

第 4 会場 (製鋼・非金属介在物)

(76) 平炉精錬期の鋼浴状態変化におよぼす要因解析とその適用

(平炉溶製作業のモデル化—II)

八幡製造所, 第一製鋼工場 坂本正博
八幡製造所, 技術部

中川一・森田英臣・吉井等

○杉原弘祥・加賀谷武三郎

Factorial Analysis for Changes of Bath Condition in the Refining Period of O. H. F., and its Application.

(Standardization of O. H. F. practice—II)

Masahiro SAKAMOTO, Hajime NAKAGAWA,

Hideomi MORITA, Hitoshi YOSHII,

Hiroaki SUGIHARA and Takesaburō KAGAYA.

1. 緒言

平炉溶製作業のモデル化を推進するため, 当所平炉工場では溶解期および精錬期の鋼浴状態変化におよぼす要因効果を調べるための工場実験を行なった。今回は前報の溶解期の要因解析に引き続いて, 精錬期の要因解析と実際作業への適用について概略を報告する。

2. 実験方法

工場実験は実験計画法に基き, L_{32} (くり返しなし) 直和実験を32ヒート行なった。特性値としては, 精錬初期(溶落直後)から中期までの脱炭量および昇熱量を取り上げた。要因としては, 特性値への影響が大きいと考えられる6因子をとり上げ, 水準は現場作業での頻度の多い範囲内で, 2水準設定した。とり上げた要因と水準は

Table 1. Factor and level of experiment.

Factor	Level 1	Level 2
B: No. of oxygen lance	2	3
C: Additional Fe-ore (t/heat)	0.5	1.5
D: Additional burnt lime (t/heat)	0.5	1.5
E: Heavy oil flow rate (10^3 l/hr)	1.2	1.6
F: C. O. G. flow rate (10^3 m ³ /hr)	0	0.5

Table 1 に示す。

実験対象炉は第一製鋼工場の公称 100 t (実装入 150 t) 傾注式平炉で, 重油および C. O. G. の混焼バーナーを有す。入熱量は $1500 \sim 1800 \times 10^4$ kcal/hr 程度である。酸素は 3/4" ランスパイプによつて装入口から鋼浴中へ吹き込まれ, その圧力は $7.0 \sim 7.5$ kg/cm² で, その時の吹酸速度はランス1本当たり約 7.5 m³/min である。対象鋼種は低炭および中炭セミキルド鋼で, 溶落 [C] は $1.0 \sim 1.5\%$, 温度は $1500 \sim 1540^\circ\text{C}$ 程度である。実験の作業要領は Fig. 1 に示すごとく, 溶解期の吹酸中に参考測温を実施し, 1500°C 以上であれば溶落と判定する。

吹酸を停止して 5 min 後に測温および試料を採取する。これより 15 min 後に吹酸を始め, その間に差物として, 追加生石灰, 鉄鉱石の順で装入する。

3. 実験結果

脱炭および昇熱について, 分散分析の結果を Table 2 に示す。脱炭については酸素と鉄鉱石が有意となり, その寄与率は 65% であつた。昇熱では C. O. G. 以外の 5 因子はすべて有意で寄与率は約 90% であつた。有意となつた要因の効果を Fig. 2 に示す。この結果から, 脱炭 ($\Delta[C]$) および昇熱 (ΔT) の回帰推定式 (1) (2) 式を求めた。

$$\Delta[C] = 1.85A + 7.9B + 11.8C - 9.8 \dots \dots \dots (1)$$

$$\Delta[T] = 3.35A + 9.4B - 13.5C - 10.9D + 14.8E - 35.8 \dots \dots \dots (2)$$

4. 実験結果の考察

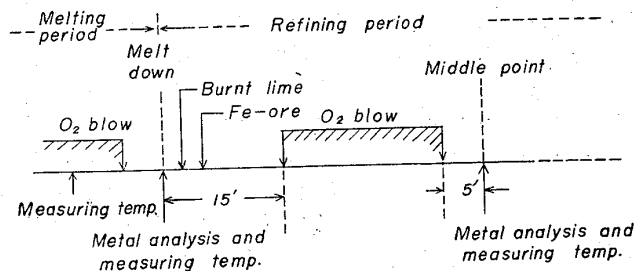


Fig. 1. Operating pattern in experiment.

Table 2. Analysis variance for the changes of carbon content and temperature.

