

669.184.244.66; 669.184.242

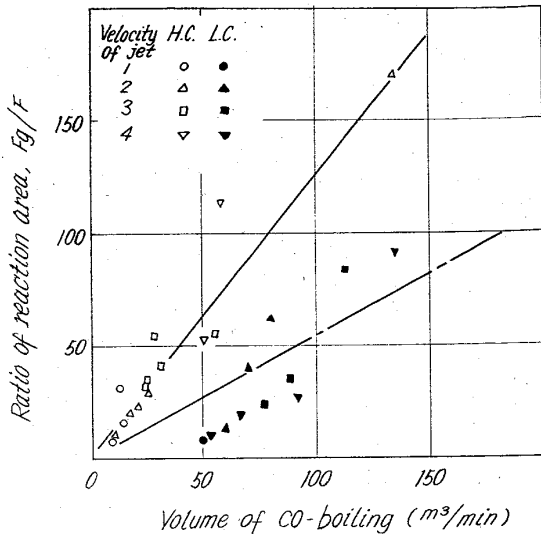


Fig. 3. Effect of the boiling reaction of CO on the ratio of reaction area Fg/F .

$$\left(\text{Volumes of CO (m}^3/\text{min)} = \frac{dc}{dt} (\%/ \text{min}) \right) \times \text{Total tonnage} \times 0.933 \times \frac{1}{P_{\text{CO}}(\text{bath})} \times \frac{1773}{273}$$

u_{max} および u_{max}/U_0 の値とともに一般に小さくなっていることが示される。 $P_{\text{CO}}(\text{bath})$ は $C_0 - C_0^{\text{CE}}$ の値の別表示であることから、その後の鋼質、脱酸状況の観点から一般には低いことの方が望ましい。そのためには、たとえば Fg/F を大にしてやることすなわち LD 転炉の良好な攪拌作用を極めて有効に利用できることが示される。

3. 結 言

LD 転炉の反応機構について、ファイヤー・ポイントを中心として検討した。ファイヤー・ポイント形状について直径、凹み深さ等を算出した。ファイヤー・ポイントにおける酸素の吸収について、ハード・ブローおよび吹錬終点近傍に対して $\alpha_{\text{FeO}}=1$ あるいは $\alpha_{\text{FeO}}=1$ を想定して拡散膜理論にしたがつて検討した。

鋼浴の酸化については、湯だまりの良好な攪拌により $P_{\text{CO}}(\text{bath})=1$ に近い良質鋼の吹錬が可能であることが求められた。

文 献

- 1) 岩崎: 爆発と燃焼, p. 30 [岩波]
- 2) L. M. EFIMOV: Trudy NTO chM, (1957), p. 18
- 3) 伊藤, 佐野: 49 (1963), p. 1652

(54) 単孔ノズルによる吹錬方法の変遷について

(LD 転炉におけるランスノズルの検討—I)

富士製鉄, 室蘭製鉄所

林 清造・小野修二郎・桑原 達朗

Progress of Blowing Conditions at Single Lance Nozzle Operation.

(Study on lance nozzle at LD converter—I)

Dr. Seizō HOYASHI, Shyūjirō ONO and Tatsurō KUWABARA.

1. 緒 言

純酸素上吹転炉においては、ランスノズルの形状や酸素吹込速度・吹込圧力・ランス湯面距離等の吹錬条件が操業の良否を大きく左右することはよく知られているところであり、これら要因の転炉操業に及ぼす影響についての研究はすでに一部報告されている¹⁾²⁾。室蘭製鉄所転炉工場においては、36年7月試験転炉・模型実験・他工場の実例を参考として転炉操業のスタートを切つたが以来今日にいたるまで、ノズル形状・吹錬条件の最適化についての努力を続けてきた。操業条件もスタート直後の装入から重装入 135t 装入まで変化してきたが、それに伴ないノズル形状・吹錬条件にも変遷がみられた。特に多孔ノズルの採用により大巾な作業改善が得られているが、単孔ノズルの時期においても幾多の変遷を経て

Table 1. Progress of blowing conditions and nozzle lives.

