

Fig. 5. Relation between temperature drop during tapping and tapping time.

他の要因出鋼流の乱れ具合、炉回数、取鍋添加剤の使用量、取鍋レンガ温度との相関も調査したがはつきりした関係は認められなかった。

この結果を得たので当所転炉工場では出鋼所要時間によって出鋼目標温度を変えて作業を行なっている。

IV. 結 言

吹止 [Mn] が高いため Fe-Mn を使用せずに出鋼した極軟リムド鋼のデータを調査した結果、[Mn], [C] は出鋼中に低下し、その低下量は吹止値が高い程、また出鋼所要時間が長い程大きいことがわかった。[P][S] は出鋼中にはほとんど変化しないことがわかった。

また転炉出鋼中の温度降下を調査した結果、温度降下は出鋼所要時間が長い程大きいことがわかった。

文 献

- 1) J. W. BROWER: Open Hearth Proc. 23 (1950), p. 161
- 2) C. E. SIMS: Electric Furnace Steelmaking, Vol. I. (1963), New York, p. 347

669.184.244.66:661.937.2:669.18.012.23

(69) 純酸素転炉における酸素使用量の管理について No. 6423/

(純酸素転炉の終点コントロール II)

八幡製鉄所、製鋼部

PP1727~1730

中田 聡・武田雅男・○椿原 治

On the Control of Oxygen Consumption in LD Converter.

(Study on the end point control of a LD converter— I)

Satoshi NAKATA, Masao TAKEDA and Osamu TSUBAKIHARA.

I. 緒 言

純酸素転炉工場においては終点[C], 終点温度の適中状況が、品質、能率、コストにおよぼす影響は非常に大なるものがある。このため当洞岡転炉工場においては以前より終点[C]と終点温度を組合せたコントロール方式を検討しその実用化をはかってきた。第 I 報<sup>1)</sup>として適正屑鉄配合率の決定法について報告したが、その後現場適用に際して、計算尺を使用するように改良すると共に

第 2 段階として、適正酸素使用量について重回帰分析を行ない、酸素使用量の決定についても標準化を行なつて好結果を得ている。ここにその概要を報告する。

II. 終点コントロールの概要

(1) 適正配合量の決定方法

副材料のうちミルスケール(または鉄鉱石)は一定量使用し生石灰、および螢石量は、鋼種、溶製条件によって決定する。これら、副原料、装入量、溶銑温度、溶銑 [Si], Delay Time, 終点 [C], および終点温度の目標により適正屑鉄配合率を計算し、配合する。

(2) 適正通酸量の決定方法

上記(1)の項の諸条件に屑鉄配合率を加えて終点[C] 終点温度が同時に目標内に適中するように適正通酸量を計算し、フレームも参考にして吹止める。

(3) 終点[C], 終点温度の目標同時適中について

終点目標[C], 終点目標温度が決定すると目標同時適中域 (Fig. 1 は極軟鋼のある鋼種の場合の同時適中域の一例であるが  $d_1fd_2b$  に囲まれた所) が決定し、吹錬者はこの域内にて吹止めることを最終目標とする。これを達成するために配合者はできるだけ適正配合になるように努力し(すなわち  $d_1d_2 > e_1e_2 = c_1c_2 > f = b$  であるため、できるだけ適正配合に近い方が目標同時適中域を通過する時間は長くなり、吹止めしやすくなる。), また吹錬者は屑鉄配合率を決定した際に判明していなかったデータ(例えば前回の終点[C], 今回の溶銑 [Si] の分析値)を加えて酸素使用量を決定するようにしている。

(4) 操業条件の一定化

終点コントロールを容易にするにはできるだけ要因の変化のない連続した操業条件をとることが望ましい。すなわち、操業条件からすれば鋼種、目標良塊 t 数の同じものを連続した場合が一番良いが、洞岡転炉工場では多品種の鋼塊を溶製しており、かかる条件はほとんど満足されない。したがって当転炉工場では次のような点に留意して連続条件を得るように努力している。

