

逆の場合には、圧縮波を発生する。Photo. 1, 2 によつて、圧力差が非常に大きい場合にはノズル後方に垂直衝撃波を生ずることが示された。これらの場合には、大きな流れの不連続面をジェットが通過することになり、エネルギーの一部が熱に変化し、総圧および流速は低下する。衝撃波前後の総圧および流速の変化はつぎの式で表わされる。

$$\frac{P_{t1}}{P_{t2}} = \left(\frac{2\gamma}{\gamma+1} M_1^2 \sin^2 \beta - \frac{\gamma-1}{\gamma+1} \right)^{1/\gamma-1} \times \left(\frac{(\gamma-1)M_1^2 \sin^2 \beta + 2}{(\gamma+1)M_1^2 \sin^2 \beta} \right)^{\gamma/\gamma-1} \dots\dots(6)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{(\gamma+1)M_1^2 \sin^2 \beta}{(\gamma-1)M_1^2 \sin^2 \beta + 2} \dots\dots\dots(7)$$

この式において垂直衝撃波の場合は $\beta=90^\circ$ で $\sin \beta=1$ となり、これは3次元ジェットにも適用できる。例えば、 $M_1=2$ の場合 $P_{t2}/P_{t1}=0.721$, $U_2/U_1=0.375$ となり、総圧および流速の低下は非常に大きい。斜め衝撃波の場合には、あたかも垂直衝撃波において上流の流速が $M_1 \sin \beta$ に低下した場合に相当する。したがつて波の角度 β が小さい時にはその損失は垂直衝撃波にくらべて僅少となる。例えば、 $M_1=2, \beta=45^\circ$ の場合 $P_{t2}/P_{t1}=0.955$, $U_2/U_1=0.583$ となる。このことから高エネルギーの Free jet を作るためには、まずいかなる種類の衝撃波も作らぬのが理想であるが、現実的には角度の小さい斜め衝撃波を作るように心掛けるのが大切となるであろう。角度 β はジェットの boundary の変形によつて支配され、この変形はノズル出口のジェットの静圧と背圧とが一致している場合は 0, その差が大なる程大きいから、圧力損失の少ないノズルは取りもなおさず出口の圧力が背圧と一致するノズルであることになる。

また超音速のジェットを平板に衝突させた場合には、ピトー管の場合と同様に、その直前に垂直衝撃波ができることが知られている。したがつて酸素ジェットが鋼浴面に衝突している状態でも、同様に垂直衝撃波が発生していると考えなければならない。しかし実際は、酸素はそのほとんどが吸収されており、ジェットによる鋼浴面の凹み深さ等の計算からも、ジェットが鋼浴に与える力に吸収が大きな影響を与えることが推定されている。したがつて垂直衝撃波の発生状況に対しても吸収が大きな影響を与えるはずである。それにしても実際に鋼浴面上に垂直衝撃波が存在することも十分考えられるので、LD 転炉の吹錬反応上重要と考えられる鋼浴面におけるジェットの総圧あるいは流速は、むしろ垂直衝撃波後の値に比例していると考えたほうが実際の状態に近いと思われる。この場合 M_1 がわかっているときの真のよどみ点圧は前述の (6) 式により求めることができる。

衝撃波の発生によつて流速が低下したものは、ジェットの乱れによつて、その広がりも大きくなつていゝと考えられるが、今回の実験では検出できなかつた。

またシュリーレン写真によれば、2孔ノズルでは2つのジェットは互いに干渉していないように見えるが、流速分布の測定によれば、2つのピークの中心にもう1つの小さいピークが認められた。この原因の一つとしては、シュリーレン写真に写らない亜音速部の流れの重なりが考えられ、多孔ノズルの場合ジェットの干渉が何ら

