

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<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>, 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<sup>1)</sup>, 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<sup>1)</sup> (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<sup>1)</sup>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。

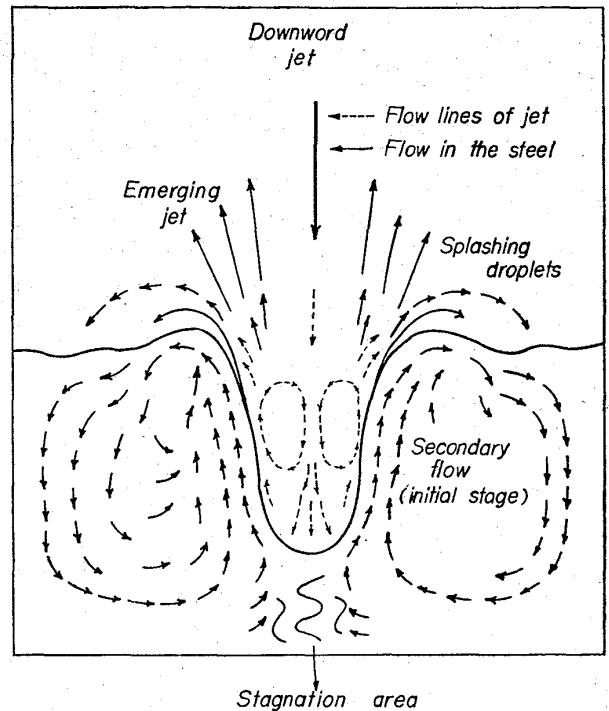


Fig. 1. Motion of the bath and splashing by single hole nozzle.

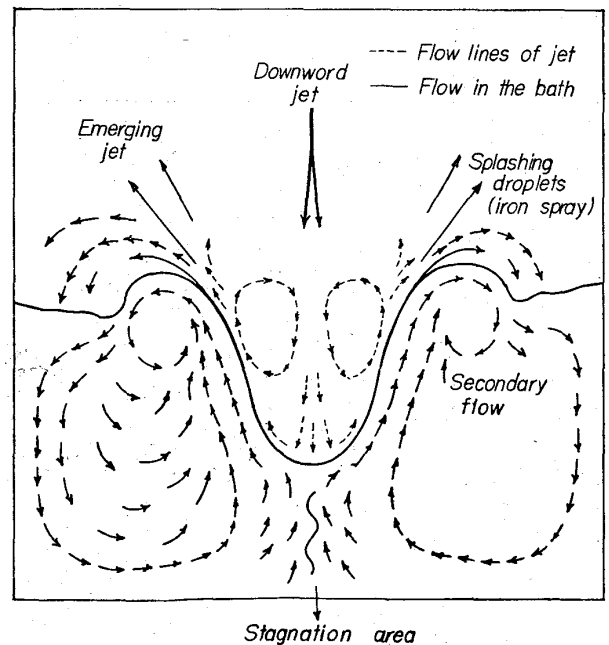


Fig. 2. Motion of the bath and splashing by multi holes nozzle.

2.3 模型の縮尺, 材質

模型の縮尺は炉体, ノズルともに実炉の 1/10 とし, 炉体の材質は透明塩化ビニールを用いた。

2.4 相似条件

前回報告の通り

2.5 鋼浴の動きと噴出状態の観測方法

薄い板状の光源により観測面をきるか, または縦に半裁した模型炉体を使つてその半裁面に光を当てて. still camera または high speed cine camera により, 鋼浴ならびに噴出物の観測面上の動きを調べるとともに, high speed camera の film の解析から観測面上の鋼浴, 噴出物の運動速度を求める。

