdot t_i \cdot y_i / 24 \leq Q' \quad (i=1 \dots\dots n) \dots\dots (6)$$

Q : 1 時間当り総酸素使用量 (Nm^3), Q' : 1 時間当り総酸素使用可能量 (Nm^3).

iii) 炉稼働状況のチェック

日当りの出鋼回数を累計し床直していたれば翌日の稼働時間から床直し時間をとる。すなわち床直しまでの炉床回数必ずしもサイクル通りではない。大修繕の場合も同様の計算を行うが, あらかじめ超過回数の補正を行つてあり基準持続回数との誤差が大きくなるようにしてある。また同時に各工場毎に決めてある制約条件 (II-3) もチェックされる。

iv) 1 日当りの生産能力の算出

i) ~ iii) が満足される数値 (x_i, y_i, t_i) を (7) 式に代入すれば 1 日当りの生産能力を算出することができる。

$$Y = \sum_i^n t_i \cdot G_i \quad (i=1 \dots\dots n) \dots\dots\dots (7)$$

Y : 1 日当りの総生産量 (t).

v) 総生産能力の算出

i)~iv) までの計算を累計すれば期、月、旬などの総生産能力を算出することができる。

以上電子計算機を用いることにより1日毎の主要因子の変動を逐一網羅した能力計算を行うことができ手計算では到底望み得べくもなかつた精度の高いかつ迅速性に富んだ判断資料の提供が可能になつた。また期能力計算に必要な電子計算機稼働時間は約7minである。

IV. 生産計画との関連

鋼塊生産量が決めればこの量とⅢで計算された能力数値を等しくすればよい。したがつてもし酸素最適値の場合の計算値が大ききときにはまず炉別の優先順位にしたがつて待機順位の高い炉から修繕修了後の炉稼働を延期する。なお最低生産量を確保する条件は当然考慮される。さらに能力を落とす場合には酸素量を最適使用量から減させるかまたは稼働中の炉を休止させねばならないが、この際は改めて再計算を行う。また能力不足の場合は酸素使用量を最適から最大まで1Nm³/tずつ増加させなお不足するときは新たに炉を再開して再計算を行う。計算終了は所要鋼塊と計算結果との差異が500t以内になつた時点である。

V. 結 言

1. 平炉能力の算定を電子計算機で行うために5つの要因をモデル化しその相互間の関係を考慮に入れた算式を作製した。
2. 従前の手計算に比しその精度および迅速性の向上は著るしく、その上種々のポリシーを組込むことができよりキメの細い幾通りかの判断資料を提供することが可能になつた。
3. 所要時間の著るしい短縮により生産計画の急変に即応した能力計算を適宜行うことが可能になつた。
4. 今後の問題として計画立案時点における全社的なポリシーを組込むための検討をすすめていく方針である。

669.183.217.012.3:669.183.211.23.012.42

(96) 平炉の炉容と製鋼能率に関する研究

八幡製鉄、技術研究所 工博○田 尻 惟一
 " 東京研究所 工博 瀬 川 清
 " 技術研究所 島 田 道彦

The Study of the Design of Open
 Hearth Furnace and Steel Production
 Rate.

Dr. Ichi TAJIRI, Dr. Kiyoshi SEGAWA,
 and Michihiko SHIMADA.

I. 結 言

平炉は始めは低熱量のガスを燃料として操業されていたが重油などの高熱量の液体燃料が使用されるに従い、助燃用の空気も自然通風から強制通風と強化され、さらに酸素の利用が日常茶飯事となつた。それにつれ計器操業が可能となり、計算機制御まで計画されるようになって来た。これは画期的な進歩で、これに順応して多くの

研究課題が新に提起された。

平炉工場の新設、または改造を計画する時、まず生産計画で生産屯数と鋼種とを決め、装入溶銑量、屑鉄使用割合、副原料から装入方法、装入能力、さらには出鋼後の造塊処理能力等をも勘案して平炉容量・基数を決定する。平炉容量が決まると従来は経験を基に、または文献その他他社の同程度の能力の炉を参考にして炉の設計を行うのが普通である。しかし最近のように生産原価に対する認識が強まり、いかにして安価な鋼を生産するかを追究する時代には工場設備計画時あらかじめ製鋼能率・燃料原単位の推定、あるいは標準設定が必要となる。また生産計画の変動や、将来の増産計画に対応できるよう、炉の設計時融通性を考慮し一部分の改造で最高能率が維持できるよう検討しておく必要がある。こうした要請に答える意味でも、平炉の容量と炉床面積・炉床寸法との関係を製鋼能率・燃料原単位と関連させて求めることが重要と考えた。以上のことを基にして平炉の構造や操業条件を合理的に決定する方法を導き出すことを今回の報告の主目的とした。

II. 平炉での燃焼

平炉の加熱は焰からの対流伝熱と輻射伝熱の二つであるが、装入期から溶解期にかけては対流伝熱が重要因子であるが、材料が溶けて鋼浴面が平になつたときは炉内が高温になつており、対流伝熱についてはほとんど考慮する必要はなくなり、全般として対流伝熱の比率は少ない。

1) 焰の長さ測定。輻射伝熱について、焰の長さ・輻射・燃料条件について、一般に使用されているガスおよび液体燃料を使つて研究した。焰は平炉溶解室内で燃焼を完了しなければならぬから、平炉の大きさに長さの適合した焰を作る必要がある。従来焰の長さに関する数多くの実験結果が発表されているが、現実の平炉とは条件が異なるためこれを利用できない。われわれは平炉の燃焼に近似させて口径(8~140mm²)のバーナーを有する実験装置を作り、次の3種類の実験を行なつた。

- (1) 二次空気でCガスを燃焼させたもの。
- (2) Cガスを二次空気、一次空気での燃焼
- (3) Cガス・Bガスの混合ガスを空気で燃焼させたもの。

その焰の長さを観測し、ガス流量(5~20NI/min)・空気混合量(ガスの2~8倍)を変化させて、次の実験式を得た。

$$L = \frac{Q}{d(75 \cdot 0u_g + 90 \cdot 5\bar{u} + 185 \cdot 8)} \dots \dots \dots (1)$$

L: 焰の長さ(m), Q: 供給熱量(kcal/hr), d: バーナーの直径(mm), u_g : ガス噴出速度(m/sec), \bar{u} : ガスと空気の平均噴出速度(m/sec)。

この式は実際の20tガス焚平炉にも適用され、また60~80tの重油焚平炉で高温の炉内に噴霧される重油焰の長さの実測値と良く一致することを確かめた(Table 1)。

Table 1が示すように、焰の計算長さは炉長にほぼ近い値を示しており、(1)式は実用上利用範囲の広いことがわかる。なお(1)式をFig. 1のような計算図表に作成した。