かの形で存在するようであり、これは今後の問題である。

その他では、衝撃波が発生している場合には、水銀マノメーターが非常に不安定となり、流速にかなりのむらが生じているのが観測された。

4. 結 言

LD 転炉ランスノズルの模型を製作し、実際に噴射実験を行ない、シュリーレン写真および楕型ピトー管を用いて測定を行ない、つぎのような結論を得た。

すなわち、ランスノズルの設計に当つては、ノズルの断面積比を使用圧力に合せ、かつ Expansion zone の長さを適当な値にとらなければ強い衝撃波を発生し、総圧および流速が極端に低下し、いわゆるソフトブローになり、かつジェットも不安定になり、LD 転炉の吹錬上好ましくない結果となることが判明した。

文 献

- 1) 川上: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 706
- 2) リープマン, ロシユコ: 気体力学, (1960), p. 61 [吉岡書店]

667,184,244,66,669,184,242

(64) 単孔ノズル・ランスおよび三孔ノズル・ランスの吹錬状況におよぼす諸影響について

日本鋼管, 水江製鉄所

板岡 隆・三好 俊吉

〃 福山製鉄所 山 鹿 素 雄

〃 水江製鉄所 ○半 明 正 之

Effects of Single-Hole-Lance and Three-Hole-Lance on Blowing Condition.

Takashi ITAOKA, Shunkichi MIYOSHI, Motosu YAMAGA and Masayuki HANMIYO.

1. 緒 言

水江製鉄所転炉工場においては、昭和 38 年 9 月頃より多孔ノズルランスを実操業に使用し始め今日に到つている。その間、従来の単孔ノズルランスと併用使用を行ない比較検討、改善を行なつてきたが、以下に述べる能率、品質および出鋼歩留りの点において両者に相当大きな差異を有している。本報告はそれらの点について現場データより比較検討を行なつたものである。単孔ノズルおよび三孔ノズルの吹錬条件は次のごとくである。

単孔ノズル: (52φ×1)

ランス湯面間距離; 1,400 mm

吹錬酸素圧力; 8.0~8.5 kg/cm²

三孔ノズル: (26φ×3)

ランス湯面間距離; 900 mm

吹錬酸素圧力; 12.0~12.5 kg/cm²

2. 能 率

2.1 ベーレン取り

転炉の能率を大きく阻害するものの一つにベーレン取りがある。三孔ノズルランスを使用すると従来の単孔ノズルランスを使用する場合に比べて、ベーレン取りに要する時間が著しく減少する。それは多孔ノズルランスの

Table 1. Remove of skulls of converter mouth.

	Lance nozzle	Numbers of blown charge (ch)	Numbers of removed skulls	Time (min)	Frequency (ch)	Time for removing one skull (min)
S.40 April	Single hole	1045	84	641	12.5	7.6
	Three hole	990	13	73	76	5.4
S.40 May	Single hole	1089	97	692	11.2	7.1
	Three hole	1050	8	44	131	5.5
Total	Single hole	2134	181	1333	12	7.4
	Three hole	2040	21	117	97	5.6

ほうが噴出が少ないという点と、たとえ少々噴出しても炉口に堆積することが少ないばかりでなく、地金の混入が少なく炉口内への付着がなくて自然落下することも単孔ノズルの場合より多い。Table 1はランスノズル別ベールン取り状況を示したものであるが、三孔ノズル使用の場合はベールン取り頻度が単孔ノズルの場合の1/8になり、さらに1回当りのベールン取り所要時間も短くなる。2/3稼働の転炉では互いに他炉の影響を受けることが大なために一方の炉でベールン取りを行なつて主原料の装入が遅れると、他方の炉も若干装入待を生じることになり、Table 1のベールン取り正味時間にこの付随時間がプラスされ、それは単孔ノズルでベールン取り1回当り3.0min三孔ノズルで2.5minである。以上から2000ch/M(16万t/M)を単孔ノズルのみ、および三孔ノズルのみで吹錬した場合の月間のベールン取りによる減産量は次のごとくなり、月間3110t(1.3ch/M)の能率差が生じる。

	ベールン取り	付随時間	減産t数
単孔ノズル	1230 min/M	500 min/M	3460 t/M
三孔ノズル	115 "	51 "	335 "