2.6 実験計画

2.6.1 ノズル角度と鋼浴の動き, 噴出状態との関係

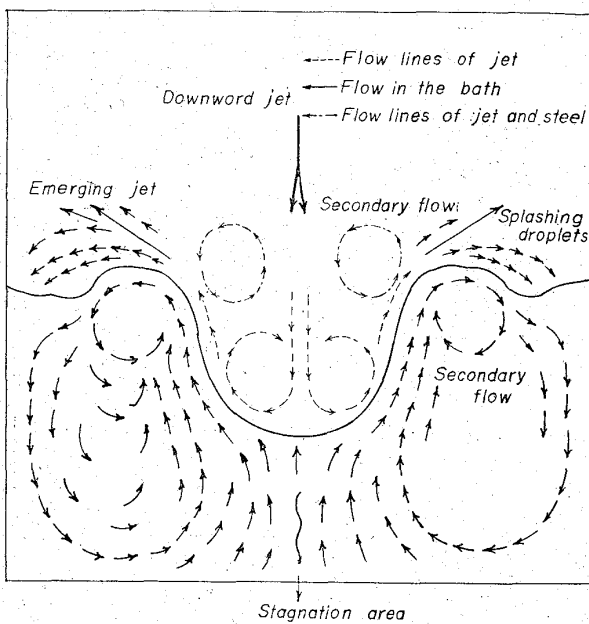


Fig. 3. Motion of the bath splashing by 2 holes nozzle.

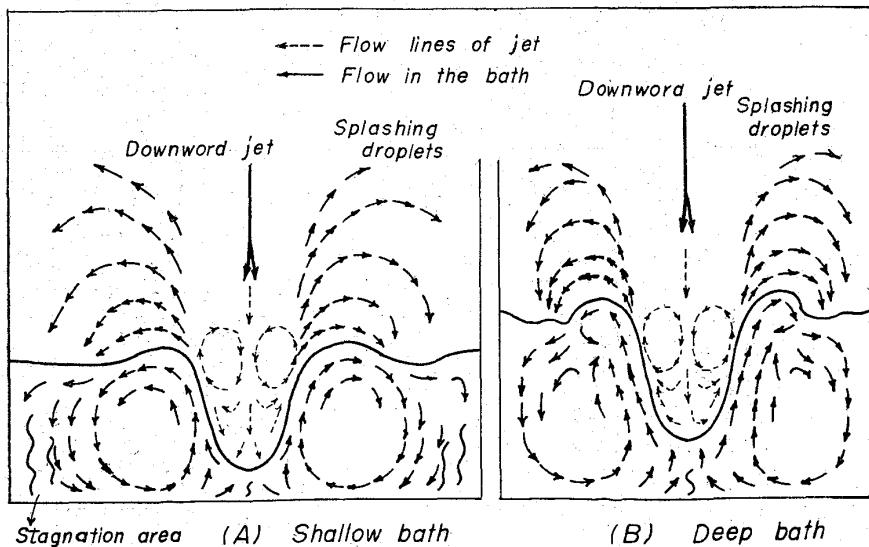


Fig. 4. Effect of converter profile. (A) shallow bath ( $D_0/L=1.86$ ) and (B) deep bath ( $D_0/L=3.15$ )

ノズル中心軸の傾斜角度を  $2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ, 12^\circ$  に変えて, 角度と鋼浴の動き, 噴出状態との関係を調べる。

2.6.2 ノズルの孔数と鋼浴の動き, 噴出状態との関係  
他の条件を一定に保ち, ノズルの孔数を 2, 3, 4 に変えて, 孔数と鋼浴の動き, 噴出状態との関係を調べる。

2.6.3 鋼浴直径と鋼浴深さとの比 ( $D_0/L_1$ ) と鋼浴の動き, 噴出状態との関係  
他の条件を一定に保つたまま, 鋼浴直径と鋼浴深さとの比 ( $D_0/L_1$ ) を 4 水準に変えて, 鋼浴の動き噴出状態を調べる。

