

いが比較的 FeO のアクティビティの高い範囲に集中しパラッキが少ないことが目立っている。

脱磷反応と脱炭反応との関連を考える場合、転炉での脱炭反応は吹き込まれた酸素の直接酸化であり、脱磷反応とは機構的に異なっていることを考えれば、Coheurなどが提示している脱炭、脱磷速度の関係式

$$K_{CP} = \frac{1}{[P]_{ob} - [P]_{cal}} \cdot \frac{dp}{dt} / \frac{dc}{dt}$$

が、[C]の項を含んでいないことも納得でき、またこの式によれば、 $[P]_{ob} - [P]_{cal}$ が大きい LD-AC 法の優先脱磷も説明がつく。

つぎに、Fig. 1 に示したごとく、LD-AC 法と LD 法との差が高炭域程顕著になっている理由を知る目的で $\Delta p = [P]_{ob} - [P]_{cal}$ と [C] との関係調べたのが、Fig. 4 である。この図からも明らかごとく、LD 法では [C] とレンジのいかんにかかわらず、 ΔP はほぼ一定であるのに対して、LD-AC 法では [C] が高くなるにつれて ΔP が大きくなり、また [C] が低い範囲では ΔP の絶対値は LD 法と LD-AC 法とはあまり差がみられていないが、一方、高 [C] 域では明らかに差があり、高 [C] 域での LD-AC 法のすぐれた脱磷特性を説明している。

なお、材質面に対する影響は現在調査中であるが、一般的にいつて、脱磷特性のすぐれた鋼滓を造つた際には、鋼中酸素の増加、したがって地疵などの悪影響を有すると考えられがちであるが、実際は鋼中酸素の増加はみられず、この間の事情は、BROWER, LARSEN らのいうように $\Delta [O]$ と鋼滓中の T.Fe との間には、転炉では平炉と異なつて全く関係がなく、鋼中酸素は鋼中カーボンによつて規定されることを示していると思われる。

5. 結 言

日本鋼管川崎製鉄所では、39年 8 月以降、低磷銑における LD-AC 法を実施しているが、その操業結果を脱磷について検討し、つぎのことが明らかになった。

LD-AC 法は低磷銑を使用した場合でも、LD にくらべて脱磷特性はすぐれており、特に高炭域では著しい。

この理由は、種々考えられるが、終点 P の実績値の平衡値からのずれが、一般に LD-AC 法のほうが大きく、しかも高炭域程その差が明瞭になることも大きな原因と思われ、この特性を利用することにより、高温出鋼を必要とする高級鋼の溶製は能率、歩留を低下させるダブルスラグ法によらなくても十分可能となつた。

(120) 吹錬条件のインディケータ表示について

(吹錬反応におよぼす吹錬条件の影響に関する研究—I)

日本鋼管、技術研究所

川上 公成・○今井寮一郎

On the Blowing Condition Indicator.

(Study on the effects of blowing conditions on blowing reactions—I)

Kiminari KAWAKAMI and Ryoichiro IMAI.

1. 結 言

LD 転炉の炉容は年々大型化し、わが国でも 170t/ch 国外では 300t/ch. の転炉が建設されている。このような大型化に伴ない、これまでの単孔ノズルにかわつて多孔ノズルが使われている。多孔ノズルは噴出の減少によつて生産性、作業性の面で大きな利点を持つている反面一般にいわれるソフトブローになりやすく、とくに極低炭リムド鋼を吹錬する場合には鋼中酸素およびスラグ中酸化鉄が高くなり¹⁾。材質上および炉体持続回数上問題が多い。

LD 転炉の吹錬反応が他の製鋼炉と区別される点は、純酸素と鋼浴との接触による 2400°~2600°C²⁾ に達する領域、いわゆる火点はその反応工学上重要な位置を占めていることである。したがつて吹錬条件によつて定まる火点の状況の変化は吹錬反応に大きな影響を与えると推定される。

従来の吹錬条件の表示は、ノズル孔数、吹錬圧力(酸素流量)、ランス高さ、装入量など非常に多くの要素を含んでおり、異なつた条件間の定量的な比較が困難であつた。本報告は、これらの要素を統一して定量的に表示するための火点面積、火点酸素分圧およびこれらを組み合わせた吹錬条件インディケータについて述べたものでこれを用いてノズル孔数、炉容など吹錬条件が変化した場合の吹錬反応について考察している。

