

実験条件の範囲内では、吹錬終から注入までの時間を一定としたとき、鑄型内に注入される溶鋼中のスラグ量は、吹錬終温度が 20°C 低くなると 1.25 倍に増加し、出鋼所要時間が 1 min 短くなると 1.35 倍に増加したが、炉内保持時間の影響は認められず、出鋼流によつてスラグが再び溶鋼にまきこまれるものと推測された。なお、注入時期の取鍋内におけるスラグの見掛けの浮上分離速度係数は 0.03 min^{-1} の程度であり、鑄型に注入される溶鋼中の転炉スラグ重量 % は $8 \times 10^{-4} \%$ 以下と推定された。

文 献

- 1) 森, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1411
- 2) 森, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1848
- 3) 例えば川和, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1859

(86) 転炉吹錬の数式モデルの検討

東海製鉄

小川清一郎・森田 和
大西 保之・○直川 博俊

Some Attempts to Improve the Mathematical Model of LD Process.

Seiichiro OGAWA, Yawara MORITA,
Yasuyuki ONISHI and Hirotoishi NOKAWA.

1. 緒 言

東海転炉の吹錬作業の自動化を進めるに当たつて、その数式モデルを、如何なる方式で決めるかが、当初問題となつたが、

- 転炉の吹錬作業は、比較的再現性が高いこと。
- 炉内反応は、平衡に近い状態で進行すること。
- 連続するチャージの吹錬結果の差違は、インプットおよびアウトプットの諸データの変動以外に、炉回数・休止時間、転炉の特性などにて生ずると考えられること。

を考え方の基礎にして、転炉吹錬に関する数式モデルを組んでみた。将来、実績に基づくプログラム変更が容易なように、これをデジタルの HICOM-2100 に組み込み、40年2月上旬に据付、調整完了、2月中旬から数式モデルの妥当性の検討を行なつた。その中 2, 3 の項

目につき、解析結果を報告する。なお、制御用計算機 HICOM-2100 を中心としたコンピューティングロガーのハードウェアについては論旨外であるので、この報告では省略する。

2. 調査方法

2.1 各要因の計算結果への影響

数式モデルを、ある仮定の下に、純理論反応式にしたがつて組んだ場合、その変動量に対する冷却材量および酸素量の計算結果の変動量を試算した。

2.2 操業実績からの適正な補正值の設定

転炉操業の各吹錬ヒートは、バッチ的な工程であつても、連続する近接ヒートは、吹錬条件がほぼ一定の場合、種々の吹錬データは非常に近似して、各ヒートの熱および物質バランスを基にした数式モデルでも、前回あるいは前数回の近接チャージの吹錬データの情報を逐次、修正していけば、ほぼ満足できる計算制御が可能である。問題は、修正項目の取り上げ方とその適用方法とである。ここでは、次の3つについて調査する。

炉回数に依る炉内形状の変化は、スラグ T-Fe の変化や製出鋼歩留りの変化にみられるように、転炉操業に大きな波の変動を与えるので、要因の1つとしてこれを取り上げた。また連続操業、非連続操業の転炉吹錬データの差違は、前回ヒート出鋼後、次回ヒート装入までの休止時間中の炉全体の放散熱に依存するものと考え、別に測定した炉体放散熱と併せ、休止時間を検討した。数式モデルを組むに当たり、仮定の中でリニアな設定をしたものがあるが、これが転炉の終点決定に大きな誤差を与える結果となる。例えば、脱炭反応にそのような仮定を設けると、吹止目標 C が低炭域と中炭域とでは、誤差が入るのは当然であり、当初、リニアな仮定で処理した吹止め C についても修正を試みた。

この報告では、以上の3点につき、その修正すべき値を、補正值として求め、それぞれにつき、最適な補正值を操業実績から検討したものである。特に、炉回数、休止時間の要因については、転炉自体が有する特性を考慮して、一号転炉、二号転炉別に検討した。調査方法は数式モデルに、吹錬実績の諸データを与え、冷却材量および酸素量を計算させ、その計算結果と実績とが一致するための最適な補正值を求めた。調査に使用したヒートは一号転炉四代、二号転炉四代および過去の種々の吹止め C レベルの鋼種につき、溶銹配合率の略同一な約 700 ヒートである。