Month	Lance height (mm)	Nozzle dia (φ)	O ₂ flow rate (m ³ /hr)	P. R. (%)	Yield of ingot (%)	Nozzle life	Ingot production (t/M)
1961	7	1,000	55	9,000~10,000	77.6	92.1	14,122.3
	8	1,400~1,600	55.60	11,000	74.4	91.2	36,633.4
	9	1,600~1,800	55.60	13,000	75.8	91.4	48,723.5
	10	1,500~2,200	55.60	15,000	77.2	91.8	65,582.4
	11	1,500~2,200	55.60	15,000	77.0	91.0	65,264.0
	12	2,300~2,500	55.60	15,000	79.1	91.2	78,142.5
1962	1	1,800~2,000	55.60	16,000	78.5	90.7	83,985.6
	2	1,200~1,800	55.60.65	15,000	80.8	91.5	77,142.0
	3	1,200~1,800	55.60.65	15,000	81.4	91.0	81,120.5
	4	1,200~1,600	65.70	14,000	80.1	91.6	84,482.6
	5	1,200~1,600	65.70	14,000	79.6	91.2	82,556.9
	6	1,200~1,600	65.70	14,000	80.5	91.6	36,770.8
	7	1,000~1,600	65	12,500~15,000	77.6	91.5	80,581.0
	8	1,200~1,600	60.65	13,000~15,000	78.3	91.0	79,803.6
	9	1,300~1,500	65	13,000~15,000	78.9	90.6	87,461.0
	10	1,300~1,500	65	12,000~15,000	81.6	90.8	85,587.7
	11	1,300~1,400	65.75	12,000~14,000	82.8	91.0	80,743.9
	12	1,300~1,400	65	12,000~15,000	77.5	90.5	85,614.4

いる。本報においては単孔ノズルによる転炉操業にて発生した問題点と、その解決のためにとられた吹錬条件の推移について述べる。

2. 吹錬条件およびノズル形状の変遷

36年7月の転炉操業開始から37年12月に多孔ノズルに変更するまでの間、単孔ノズルによつて操業を行なつたが、その間の生産量・吹錬条件などの月別の変遷をTable 1に集約した。そのうちランスノズルの寿命の推移をFig. 1に示した。

2.1 第1期(36年7月~37年1月)

操業当初は装入量 95t・酸素吹込速度 9,000~11,000 m³/hr・ノズル径 55φ・ランス高さ 1,400~1,600mm であり、スロッピング・スピッチングともみず問題とならず順調な作業であつた。この時期はFig. 2(a)の如きランスを使用していた。

9月以降装入量を110tに増加し、酸素吹込速度も順次上げて13,000~16,000 m³/hrの操業を行なつた。

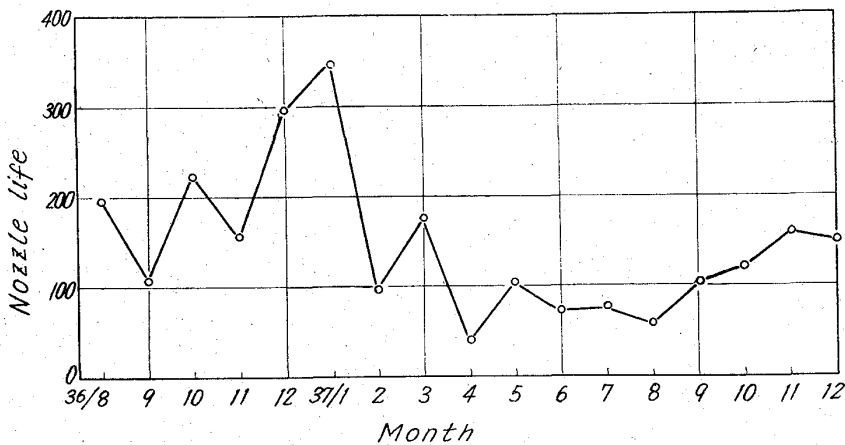


Fig. 1. Progress of nozzle lives.