Factor	$\Delta[C]$					ΔT				
	s. s.	d. f.	m. s.	F ₀	ρ (%)	s. s.	d. f.	m. s.	F ₀	ρ (%)
A	2775	1	2775	32.6**	41.4	8878	1	8978	14.3**	63.2
B	496	1	496	6.0*	7.9	684	1	684	10.9**	4.8
C	1105	1	1105	13.5**	16.5	1485	1	1485	23.6**	10.4
D	0	1	0	—	—	946	1	946	15.0**	6.6
E	200	1	200	2.4	0.3	276	1	276	4.3*	1.9
F	78	1	78	0.9	—	264	1	264	4.2	1.8
Residual	2051	25	82			1569	25	62		
Total	6705	31			65.2	14202	31			88.7

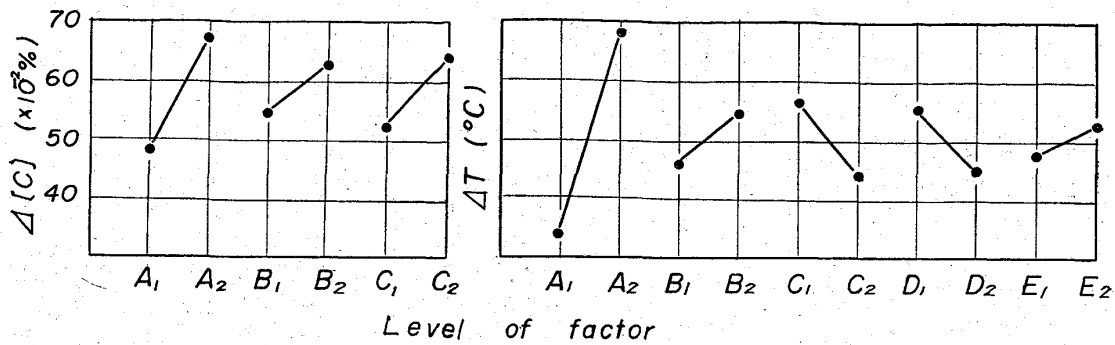
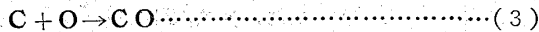


Fig. 2. Effect of factors of changes of [C] content and temperature in bath.

4.1 酸素の効果

酸素の要因は吹き込時間と吹き込速度の2因子に分離してあるが、前者の効果は酸素以外の時間的変化に伴う効果が含まれるので、酸素の単独効果をランス本数の差より推定した。酸素ランス1本の増加すなわち一定時間内の 150Nm³ の供給増に対する脱炭および昇熱効果は次の通りである。

脱炭については、(1)式より 0.079% の [C] が酸化除去されているので、供給された酸素 150Nm³ の約 70% が(3)式の反応にあづかると推定される。



昇熱については、(2)式より鋼浴温度上昇は 9.4°C で、供給酸素の 70% が(3)式の反応にあづかり、生成した CO が 100% 燃焼したものとすれば、この間の全発熱量に対する熱効率は約 30% となる。

4.2 鉄鉱石および生石灰の効果

脱炭については、(1)式より鉄鉱石 1 t に対して [C] 0.118% で、これは鉄鉱石中の酸素分の約 70% がこの期間の脱炭反応にあづかっていることを示している。

昇熱については、(2)式より 13°C の温度降下を示し、鉄鉱石の反応熱、冷却熱より計算される値より小さいが、これは ore-boil により炉内攪拌が活発となつて、火焰の伝熱効率が上昇したことによるものと思われる。

生石灰の温度降下 10.9°C については冷却熱から計算される値から見て妥当である。

4.3 燃料の効果

燃料の昇熱効果については重油のみ有意で、通入速度 400 l/hr の増加に対し 6°C の温度上昇が得られたが、C. O. G. については有意差が認められなかつた。これは酸素吹精中の全入熱量が大きいことと精錬期における C. O. G. の熱効率が重油に比して劣るためであろう。