2. 吹錬条件インディケータの計算

火点の物理化学的な状況を支配している要素として次の 2 点を最も重要であると考えた。

{ 反応面積 ———— 火点面積
{ 気相側酸素ポテンシャル ———— 火点酸素分圧

2.1 火点面積の計算

ここで次のような仮定を行なつた。

(1) フリージェット中の流速分布はガウスの確率分布関数に従う。

(2) 火点の凹み形状はジェットの動圧と鋼浴の静圧とが釣り合うことによつて定まる。

(3) 発生する CO ガスおよびスラグの影響は無視する。

仮定(1)より流速分布は、

$$U = f(x, y) = U_{\max} \exp\left\{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma_u^2}\right\} \quad \dots (1)$$

U: 流速 (max はジェット中心)

σ_u : 流速分布関数の標準偏差に相当する値

またジェットはノズルから噴出した後炉内雰囲気をも混入し mixig によつて巻込み体積が増加する。その状況は実測³⁾によつて次のように表わされた。

$$Q_X/Q_{exit} = 2U_{exit}/U_{max} = 4CX/D_{exit} \dots (2)$$

Q_X/Q_{exit} : ランス高さ X における体積増加率

U_{exit} : 初速

D_{exit} : ノズル出口径

C : 吹錬圧力によつて定まる定数

(2)式は運動量保存の法則によつて次のように表わされる。

$$Q_X/Q_{exit} = \int U dA / U_{exit} \cdot \pi (D_{exit}/2)^2 \dots (3)$$

(1)式より

$$\int U dA = 2\pi\sigma_u^2 U_{max} \dots (4)$$

(3)式に代入して(2)式の関係を用いれば

$$\sigma_u = CX \dots (5)$$

一方流速と動圧の間には次の関係のあることが知られている。

$$P = (\gamma_{jet}/2g)U^2 \dots (6)$$

P : 動圧

γ_{jet} : ジェットの密度

したがつて仮定(2)より、火点の凹み形状の標準偏差にあたる σ_d は次のように表わされる。

$$\sigma_d = \sigma_u / \sqrt{2} = CX / \sqrt{2} \dots (7)$$

火点が凹むことによつて鋼浴面の高さが変化しないとすれば、同様に仮定(2)より次の式が成立する。

$$d_{max} \cdot \gamma_{steel} = P_{max} = (\gamma_{jet}/2g)U_{max}^2 \dots (8)$$

d : 火点の凹み深さ (max はジェット中心)

γ_{steel} : 鋼浴の密度

(2)式から火点の底における流速は、

$$U_{max} = U_{exit} \{ D_{exit} / 2C(X + d_{max}) \} \dots (9)$$

(8)および(9)式を連立させることによつて d_{max} を求めることができる。

次に火点の凹み形状は(1)、(6)および(8)式から次の式で表わされる。

$$d = F(x, y) = d_{max} \cdot \exp\{-(x^2 + y^2) / 2\sigma_d^2\} \dots (10)$$

ここで極座標に変数変換を行ない、半径 R までの凹みの表面積を求めれば、

$$S_f = \int_0^R 2\pi r \sqrt{1 + (\partial F / \partial r)^2} dr$$

$$= 2\pi \int_0^R \sqrt{1 + (d_{max} / \sigma_d^4) r^2 \cdot \exp(-r^2 / \sigma_d^2)} dr \dots (11)$$

S_f : 火点面積

R : 火点半径

この式に前に求めた σ_d , d_{max} および R を与えれば、computer により S_f を求めることができる。 R は火点の限界半径を示すものであるが、これに関するデータが全く無いのでここでは $R = 2.5\sigma_d$ と仮定して計算を行なった。

2.2 火点酸素分圧の計算

ジェットは mixing によつて炉内雰囲気中の CO , CO_2 などを含んでおり、火点中心部における酸素の濃度は次のように表わされる。

$$C_{O_2} = U_{max} / U_{exit} 2CX \dots (12)$$

C_{O_2} : 酸素濃度

一方ジェットの動圧も反応上は静圧と同様に働くと考

えられるので、ジェットの中心部における酸素分圧は次のように表わされる。

$$P_{O_2} = \{ (P_{max} / 1.034) + 1 \} \cdot C_{O_2} \dots (13)$$

P_{O_2} : 火点酸素分圧

(8)および(9)式によつて求められる P_{max} を代入すれば火点における酸素の分圧を求めることができる。

(3)吹錬条件インディケータ

鋼中 O およびスラグ中 ΣFe と密接な関係のある火点における酸化鉄の生成、スラグと鋼浴との攪拌および鋼浴内部の攪拌などは吹錬条件および CO ボイリングの状況によつて支配されると考えられている。