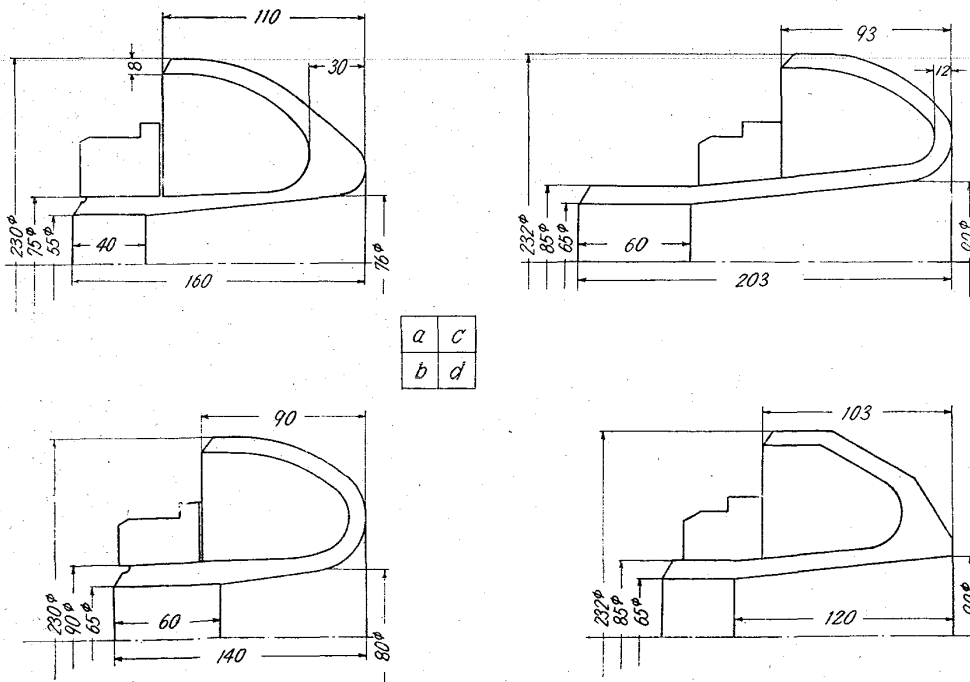


Fig. 2. Designs of lance nozzle.

酸素流量増加を2次圧を上げずに行なうために、Fig. 2(a)の55φノズルの喉部を旋削して60φに改造使用した。操業ピッチの上昇と共に、スロッピング・ランス地金付着・炉底ライニング損傷などの現象があらわれたため、ランスを順次上げて行き、ランス湯面間距離を2,000mm前後とし、最大2,500mmにまでいたつた。その結果、炉底の損傷はなくなりノズル寿命も大巾に延長されたが、スロッピングは減少せず、稼働率製出鋼歩留とも成績向上せず苦しい操業であつた。

2.2 第2期(37年2月~6月)

これらの現象に対処するために再びランスを下げる操業を採用し酸素流量を14,000 m³/hrに落しノズル径も65φ・70φを試用した。ランスを下げるための寿命低下を懸念し、その原因をFig. 2(a)型のノズルの先端厚肉部の冷却不良にあると考えて、この部分を薄くしたFig. 2(b)および(c)のようなノズル形状とした。

Fig. 2(b)のノズルはaに対して拡がり部の角度を大きくとり拡がり部の長さを特に短かくしてある。Fig. 2(c)の型はaと拡がり角度はほぼ等しいが長さが特に長い。その他cとほぼ同型で70φのノズルも用いた。これらの使用結果はいずれも大同小異で、スロッピングに若干の減少傾向がみられたのみであり、ノズル寿命もおのおのの型では差なく各ノズルとも予想に反して短命であつた。

2.3 第3期(37年7月~12月)