2.2 吹錬時間

吹錬時間は主として酸素供給速度によつて決まるが、当工場においては噴出、廃熱ボイラー蒸気発生量等の点で三孔ノズル使用の場合のほうが酸素供給速度を大にとれる。従つて三孔ノズルを用いたほうが吹錬時間は1min/ch程度短かく、両ノズルの能率差の最も大きいものとなつている。すなわち、この吹錬時間差により三孔ノズルのほうが月間約4000t能率の面で優れている。

以上単孔ノズルと三孔ノズルの能率面での差を述べてきたが総合すると月間7000t(3.1ch/M)三孔ノズルのほうが能率がよい。

Fig. 1は日別の三孔ノズル使用ヒート比率とベールン取り回数との関係を示したものである。

3. 品質

鋼の品質の良否を転炉の吹錬結果のみで云々することはできないが、ここではごく一般的にいつて脱P、スラグ中ΣFe、および溶鋼の酸化程度を示す尺度となると考えられる添加Fe-Mn量について単孔ノズルと三孔ノズルの比較検討を主として低炭素鋼種のものについて行なう。

3.1 脱リン

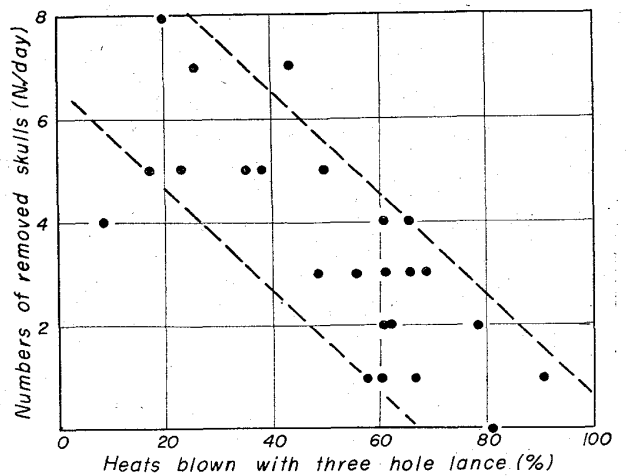


Fig. 1. Relation between heats blown with three hole lance and numbers of removed skulls.

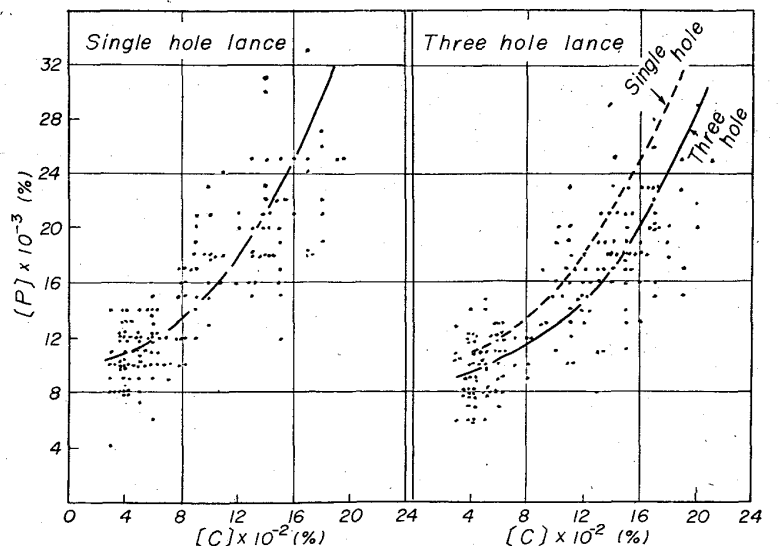


Fig. 2. Relation between end point carbon and phosphorus.