2.6.4 ランス高さ and 鋼浴の動き, 噴出状態との関係  
参考としてランス高さを変えて, ランス高さ and 鋼浴の動き, 噴出状態との関係を調べた。

3. 研究結果

3.1 ノズル角度と鋼浴の動き, 噴出の状態との関係

single nozzle の場合の鋼浴の動きと噴出状態を Fig. 1 に示す. 鋼浴の運動は炉体中心近くで上昇し炉壁部で下降する旋回運動が大部分を占め, 鋼浴の表面近くに secondary flow の初期の状態が現われている場合もある. 噴出角度は大部分垂直軸に対して  $30^\circ$  以内で水平に近いものは少ない. ノズル角度  $10^\circ$  の場合の 3 holes nozzle の鋼浴の動きと噴出状態を Fig. 2 に示す. これによれば secondary flow が発達し, このため噴出角度が水平方向に近づくので, 炉口からの噴出量は減少するものと考えられる. 噴流の侵入角度, ランス高さを変えることによつて, 鋼浴の 2 次流が変化する他に, 噴出後に 2 次流が生じ, このため噴出の momentum が減殺されて炉口からの噴出量が減少する場合もある. 他の条件が一定ならば噴流の侵入角度(ノズル角度)が垂直に対し  $4^\circ$  または  $10^\circ$  以上になると鋼浴の secondary flow が発達するかまたは噴出後の secondary flow が生じて, 炉口からの噴出が減少する。

3.2 ノズル孔数と鋼浴の動き, 噴出状態との関係

ノズル角度  $10^\circ$  で 3 孔の場合を Fig. 2 に, 2 孔の場合を Fig. 3 に示す. 2 孔ノズルは secondary flow の発達最が最も激しく, 噴出方向が水平に近くなることと, 噴出後の secondary flow の発達が顕著で, 噴出物はこれに巻き込まれることにより炉口からの噴出量が著しく減少するものと考えられる. 一方反応速度に関しては炉体中心底部の stagnation area が広くなること, 鋼浴中心軸に対して hot spot area が非対称で鋼浴の dead area が広くなるため, 他のノズルにより遅くなるものと考えられる。

3.3 鋼浴直径と鋼浴深さとの比 ( $D_0/L_1$ ) と鋼浴の動き, 噴出状態との関係

$D_0/L_1$  が  $3.15$  ならびに  $1.86$  の場合を Fig. 4 (A) および (B) に示す. これから  $D_0/L_1$  の変化によつて鋼浴の運動状態がかなり変ること

がわかる。すなわち deep bath の場合は鋼浴面近くの secondary flow が形成され、噴出角度が水平に近くなるが shallow bath は secondary flow の形成はほとんど認められない。したがって deep bath の方が炉口からの噴出量が減少するものと考えられる。なお shallow bath は炉中心軸底部の stagnation area は減少するが、炉壁付近に stagnation area ができるので、deep bath と比べて平均脱炭速度に差がないものと思われる。

3.4 ランス高さや鋼浴の動き、噴出状態との関係

ランス高さが soft blow 領域と通常操業領域について、それぞれ Fig. 5 (A), (B) に示す。

4. 考 察

ノズル角度、ノズルの孔数、鋼浴直径と鋼浴深さとの比 ( $D_0/L_1$ ) の変化によつて噴出量が変化するのは、その原因の探索とそれに基づく実験の結果から総合して考えると、それらの要因の変化によつて、鋼浴の動き一特に鋼浴面近くに生ずる secondary flow の形成状態が変りそのため噴出角度が変化すること、ならびに噴出後の secondary flow の形成状態に差を生じてそのため噴出の momentum の減衰に差が生じて、炉口に到達する噴出量が変化するものと考えられる。すなわち鋼浴の secondary flow が激しくなると噴出角度が水平に近くなり、噴出後の secondary flow が生ずると噴出物を巻き込むことにより噴出の momentum が減殺される。この両作用ともに炉口からの噴出を減少させる大きな要因と考えてよい。そしてノズル角度、ノズル孔数、 $D_0/L_1$  の 3 要因について考えるといづれの要因の変化もいづれかまたは両方の secondary flow 形成状態の変化に大きく寄与するが、要因の違いにより寄与のしかたも異なり、したがって噴出量減少の機構にも差がある。

5. 結 言

1. single hole nozzle が multi holes nozzle に較べて、2 孔ノズルが 3, 4 孔ノズルに較べて、deep bath が shallow bath に較べて噴出量が少ない原因を模型実験ならびにその解析によつてほぼ明らかにすることができた。