第2期の結果から先端部を再び厚肉としたFig. 2(d)の如きノズルを作成使用した。この型のノズルの寿命はかなり延びる傾向にあつたので、

これを中心に操業を行なつた。ランス高さ1,200~1,600mm・酸素流量11,000~15,000 m³/hrの間で、炉令および銑配合率に応じて相当な巾で吹錬条件を変化させ、かなりの操業改善がみられたが、特に炉容の小さい時のスロッピングは依然として問題が残つていた。その他に75φノズル、先端内側拡がり部をラバー型にしたノズルを試験したが、特段の効果は得られなかつた。このようなスロッピングなどに関するトラブルは多孔ノズルの使用により一挙に解決した。

3. ランスノズルの寿命

3.1 ノズル寿命の実績
ランスノズルの寿命を月毎に集約して平均値を算出

図示したものが Fig. 1 である。使用不能となるノズルの大部分は水洩れによるものであるが、一部先端形状が不良となりスロッピング激化をひきおこしたため取替えたものもある。前項で述べたように、ノズル寿命は形状や吹錬条件によつて大きく左右されている。36年11月12月37年1月と寿命が300~350回と長いものもあるが単孔ノズル末期では100回弱と一定となつた。寿命の長い時期はランス湯面間距離が2,000mm前後であつたためと考えられる。ノズル寿命とランス湯面間距離および吹錬時間の関係を調べた結果。

(i) ランスが高い方が寿命が延長する傾向があるが、1,500mm以下となるとバラッキが大きく差が不明瞭となる。

(ii) 吹錬時間はバラッキ大で明瞭な差は認めがたい。その他、鑄造と鍛造の差についてもはつきりした関係が得られなかつた。

3.2 ノズルの溶損状態とその原因の考察

水洩れで使用不能となつたランスノズルの断面状況の一例を Fig. 3 に示したが、一般に次のような状況がみられる。

(i) 酸素の通る内管側が変形し最狭部のノズル径が変る場合がある。

(ii) 内管拡がり部の先端が削り取られたようになる。これはすべてのノズルにみられる現象である。

(iii) 先端部付近のところどころにえぐりとられたような凹みを生ずる場合がある。

(iv) 先端部付近に縦割れ・横割れ等の亀裂が入る。これらの原因として定性的に次のような理由が考えられる。

(i) に対してはランス冷却水圧が15~18kg/cm²と高圧であるのに比しノズル内管の強度がもたないのではないかと考えられる。

(ii) に対しては酸素の噴出時に発生する衝撃波形状と同一の損耗曲線を作ることから、衝撃波のエネルギーによつて削りとられるのではないと思われる。

(iii) はスピittingによつてランス先端に溶鋼の飛沫が付着し瞬間的に燃焼するために部分的に非常な高温となり銅が溶出するためであると推察される。

(iv) については急熱急冷による熱応力でクラックを生じていると考えている。

さらにこのほかに材質および加工法の差による熱伝導

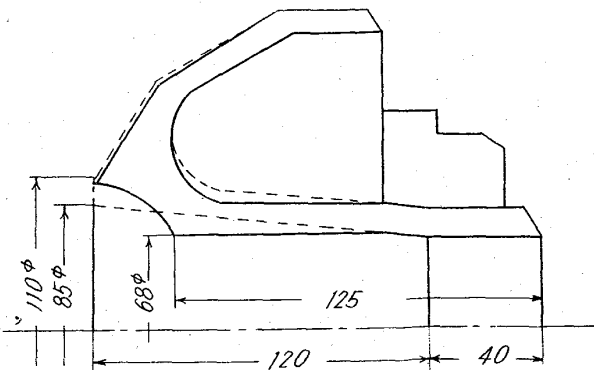


Fig. 3. Example of cross section of damaged nozzle.

度・機械的性質・気泡などに影響されまた高温の火点からの放射熱も効いてくることが考えられよう。

4. 吹錬条件の炉内反応におよぼす影響について

上吹き転炉では平炉と異なり酸素噴流のエネルギーと反応自体による炉内攪拌作用が著るしく、したがつて炉内反応におよぼす吹錬条件の影響はきわめて大きいため、各方面でその研究が進んでいるが、ここでは室蘭転炉における単孔ノズルの操業実績から吹止滓(FeO)とスロッピングの問題について若干の検討を行なつたが、その結果が Fig. 4 である。