4.4 推定式の信頼限界

3項で求めた(1)(2)の工程平均の信頼限界(95%)を算出すると、[C]で ±0.07%、温度で ±8°C となり、現在の中期管理範囲内に十分適申しうる。

5. 現場操業への適用

上記結果から得られた脱炭および昇熱の推定式を現場操業へ適用するため、特に大きな効果の要因、酸素吹精時間(A)、ランス本数(B)、鉄鉱石(C)を残し、他の要因は一定にして、簡素化されたモデル式を作成した。

$$\Delta[C] = 1.85A + 7.9B + 11.8C - 9.8 \dots \dots (4)$$

$$\Delta[T] = 3.35A + 9.4B - 13.5C - 26.7 \dots \dots (5)$$

ただし、10 < A < 30, B = 2 or 3, 0 < C < 2.0

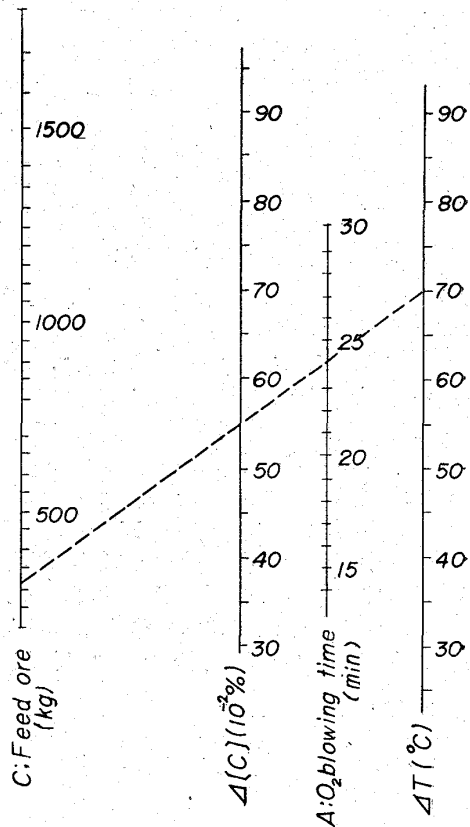


Fig. 3. Nomograph for calculating A and C from Δ[C] and ΔT. (B; no. of O₂ lance=2)

現場操業への適用は溶落時の[C]および温度から中期迄の目標脱炭量および目標昇熱量を決定し、(4)(5)式を同時に満足させる(A)(B)(C)を算出した。この場合、ランス本数は(B)工程調整上の制約から優先的に決定した。

また(4)(5)より Fig. 3のごとき計算図表を作成し、炉付作業者の算出は迅速化された。

適用試験は37ヒート実施したが、その結果中期の目標中心からの偏りは[C]で σ=5.5(×10⁻²%) 温度で σ=6.5°C となり、4.4で推定した値より若干大きくなっている。この原因は主として鉄鉱石装入量誤差と酸素の圧力変動による使用量の誤差によるものと思われる。

また炉況の変動による推定値と実績値との差は傾向変動と考えられるので、管理図によつて時系列的に把握し、モデル式を補正する方法を実施すれば、さらに精度の向

上が期待できる。

6. 結 言

平炉の精錬作業をモデル化する目的で工場実験を行ない、脱炭および昇熱に対する酸素および鉄鉱石などの効果を明らかにし、これらによる[C]および温度の同時制御の可能性を確めた。今後さらに高度にモデル化を推進するため、計器設備の精度向上、その他の要因効果、理論的裏付けなどの検討を進めていきたい。

文 献

- 1) 山田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 878

(77) 溶鋼の運動と噴出との関係について

(LD 転炉の模型による研究—II)

日本鋼管, 技術研究所

下間 照男・○佐野 和夫

The Influence of Spouting by Bath Motion.

(The study of several phenomena in LD converter by cold models—II)

Teruo SIMOTSUMA and Kazuo SANO.

1. 緒 言

第69回講演大会においてLD転炉の模型による研究結果について報告した¹⁾。それによれば, multi holes nozzle が single hole nozzle に較べて噴出量が少ないのは主として鋼浴面への噴流の侵入角度によること, 2孔ノズルは, single nozzle または他の multi holes nozzle に較べて噴出が少ないこと, deep bath の方が shallow bath より噴出が少ないこと, ノズルの中心軸の傾斜角度と噴出量との関係などがわかった。そこで今回は, 噴流の侵入角度, bath の profile およびノズルの孔数によつて噴出量に差を生ずる原因を解明するために, 模型実験ならびに解析を行なつて, 噴出量の差は, 噴流の侵入角度などの変化によつて鋼浴の流れの状態と噴出物の運動状態が変わることが原因となつて生ずることを明らかにしたので, その結果について報告する。