- i) 屑鉄種別の管理強化…種別, 形状, 温度の管理
- ii) 鋼種別吹錬基準の一定化

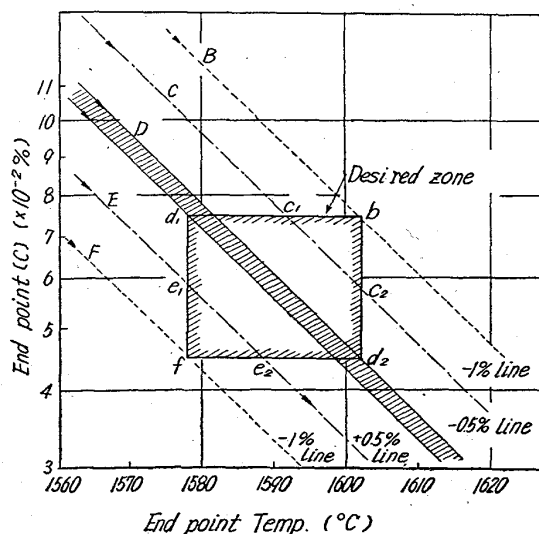


Fig. 1. A desired zone of end point of a low carbon steel.

iii) 副原料中のスケール(または鉄鉱石)の一定量使用  
 なお、3基整備2基交互操業になつて以後、ラップ操  
 業基準、混銑炉使用基準などについても検討を行なつて  
 いる。

III. 解析方法

適正屑鉄配合率および適正通酸量におよぼす要因は数  
 多くあるが純酸素転炉の大きな特色として平炉、電炉に  
 比較して再現性が強い操業条件が一定で連続操業し  
 た場合、製鋼にて一定にできない数要因を除けば、残り  
 の要因はほとんど変動がなく屑鉄配合率、通酸量などの  
 特性値におよぼす影響度は非常に小さいものとなる。

以上の現象を利用して次の式を作成した。すなわち特  
 性値におよぼす影響度の大きい順に各要因を並べたとす  
 れば、おのおの重回帰式は次のようになる。

$$y = A_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + a_{n+1}x_{n+1} + a_mx_m \quad (1)$$

$$y' = A_0 + a_1x'_1 + a_2x'_2 + \dots + a_nx'_n + a_{n+1}x'_{n+1} + \dots + a_mx'_m \quad (2)$$

(1)式: 前チャージの回帰式

(2)式: 前チャージの回帰式

(2)-(1)

$$(y' - y) = a_1(x'_1 - x_1) + a_2(x'_2 - x_2) + \dots + a_n(x'_n - x_n) + a_{n+1}(x'_{n+1} - x_{n+1}) + \dots + a_m(x'_m - x_m) = \sum_{i=1}^m a_i(x'_i - x_i) \quad (3)$$

この中で (n+1) 項以降では連続という条件より特性値  
 におよぼす影響がほとんどないとすれば

$$(x'_{n+1} - x_{n+1}) = 0 \quad (x'_{n+2} - x_{n+2}) = 0$$

$$(x'_m - x_m) = 0$$

$$\therefore (y' - y) = \sum_{i=1}^n a_i(x'_i - x_i) \quad (4)$$

この中で

$y' - y = Y$  {今回の特性値 ( $y'$ ) = 前回の特性値 ( $y$ ) +  
 補正量 ( $Y$ )}  $x'_i - x_i = X_i$  および新たに常数として

$a_0 (a_0 = 0$  と推定されるが) を導入すれば

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n$$

$$= a_0 + \sum_{i=1}^n a_iX_i \quad (5)$$

このようにすれば  $E(\bar{Y}) = 0$   $E(\bar{X}) = 0$   $E(a_0) = 0$   
 となる。

以上の考え方では、次回との差をとつているため、群  
 間 (例えば炉代の違い、炉回数新旧など) のバラツキ  
 はなく、群内のバラツキだけですむ。ゆえに、(6)式を  
 使用し特性値を適正配合量および適正酸素使用量とし、  
 CAB 500 を用いて重相関および重回帰分析を行なつ  
 た。前者についての解析結果は前報とほぼ同様の結果を  
 得たので、ここには以下適正酸素使用量についての解析  
 結果を示す。なおデータについては炉代の異なる二つの  
 時期で連続チャージを約 80 チャージとり、各グルー  
 プ (I), グループ (II) とし、2 グループについて計算を行  
 なつた。またグループ (I) については 4 重、6 重、7 重  
 の各重回帰分析を行つた。