LD 転炉の吹錬経過の解析の結果、 $C = 0.5\%$ 付近を境として脱炭反応に変化のあることが認められ、この遷移点炭素量⁴⁾が吹錬条件によつて変化することが推定されている。この変化の原因は火点における酸素のフラックスにあると推定される。前述した火点面積 (S_f) および火点酸素分圧 (P_{O_2}) をこのような考え方で組み合わせれば次のようなインディケータが得られる。

$$\text{吹錬条件インディケータ} : S_f \cdot P_{O_2}^{0.5}$$

この値が小さくなるような吹錬条件では火点における酸素のフラックスが高くなる。

以上の計算は仮定にもとづいたものであり、仮定が実状とそぐわない点も多く (たとえば、酸素のほぼ 100% が吸収されることによるジェットが鋼浴に与える圧力の変化、または発生する CO ガスあるいはフォーミングスラグの影響がかなり大きいと推定されることなど) S_f , P_{O_2} などの値自体は relative value と考えたほうがよいであろう。

3. 計算結果

3.1 ランス高さの影響

Fig. 1 にランス高さによる火点酸素分圧の変化、Fig. 2 に火点面積および吹錬条件インディケータの変化を示す。常用ランス高さの範囲では、火点面積はあまり変化しないが、火点酸素分圧はかなり急激に減少する。このことは、酸素の供給が一定の場合ランス高さを高くすると、火点の面積はあまり変化せずに酸素のフラックスが減少することになり、これは火点における酸素の吸収量

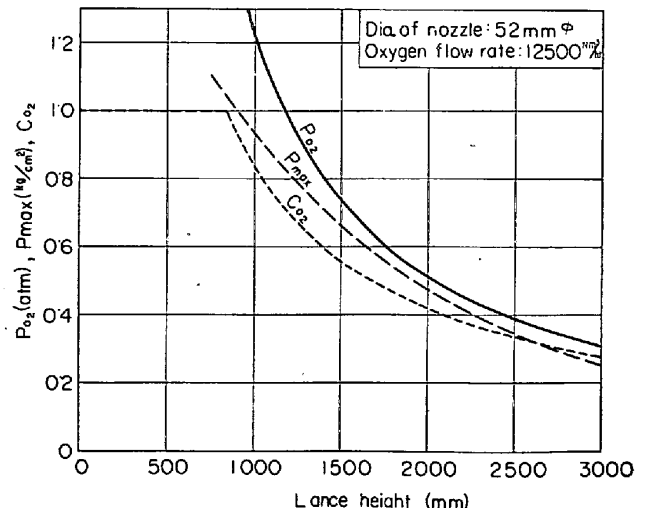


Fig. 1. Changes in the blowing condition indicators with an increase in lance height.

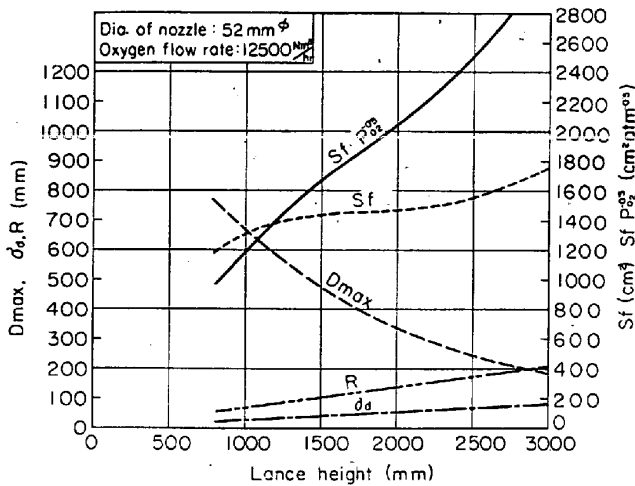


Fig. 2. Changes in the blowing condition indicators with an increase in lance height.

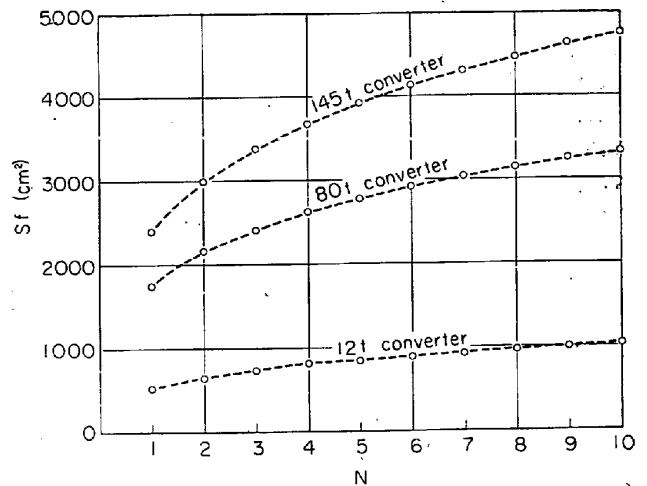


Fig. 4. Increase of the calculated surface area of the hot spot with an increase in the number of nozzle orifices.