一般に低炭素リムド鋼では脱リンが問題となることは少ないが、低炭素アルミキルド鋼や高炭素材ではかなり重要な問題である。Fig. 2に係孔ノズルおよび三孔ノズルの終点[C]-[P]の関係を示す。すなわち、単孔ノズルと三孔ノズルの脱リン状況には相当大きな差があり、

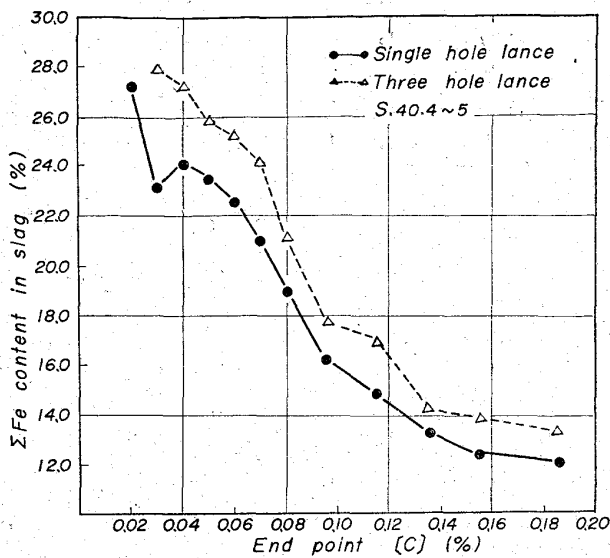


Fig. 3. Relation between end point carbon and Σ Fe content in slag.

Table 2. Addition of ferro mangan in low carbon steels.

Grade	Lance nozzle	n	[Mn] _{v.p.} (%)	[C] _{G.P.} (%)	[Mn] _{G.P.} (%)	Fe-Mn (kg/t)	Mn yield (%)
A	Single hole	226	0.095	0.064	0.331	4.47	70.4
	Three hole	211	0.081	0.063	0.323	4.59	70.3
B	Single hole	171	0.081	0.057	0.308	4.42	68.5
	Three hole	206	0.075	0.057	0.299	4.50	66.4

Table 3. Metallic yield of low carbon steels.

Grade	Lance nozzle	n	Hot metal ratio (%)	Iron ore (kg/t)	Metallic yield (%)
A	Single hole	226	83.2	20.6	92.6
	Three hole	211	83.2	25.9	93.4
B	Single hole	171	83.5	25.2	92.1
	Three hole	206	83.4	27.5	93.0

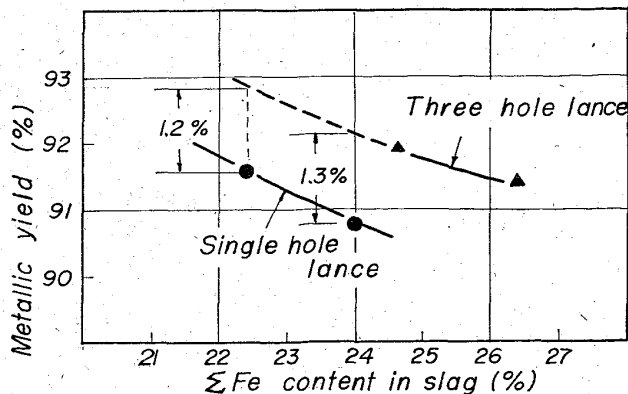


Fig. 4. Relation between Σ Fe content in slag and metallic yield.

終点[C] 0.04~0.05% の点で 0.002% 程度, 終点[C] 0.15% 程度で 0.004~0.005% 三孔ノズルのほうが[P] は低くなる. この最も大きな原因は次に述べるスラグ中 Σ Fe 含有量の差によるものと思われる.

3.2 スラグ中 Σ Fe

従来より鋼浴の酸化状況を判定する一つの手段としてスラグ中 Σ Fe 含有量が用いられている. Fig. 3 に終点[C]別の平均値で [C]- Σ Fe の関係を示す. すなわち, 三孔ノズルのほうが低炭素域で 3~4%, 中炭素域では 1.5~2.0% 高い. この両ノズルのスラグ中 Σ Fe の差は種々検討すると決して本質的なものではなく, ノズルの新しい時期ではその差はほとんどなく, ノズル先端の溶損が進行するに従つてその差が大きくなつていく. また, 三孔ノズルのランス湯面間距離を現在の 900 mm より 700 mm に縮めることにより単孔ノズルよりも低いスラグ中 Σ Fe 含有量が得られたが, ノズル耐用回数が著しく低下するので実業にはまだ採用できない.