3. 調査結果

3.1 各要因の計算結果への影響

Table 1 に適当な仮定を設定した上に、純理論式のみにて組んだ数式モデルにしたがう場合の、各要因の単独変動に対する計算結果の変動を表示した。

Table 1 の結果からでは、通常の転炉操業の変動内では、溶銹配合率、溶銹 C および Si、転炉ガス中 CO 比、スラグ中 T-Fe および塩基度の各変動が、計算結果に大きな変動を与える。ここに注意しなければならないのは、Table 1 は、各要因の単独変動に対するものであつて、1つの要因の変動に対するその他の要因の変動は無視すると

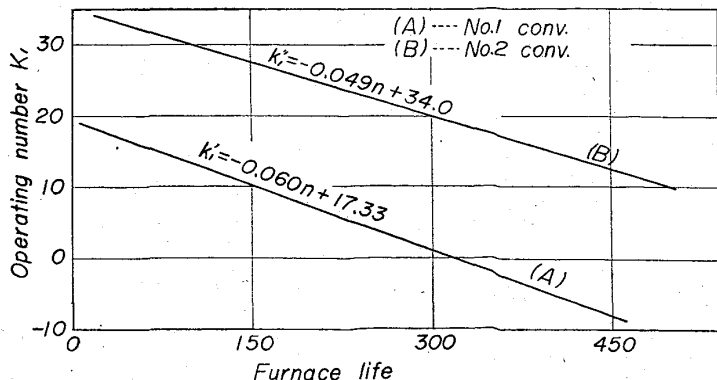


Fig. 1. Relation between the furnace life and K_1 .

Table 1. Effect of factors subjects to the calcurated results.

Factors subjects	Changing unit of factors	Changing value to calcurated results	
		Cooling material (ton)	Oxygen(Nm ³)
[C] in hot metal	+0.1 %	+0.247	+91.0
[Si] in hot metal	+0.1 %	+0.331	+96.0
Temp. of hot metal	+1.0°C	+0.022	- 3.6
End-pt. [C] %	+0.01%	-0.029	-11.0
End-pt. temp.	+1.0°C	-0.036	+ 5.8
T-Fe in slag (<30%)	+1.0 %	+0.075	+27.0
Basicity	+0.1	-0.089	+23.0
CO % in exhaust gas	+1.0 %	-0.257	-16.0
Pig ratio	+1.0 %	+0.580	+ 5.0

いう仮定に立つたものである。このような、各要因の単独変動に対して、実操業面では異なつた値が得られるものもあるが、転炉吹錬を、純理論式のみで組むことの問題点となるところである。

3.2 補正值について

3.2.1 炉回数と補正值

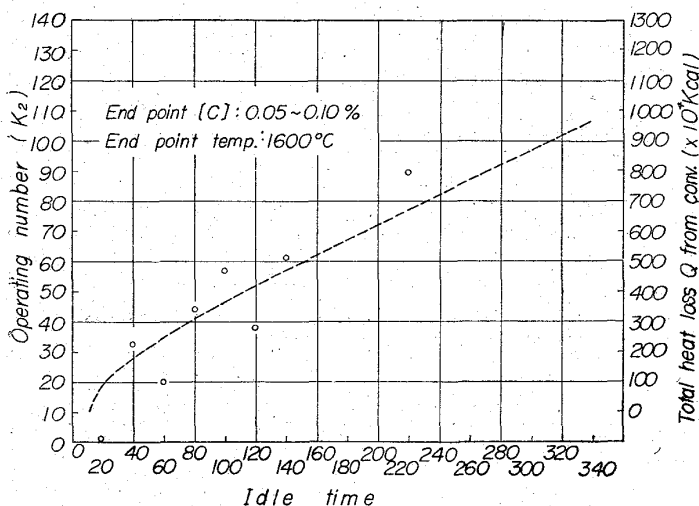


Fig. 2. Relation between idle time and K on the No. 1. conv.