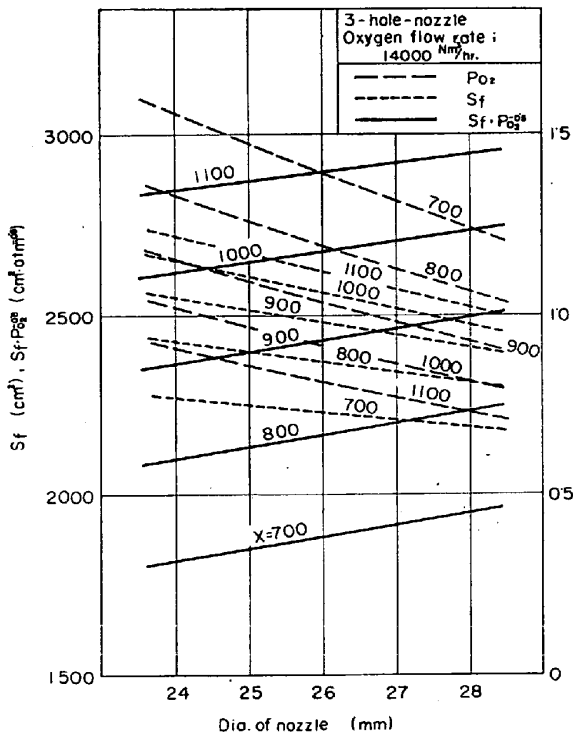


Fig. 3. Variation in the indicators S_f , P_{O_2} and $S_f \cdot P_{O_2}^{-0.5}$ as a function of the diameter of a nozzle at the throat.

が減少することを意味し、これがランス高さによるスラグ中 ΣFe の変化に対応していると考えられる。

3.2 ノズル径の影響

酸素流量が決定した場合、ノズルの径をどのくらいにしたら良いかは常に問題になる場所である。Fig. 3に酸素流量およびランス高さ一定におけるノズル径と火点面積、火点酸素分圧および吹錬条件インディケータとの関係を示す。ノズル径を大きくすると火点面積は減少するが同時に火点酸素分圧も減少し、両者を組み合わせた吹錬条件インディケータは増大する。

3.3 ノズル孔数の影響

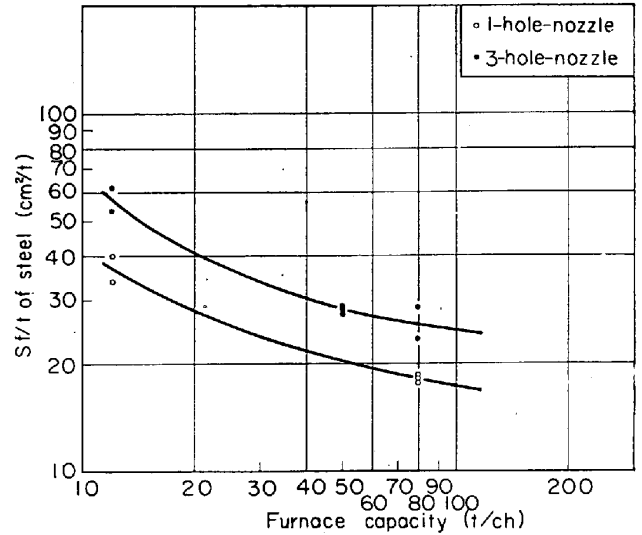


Fig. 5. Reduction of S_f/t with an increase in converter capacity.