4.1 吹止滓(FeO)と吹錬条件

Fig. 4 は吹止滓(FeO)と、酸素噴流の鋼浴内への浸透深さとの関係を示している。ここで L_0 は鋼浴深さの実測値であるが、 L は武田氏らによる実験式。

$$Vd = R\sqrt{L}(L+h)$$

V : 酸素噴出速度 m/sec

h : ランス湯面間距離 mm

d : ノズル径 mm

において、 $R=1.0$ と仮定して算出した。同図より浸透深さの大きいほど吹止(FeO)も近い傾向がみられる。これはノズル径の小さなノズルで高圧でしかも湯面間距離が小さいほど、鋼浴の攪拌が大きいものと考えられるが定量化は難しいので、今の所 L/L_0 との関係が最もつきりした図となる。

4.2 スロッピングと吹錬条件

スロッピングとランス浸透深さの関係も Fig. 4 に示されているが、浸透深さがあまり大とならない方がスロッピングが少ない傾向がうかがわれる。したがつてスロッピング減少策としては、

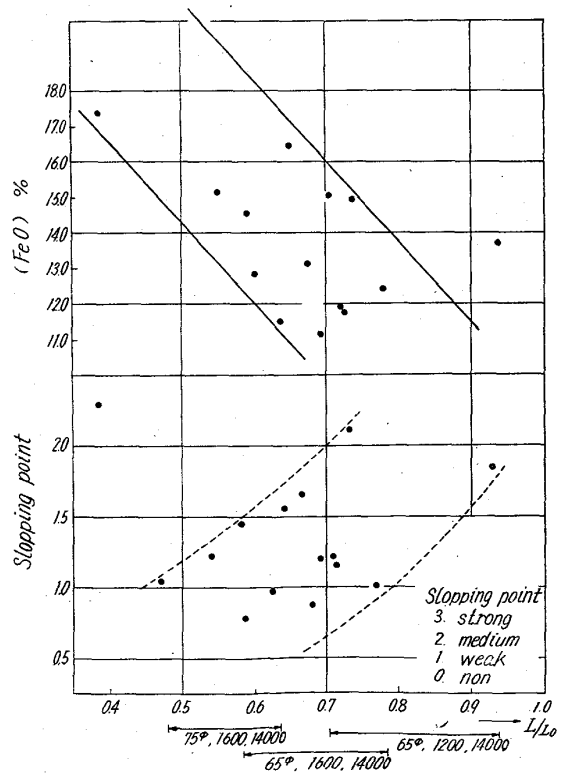


Fig. 4. Relation between blowing conditions and slag (FeO) slopping.

- (i) ノズル径を大として吹止圧力・噴出速度を小さくする。
 - (ii) 流量をなるべく小さくする。
- が有効であることが判明した。

5. 結 言

室蘭転炉工場において、36年7月の操業開始以来37年12月まで単孔ノズルを用いてきたが、その間におけるランスノズル形状・吹錬条件・ノズル寿命の変遷について述べた。

ノズルの寿命の状況と、溶損の原因について考察を行った。

さらに、吹錬条件が吹止滓 (FeO) スロッピング等へおよぼす影響について若干の検討を行なった。

文 献

- 1) 岩村・八木・古茂田・神崎・松野: 鉄と鋼, 49(1963), p. 1382
- 2) 森田・西脇・山口・田中・安藤: 鉄と鋼, 50(1964), p. 1733

(55) 多孔ノズルによる操業改善

日本鋼管, 鶴見製鉄所

根本秀太郎・松代綾三郎・水野良親

Progress of Operation Using Multiple-Hole-Nozzle at Tsurumi LD Plant.

Hidetarō NEMOTO, Ayasaburō MATSUSHIRO and Yoshichika MIZUNO.