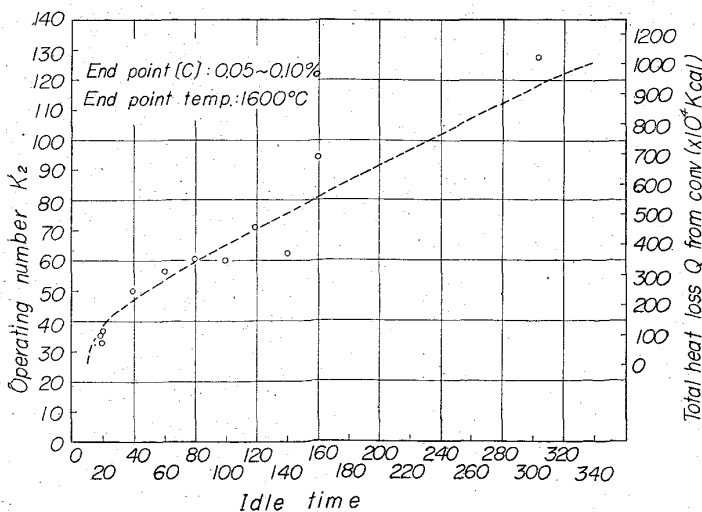


Fig. 3. Relation between idle time and K on the No. 2. conv.

Fig. 1 の A と B は、それぞれ一号および二号転炉の炉代 4 代について、冷却材を求めるための、炉回数と適正な補正值との関係を求めたものである。図は、吹止 C が 0.05~0.10% の連続ヒートのものにつき求めたものであるが、吹錬条件がほぼ一定であれば、炉回数は増すほど、補正值が直線的に低下している。炉回数を n 、補正值を K とすれば、一号および二号転炉について、それぞれ次の関係がある。

$$K_1' = -0.060n + 17.3 \text{ (一号転炉)}$$

$$K_1'' = -0.049n + 34.0 \text{ (二号転炉)}$$

いずれも、ほぼ同じ勾配をもつが、両転炉に絶対値的にズレがあるのは、各転炉のもつ特性であり、これらの関係を資料として、数式モデルの修正ができる。

3.2.2 休止時間と補正值

Fig. 2, Fig. 3 は、一号および二号転炉について、冷却材を決定する場合の、休止時間と適正な補正值との関係を示したものである。図中プロットした点が、実績から求めたものである。また、図中の曲線はこれとは別に、休止時間と、その経過時間中に、炉体全表面積から失う放散熱量の測定結果を併記してみたものであつて、転炉操業実績から求めた補正值が、ほぼこの曲線上にのるのは興味深い。全放散熱量は、転炉の炉体各表面からの自然対流伝熱量、放射伝熱量などを炉体各部の測温結果から求めたもので、その全放散熱量 Q (kcal) は、休止時間 t (hr) の間に、次式にしたがつて、散逸する。

$$Q = \{41.52 \ln t + 92.83 t + 111\} \times 10^4$$

$$(0 \leq t \leq 10)$$

Fig. 2, 3 の示すことは、転炉が休止に入つた場合、その後の第一回目の吹錬ヒートで、出熱として炉体吸収熱が考えられるが、これが休止時間中の炉体の全放散熱にほぼ等しいと考えられることである。したがつて、休止時間に依る補正值として放散熱測定結果を適用しても大きな誤りでないと考えられる。また、一号および二号転炉の場合で、絶対値的なズレが認められるのは、Fig. 1 AB の場合の炉回数に依る補正值と同様に、各炉のもつ特性と考えられる。

3.2.3 吹止 C と補正值

Fig. 4 は、冷却材を求める場合の、吹止 C と適正な補正值との関係を求めたものであるが、一般的な

傾向としては、正の相関が認められる。これらの点を、直線として、回帰式を求めると、吹止め Cx と補正值 K_3 との間には、

$$K_3 = 2.32x + 20.4$$

の関係がある。

3.3 考察

転炉吹錬を計算制御する場合、単に平衡論的な数式モデルでなく、反応速度論的な見地にも立つたものでなければ、計算制御は困難なものである。しかしそのような数式モデルでも、インプットデータ、アウトプットデータが正確であることが要求される。本報告では、数式モデルを修正していくための予備資料の中、炉回数、休止期間、吹止Cの3つの点につき検討し、これを通じて転炉の特性についても検討したのであるが、このような転炉操業上の補正以前に、十分解析しておくべきものが多い。例えば溶銑成分の変動である。