3.3 Fe-Mn 添加量

目標素鋼 [Mn] 成分が同一であるにもかかわらず吹錬方法によつて Fe-Mn 添加量に差が生じるという点は重要な問題である. すなわち, Mn 歩留りが悪いとか, 歩留りが同じでも終点 [Mn] が低いために Fe-Mn 添加量が多く必要であるというような場合にはそれだけ Mn の脱酸生成物が多くなるから, 浮上しきらない脱酸生成物が鋼中に残る度合も多くなると考えられる. Fe-Mn の添加量を決定するのは, 終点 [Mn] と [Mn] 歩留りである. Table 2 は当所の低炭素鋼種 A, B について Fe-Mn 添加量および Mn 歩留りを夫々の平均値で示したものである.

すなわち, 三孔ノズルを使用する場合は終点 [Mn] が低いことや, Mn 歩留りが若干悪いために結果として得られた素鋼 [Mn] が低いにもかかわらず Fe-Mn 添加量が多い. この結果を基にして素鋼 [Mn] を鋼種 A で 0.33%, B で 0.30% とするための Fe-Mn 添加量を試算してみるとその差は鋼種 A および B でそれぞれ 0.27, 0.26 kg/t 出鋼三孔ノズルのほうが多く必要である.

以上品質面を総合すると一般に三孔ノズルのほうが単孔ノズルの場合よりも鋼は酸化気味になつていくといえる.

4. 出鋼歩留り

前述のごとく三孔ノズルは単孔ノズルに比べて噴出が少ない. 噴出滓およびペーレン中には 40~70% の鉄分を含むから噴出量の多少は出鋼歩留りに大きく響く. Table 3 に低炭素リムド鋼 A, B の溶銑配合率, 鉄銑石使用量および出鋼歩留りを示す.

すなわち, 三孔ノズルの方が単孔ノズルよりも 0.8~0.9% 出鋼歩留りは高い. 出鋼歩留りを考える際には鉄銑石の使用量を無視してはならない. 鉄銑石中には約 65% の鉄分を含有しているのだから, 鉄銑石の使用量が増加すれば当然みかけの出鋼歩留りは上昇するはずである. Table 3 に示したごとく溶銑配合率が同じであつても, 単孔ノズルと三孔ノズルの鉄銑石使用量には差があり, 2~5 kg/t 出鋼程度三孔ノズルのほうが多い. これは前述のスラグ中 Σ Fe の差により単孔ノズルと三孔ノズルでは, 炉内での発生熱量が相異なるためと考えられる.

Fig. 4 は鉄鉱石の鉄分 (65%) を装入量として考慮に入れた出鋼歩留り (鉄鉱石補正出鋼歩留) とスラグ中 ΣFe 含有量との関係を示したものである。

Fig. 4 から両ノズルのスラグ中 ΣFe 含有量が同一の場合の出鋼歩留り差が算定できる。すなわち、鋼種 A および B でそれぞれ 1.2%, 1.3% となり、この差が噴出物中に逃げる鉄分の差ということになる。

5. 結 言

(1) 三孔ノズルは単孔ノズルに比べて噴出が少ないためにペーレン付着が少ない。このため、ペーレン取りに要する時間が少ないことにより、単孔ノズル使用の場合よりも月間約 3000 t (1.3 ch/day) の能率 up となる。さらに吹錬時間の相異による能率差を含めると、その差は月間約 7000 t (3.1 ch/day) に達する。

(2) 三孔ノズルは一般に単孔ノズルよりも鋼が酸化気味となり、品質的に見ると脱リンは優れているが、スラグ中 ΣFe ; Fe-Mn 添加量等の点では単孔ノズルのそれと明瞭な差がある。

(3) 三孔ノズルは噴出が少ないために単孔ノズルよりも 0.8~0.9% 出鋼歩留りが高い。三孔ノズルのスラグ中 ΣFe が単孔ノズルのそれと同程度まで将来下ると、出鋼歩留りの差は 1.2~1.3% 程度になると推定される。

以上の両ノズルにおける差異は前述の各種条件下において得られたものであつて、ノズルの形状、吹錬条件等各種の製鋼条件が変更されれば、当然、以上の結果は変わってくるものと考えられる。

文 献

- 1) 板岡, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 722
- 2) 下間, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1909

669,184,252,7; 669,184,252,004
 (65) 改良型 OG 装置の設備内容と性能について

八幡製鉄, 本社 前原 繁
 " 堺製鉄所 西脇 実
 " 建設本部 田桐浩一・○高橋正章

On the Newly Designed OG Equipment and Its Operational Performances.