1. 結 言

当所では転炉の建設中より多孔ランスノズルに対して模型実験などの検討を進めてきた。転炉稼働当初は単孔ノズルを使用していたが、転炉鋼増産の要請がなされ、出鋼歩留の低下、脱磷、炉体の損傷などの問題に直面した。この時点で多孔ランスノズルを適用し、昭和39年7月より全面的に使用を開始し、各方面にわたり、良好な操業成績を収めた。単孔ノズルから、多孔ノズルへの切換へと、多孔ノズルによる操業改善について報告する。

2. 多孔ノズルの概略

2.1 目的

当所の転炉では素鋼成分は [C] で 0.15~0.25% の鋼種が 70% と比較的中炭素材が多い鋼種構成であること、および単孔ノズルで吹錬速度を高めることは、出鋼歩留、脱磷などに悪影響が生ずるので、多孔ノズルにより歩留、脱磷および製鋼能率の面での改善を図ることとした。

2.2 ノズル形状

ノズル形状を決定する場合、ノズルスロート径、ランス高さ、送酸速度が相互に影響するが多孔ノズルの設計条件としては、単孔ノズルとほぼ同程度のスロート断面積となるように設計し、鋼浴の運動の問題に対しては、ノズルから得られる酸素ジェットの出エネルギーを大とすることによって解決することとした。

ノズル仕様および吹錬条件は Table 1 に示すとおりである。

Table 1. Blowing condition for using single and multiple-hole-nozzle.

	Single nozzle	Multi nozzle
Nozzle diameter	52mm ϕ	27mm $\phi \times 3$
Oxygen flow rate	165~185 Nm ³ /min	185~205 Nm ³ /min
Lance height	1.4~1.55m	0.9~1.1m

3. 操 業 結 果

3.1 脱 磷

脱磷反応については一般に、塩基度の調整、低鋼浴温度、および酸化雰囲気中での精錬などが考えられるが、実際操業において、鋼滓中の (FeO) による影響はほかの条件を一定とするならば非常に大である。多孔ノズルによる吹錬では、鋼滓中の (FeO) は約 2~3% 増加して、キャッチカーボン法によつて溶製しても、ほとんど成品 [P] は 0.02% 以下におさまっている。

Fig. 1 にその脱 [P] 性を示す。

3.2 製出鋼歩留

転炉の製出鋼歩留りを左右する操業上の要因のうち、最も顕著なものは、地金あるいは鋼滓の噴出である。この噴出を助長する一つの要因としては送酸速度の影響も見のがしてはならない。しかしながら能率および原価的な面で双方とも総合して改善することが望ましい。従来使用していた単孔ノズルから多孔ノズルに切替えてきた過程における炉代の製出鋼歩留りの推移の 2, 3 の例を Fig. 2 に示す。また多孔ノズルの初期の操業試験において単孔ノズルと多孔ノズルの比較吹錬において多孔ノ

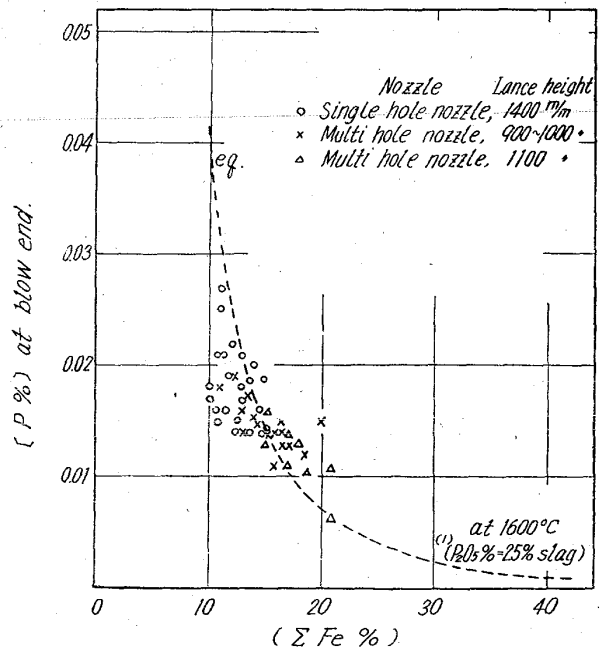


Fig. 1. Relation between (Σ Fe%) and [P%] at blow end by different blowing condition.

(1) Equilibrium curve calculated from H. KNUPPEL et al.