溶銑の C, Si, Mn, P, S を特性値とし、混銑車受銑前の高炉々前にて、受銑始め、中期、末期の3時点で、溶銑のサンプリングを行ない。この溶銑を混銑車から払い出す際、同様な時点で溶銑サンプリングを行なつて、混銑車内溶銑成分の変動 σ を求めると、Table 2 の結果が得られた。すなわち高炉々前でサンプリングして、その平均値をとる場合、溶銑 C, Si, Mn については、混銑車払出し時にサンプリングして、その平均値をとるのに対して、成分変動が非常に大きい。また、混銑車受銑時と払出しとの時間間隔における溶銑成分の低下は、特に C について著しく、その差は $d_i = 0.446\%$ を示した。これをさらに、出銑時の溶銑 C 値、あるいは受銑払出し間の経過時間のおおのについて、溶銑 C の低下量との関係を見ると、統計的には正の相関があつて、出銑時の C が高いほど、また経過時間が大なるほど、溶銑 C の低下量は大きい。

転炉の計算制御において、これらの把握は重要であり分析精度、サンプリング方法が大きな課題となる。

4. 結 言

東海転炉の吹錬自動化に当たり、その数式モデルについて、今後修正していくための基礎資料としていくつか検討したが、炉回数、休止時間、吹止Cの3つについてそのおおののと適正な補正值を求めた。

Table 2. Deviation of chemical composition of hot metal.

Comp. of hot metal	Deviation σ	
	σ_A %	σ_B %
C	0.067	0.006
Si	0.047	0.009
Mn	0.030	0.008
P	0.003	0.002 ₄
S	0.002	0.000 ₇

(註) σ_A : 高炉々前
 σ_B : 混銑車払出し時

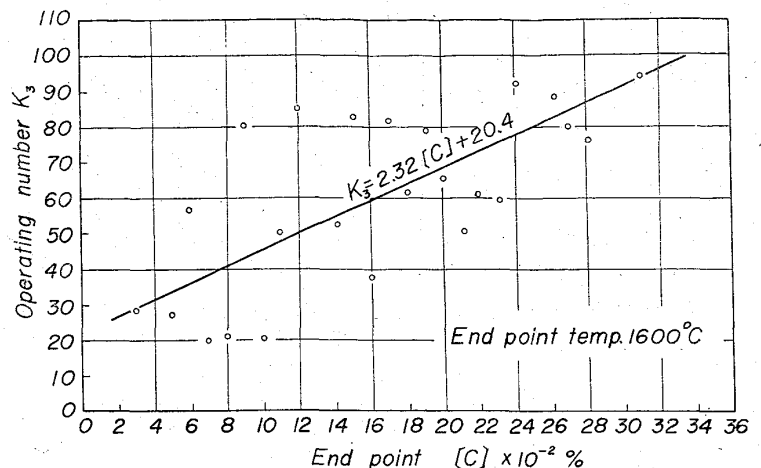


Fig. 4. Relation between the end point [c] and K_3

文 献

- 1) H. W. MEYER, M. M. FISHER and W. F. PORTER: Recent Progress in Basic Oxygen Furnace Dynamic Control Journées Internationales de Sidérurgie, (1965)

(87) 転炉の熱間補修について

日本鋼管、鶴見製鉄所

根本秀太郎・清水達夫・水野良親

技術研究所 島田信郎

Hot Repairs of Converter Lining.

Hidetaro NEMOTO, Tatsuo SHIMIZU,

Yoshichika MIZUNO and Nobuo SHIMADA.

1. 緒 言

転炉の内張り煉瓦の損傷部位の顕著な箇所としては、一般にスラグラインと屑鉄装入時の装入物衝突部である。当所においては、炉を休止させる主な損傷原因は、前者のスラグラインの損傷である。この部分の操業中の熱間補修にドロマイト質の吹付材を使用し、炉体寿命の延長に満足すべき成績を収めている。今回当所で使用した補修材の性状と使用状態を調査し、その効果が明らかなので報告する。

2. 熱間補修材の性状および吹付方法

当補修材は当社技術研究所で開発したもので、ドロマイトを主成分とし、独特のバインダーを配合した微粉末および粒子からなり、圧縮空気です送した後、途中で水

Table 1. Properties of G Mix D.

Chemical analysis %		Typical screen analysis	
CaO	64.08	3.36 < mm	27.1%
MgO	28.18	3.36 ~ 1.68	56.8
SiO ₂	0.68	1.68 ~ 0.84	15.1
Al ₂ O ₃	0.51	0.84 ~ 0.40	0.6
Fe ₂ O ₃	5.32	0.40 >	0.4
Igloss	2.0		