Shigeru MAEHARA, Minoru NISHIWAKI, Koichi TAGIRI and Masaaki TAKAHASHI.

1. 結 言

純酸素転炉から発生する排ガスの非燃焼回収方式 (OG法) が戸畑第 2 転炉工場において、工業化されてからすでに、3 年を経過したが、その間に、操業経験をもとにした多くの改良研究がなされ、その結果、昭和 40 年 6 月に稼動を開始した堺転炉工場の OG 装置は、設備内容、操業性能とも全く面目を一新したものとなつた。ここでは、堺転炉工場に新たに設置された改良型 OG 装置について、特に新技術の導入によつて、改良された設備内容およびそれによつてもたらされた操業性能上の特色について、すでに、戸畑第 2 転炉工場に設置されている旧型 OG 装置と比較しつつ、その概要を報告する。

2. 設備内容の特色

OG法は純酸素転炉から発生する排ガスを非燃焼状態で処理することによつて、ガス冷却器ならびに集塵装置の小型化が可能であり、それによつて、設備費が切下げられ、あわせて CO に富んだガスをも回収することができることに着目して、工業化されたものであるが、すでに戸畑の OG 装置によつて、この着想は実現されている。筆者らは、堺の OG 装置を計画、設計するにあたり、装置をさらに小型化、軽量化することに努め、Table 1 に示すような種々の改良を加え、その結果、同じく Table 1 に示すような効果をあげることができた。

なお、この改良によつて、装置全体の重量は、旧型 OG 装置の約 65% に軽減され、また、転炉工場内における装置の配置は、Fig. 1 に示すように、旧型 OG 装置 (第 65 回大会に発表) に比し、著しく合理化された。

以下に改良された設備内容と、それによる効果について述べる。

2.1 水冷ジャケット構造のフード

戸畑の OG 装置では、フード部の冷却に水冷管方式を採用してきたが、堺転炉工場に設置された改良型 OG 装置には水冷ジャケット方式が採用されている。その結果、たとえ激しいスロッピングによつて、メタルおよびスラグが吹き上げられても、フード内にこれらが付着することはなく、操業がきわめて安定した。水冷ジャケット構造のフードは、鋼板溶接製であるが、設計にあつては、冷却水の円滑な循環、熱応力の集中化防止に細心の注意が払われている。

2.2 ガス冷却器の小型化

ガス冷却器を構成する輻射伝熱部および接触伝熱部のうち、後者の伝熱面積を最少限度に切り詰めた。その結果、ガス冷却器は、きわめて小型化されたが、一方ではガス冷却器の出口ガス温度が、吹錬最盛期において、700°C と従来より約 300°C 高くなつた。しかし、これは、ガス冷却器の直後にある後述の Saturate Venturi によつて、急冷されて飽和ガスとなり、ガス温度は 69°C 以下になる。

2.3 集塵装置の改良

堺の改良型 OG 装置で最も著しく変わったものは集塵装置である。すなわち、1 次集塵機には、Saturate Venturi を、2 次集塵機には可動スロート付 P-A Venturi を採

Table 1. Improved and newly applicated itmes to the OG equipment and its effects.

Improved items	Effects
HOOD { Adoption of water jacket Improved removing mechanism.....	Cheaper construction cost (Compact construction)
COOLER { Elimination of convection part ..	Higher dust collecting efficiency
DUST COLLECTOR { Adoption of Saturate Venturi Adoption of P.A. Venturi Adoption of Elbow separator	Better controlability
INSTRUMENTATION { Simplified control system Reduction of measuring position	Elimination of hood trouble Less nitrogen consumption Easier maintenance