2. 研究方法

2.1 噴流の侵入角度などの変化による噴出量変化の原因の探索

噴流の侵入角度や bath の profile により噴出量が変わる原因を探索した。すなわち噴出量が変わる原因と考えられるものは, (1)鋼浴面における噴流動圧の変化による。(2)反応速度が変化してそのため slopping 量が変わる。(3)噴流の侵入角度の変化によつて噴出角度が変わる。(4)鋼浴の流れ状態が変化することにより噴出角度²⁾, 噴出 moment が変化する。(5)その他, などである。しかし模型実験においては鋼浴への噴流の動圧を等しくしてあること¹⁾, 噴流の侵入角度または鋼浴の profile の変化によつて平均反応速度はほとんど変化しないので¹⁾ (1)(2)の原因は無視してもよい。(3)は鋼浴の profile の変化による噴出量の変化の説明が困難である。したがつて具体的原因としては(4)が有力と考えら

れるので, 模型実験によつてノズルの傾斜角度, 孔数, 鋼浴直径と鋼浴深さとの比(D_0/L_1)を変えて, 鉄浴の動き, 噴出の状態ならびにそれらと噴出量との関係を調べて(4)を確めた。

2.2 モデル

前回報告¹⁾の反応モデルの他に, 鋼浴の動きを調べる目的だけのモデルとして, 酸素噴流の代りに空気噴流を, 鋼浴の代りにグリセリン水溶液を, tracer としてアルミニウム微粉を用いた。

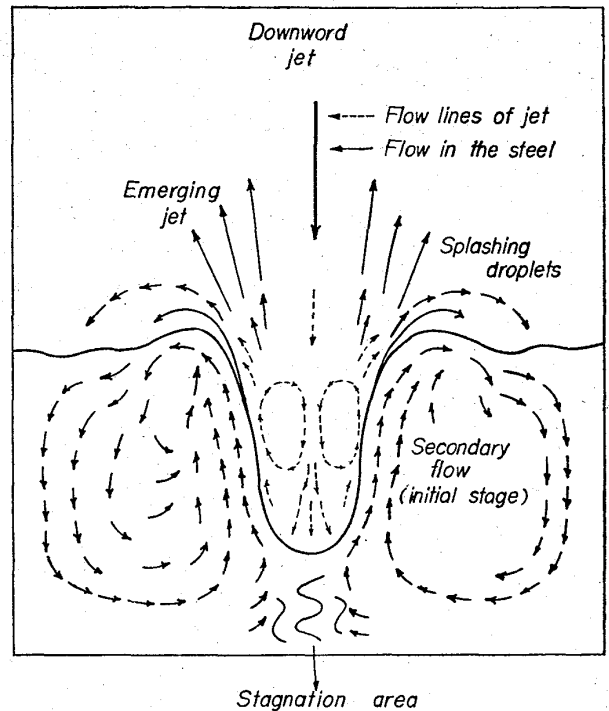


Fig. 1. Motion of the bath and splashing by single hole nozzle.

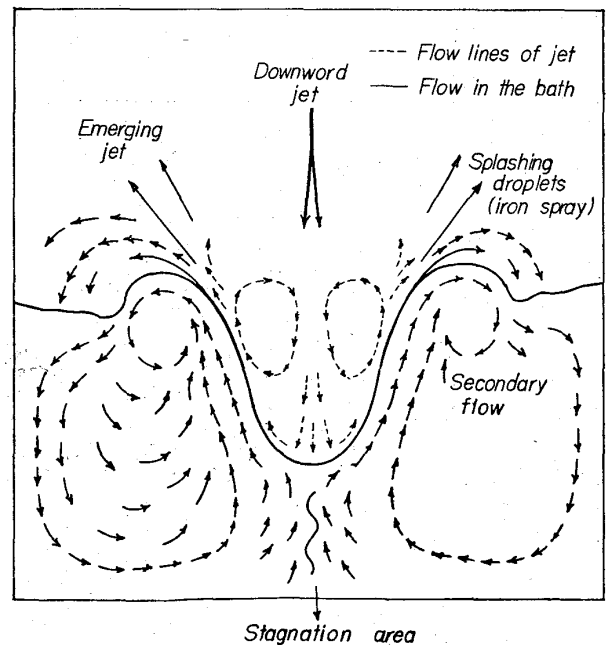


Fig. 2. Motion of the bath and splashing by multi holes nozzle.