炉容、吹錬時間が一定の場合のノズル孔数による火点面積の変化を Fig. 4 に示す。ノズル孔数を増やすことによつて火点面積はかなり増大する。すなわち単孔から3孔にすることによつて火点面積は約 40% 増すことが示される。このことが単孔ノズルと多孔ノズルの吹錬反応における差に重要な意味をもっていると考えられる。

3.4 炉容と火点面積との関係

Fig. 5 に当社転炉の実際の吹錬条件から計算した鋼浴 t 当りの火点面積と全出鋼量との関係を示す。すなわち、炉容が大きくなった場合に、ノズル孔数を一定とし火点酸素分圧がほぼ等しくなるような吹錬条件を採ると、単位鋼浴当りの火点面積が減少する傾向がある。LD 転炉の吹錬反応をスケールアップする際に、火点面積は重要な要素と考えられるが、単位鋼浴当りの火点面積を考慮することによつて、炉容増大における噴出の問題、多孔ノズルの採用の問題に対する 1 つの解釈を与えることができるであろう。

4. 結 言

吹錬条件を統一してかつ定量的に表示するために仮定にもとづいて火点面積、火点酸素分圧およびこれらを組合わせた吹錬条件インディケータの計算を行なった。

これらの数値によつてランス高さ、単孔ノズルと多孔ノズル、炉容などの問題に対する解釈が明確になり、これらの数値が LD 転炉の吹錬反応の解析に有効であることが示された。吹錬条件を吹錬反応と結びつけるためにはこのような考え方が必要であり、ノズル孔数、炉容などが異なつた条件下でも同一の観点から解析することが可能になるであろう。

文 献

- 1) 板岡, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 188
- 2) Helmut Krainer: 鉄と鋼, 51 (1965), p.1194
- 3) 川上: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 708
- 4) 川上: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p.513

(121) インディケータ表示による吹錬反応の解析

(吹錬反応におよぼす吹錬条件の影響に関する研究—II)

日本鋼管, 技術研究所

川上 公成・〇今井寮一郎

〃 水江製鉄所 三好俊吉

〃 福山製鉄所

山鹿 素雄・半明 正之

Analysis of Blowing Reactions Using the Indicator.

(Study on the effects of blowing conditions on blowing reactions—II)

Kiminari KAWAKAMI, Ryoichiro IMAI,
Shunkichi MIYOSHI, Motoso YAMAGA
and Masayuki HANMYO.

1. 結 言

極低炭リムド鋼吹錬において、吹錬終点における鋼中

Table 1. Operating conditions.

	Experimental converter	Mizue converter
Charged tonnage	13 t/ch	88~91 t/ch
Pig ratio	90 %	83~85 %
Blowing time	15~20 min	20~23 min
V. P. [C]	0.04±0.01 %	0.04±0.01 %
V. P. Temperature	1660±20 °C	1610±10 °C

酸素およびスラグ中酸化鉄は材質を決定する重要な要因であり、これらが高い場合には鋼浴はいわゆる酸化された状態になり、材質およびそのパラッキの点からも好ましくない。

一方、一般にハードブローを行なうことによつて、鋼中酸素およびスラグ中酸化鉄を下げるができるのであるが、吹錬条件の内容、すなわちノズル孔数、ノズル径ランス高さ、吹錬時間などが変化した場合の統一された定量的な取り扱いがなされていないため、おのおの場合について経験的に吹錬条件を決定してきた。

本報告では、これらの点を明らかにするために、12t/hr の試験転炉および 80t/ch の水江転炉において、ノズル孔数、ノズル径、ランス高さ、吹錬時間などを変えた吹錬試験を行なった。この結果を第 1 報に報告したインディケータによつて整理し、インディケータと吹錬結果および吹錬経過との関連を明らかにし、その内容について若干の考察を加えたものである。

2. 試験方法

極低炭リムド鋼について、試験転炉で約 50 チャージ、水江転炉で約 120 チャージ、Table 1 に示すような条件で吹錬試験を行なった。

試験水準と各水準のチャージ数を Table 2 に示す。

水江転炉の場合は終点についてのみ試料採取を行なったが、試験転炉においてはこれに加えてサンプリングランスを用いた吹錬中の測温ならびに試料採取を併用した。

3. 試験結果

第 1 報で報告した火点面積、火点酸素分圧およびこれらを組み合わせた吹錬条件インディケータの各試験水

Table 2. Levels of the experiments.

	Mark	Kind of nozzle	Dia. of nozzle	Lance height	Oxygen flow rate	Number of heats	
Experimental converter	I	1-hole	25.8 mm ϕ	700 mm	1900 Nm ³ /hr	12	
	II		30	400		10	
	III		700	2400	6		
	IV	3-hole	14	500	2500	19	
	V		16	300		5	
Mizue converter	J	1-hole	52	1250	12500	10	
	A			1400		19	
	E			1700		10	
	F			1250		20	
	G			1550		10	
	H	60	1100	10			
	I		1350	10			
	B	3-hole	26	52	1400	10700	11
	C			900	12300	9	
	D			1100	10		