2. 噴出量が減少する原因は、鋼浴に生ずる secondary flow により噴出角度が水平になることと、噴出後の secondary flow の発達により噴出の momentum が減殺されることによるものと考えられる。

3. ノズル角度、孔数、 $D_0/L_1$  などの要因の差により、噴出量減少の機構に差があると考えられる。

文 献

- 1) 下間, 佐野: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 752
- 2) T. Kootz: J. Iron & steel Inst. (U. K.), (1960) Nov., p. 253

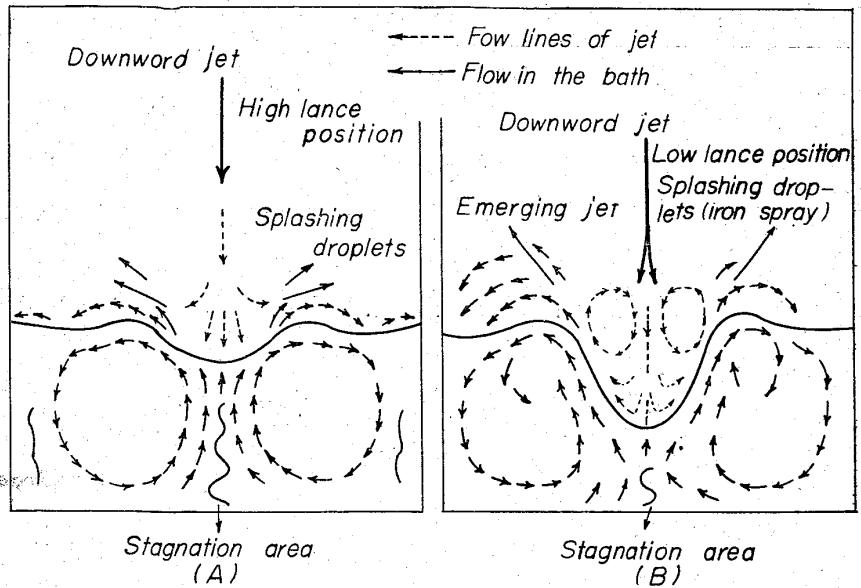


Fig. 5. Effect of lance position. Left (A), high lance position with shallow penetration (single hole nozzle). Right (B), low lance position with deep penetration (multi holes nozzle).

(78) 多孔ノズルと単孔ノズルの操業比較について

(LD 転炉におけるランス・ノズルの検討—II)

富士製鉄, 室蘭製鉄所

林 清造・小野修二郎・桑原達朗

Operation by Multi-hole Lance Nozzle Compared with Single-hole Lance Nozzle.

(Study on lance nozzle at LD converter—II)

Seizō HAYASHI, Syūjirō Ono and Tatsurō KUWABARA.

1. 緒 言

前報<sup>1)</sup>においては稼働以来約一年半にわたる単孔ノズル操業時のノズル形状吹錬条件の変遷について報告した。その中では、スロッピング・スピッチングが完全には解消せず、それらに起因する炉下清掃、炉口地金切り、ランス地金除去などの障害時間の問題、炉口部・傾斜部の溶損による短炉命の問題などが残っていた。

しかるに37年12月末に多孔ノズルを採用したところ、非常な好成績を得て一挙に全操業を多孔ノズルに切替えた。他の転炉工場においても多孔ノズルの優位性が報告されているが<sup>2)~4)</sup>、室蘭転炉においても飛躍的な転炉操業の向上がみられた。多孔ノズル切替前後の操業から単

Table 1. Blowing conditions of single-hole nozzle and multi-hole nozzle operation.

	Multi-nozzle	Single-nozzle
Nozzle dia. mm	35 φ × 3	55 φ ~ 75 φ
O <sub>2</sub> flow rate Nm <sup>3</sup> /hr	14000 ~ 15000	14000 ~ 15000
O <sub>2</sub> pressure kg/cm <sup>2</sup>	6.7 ~ 8.2	6.5 ~ 8.0
Lance height mm	1000 ~ 1200	1200 ~ 1600