IV. 解析結果

Table 1 に CAB 500 による解析結果および Fig. 2  
 に酸素使用量の計算値と実績値の比較をのせた。

Table 1. Results of multiple regression analysis on oxygen consumption by CAB 500

Y: Oxygen consumption		Group (I)						Group (II)	
		N=75		N=81		N=71		N=82	
		Corre. coeffi.	Partial corre. coeffi.	Corre. coeffi.	Partial corre. coeffi.	Corre. coeffi.	Partial corre. coeffi.	Corre. coeffi.	Partial corre. coeffi.
	xi								
Correlation coefficient	Charging tonnage	0.92**	0.94**	0.93**	0.91**	0.92**	0.91**	0.85**	0.86**
	Scrap ratio	0.20	-0.27*	0.21	-0.26*	0.20	-0.23*	-0.02	-0.03
	End point temp.	0.11	0.42**	0.10	0.42**	0.11	0.38**	0.09	0.28*
	End point. [C]			0.21	-0.11	0.28*	-0.05	0.04	-0.09
	(T. Fe)	0.24*	0.21			0.24*	0.21		
	Burnt lime			0.57**	0.10	0.49**	0.09	0.21	-0.04
	Hot metal [Si]			0.16	-0.07	-0.26*	-0.03	-0.04	-0.12
Multiple correlation coefficient of determination		0.96**	90.3%	0.95**	90.3%	0.95**	90.3%	0.87**	76.6%
Multiple regression coefficient	Charging tonnage (+1T)	+45.9m <sup>3</sup>		+45.9m <sup>3</sup>		+45.3m <sup>3</sup>		+34.9m <sup>3</sup>	
	Scrap ratio (+1%)	-15.0m <sup>3</sup>		-14.5		-14.7		-1.3	
	End point temp. (+10°C)	+11.4m <sup>3</sup>		+11.7		+11.3		+11.6	
	(T. Fe) (+1%)	+0.8m <sup>3</sup>				+0.8			
	End point [C] (+0.01%)			-2.9		-1.3		-2.0	
	Burnt lime (+1T)			+26.2		+22.3		-16.6	
	Hot metal [Si] (+0.10%)			-9.5		-4.6		-12.3	
Constant	+3.34m <sup>3</sup>		+2.62		+3.77		-6.89		
Error deviation		55.4m <sup>3</sup>		55.5m <sup>3</sup>		56.4m <sup>3</sup>		58.7m <sup>3</sup>	

Level of significance \*\* 99% \* 95%

Table 2. Regression coefficient of grade A steel.

	Scrap ratio contral					Oxygen consumption contral				
	ΔS. R.					ΔO <sub>2</sub>				
Charging tonnage (±1t)	±0.15%/Charge					±45m <sup>3</sup> /heat				
Scrap ratio (±1t)	±0.5%					±15				
End point temp. (±10°C)	±0.5%					±11m <sup>3</sup>				
End point [C]	*					**				
Burnt lime (±1t)	±1.0%					±22m <sup>3</sup>				
Hot metal temp. (±10°C)	±0.27%					±5m <sup>3</sup>				
Hot melta [Si] (±0.10%)	±1.32%					±56m <sup>3</sup>				
Delay time (15min)	-0.3%									

Change of end point [C] (×10 <sup>-2</sup> %)	3→4	4→5	5→6	6→7	7→8	8→9	9→10	10→11	11→12
ΔO <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /heat)	-30	-25	-25	-20	-20	-20	-16	-16	-10**
ΔS. R. (%/charge)	-0.60	-0.50	-0.45	-0.35	-0.30	-0.30	-0.27	-0.25	-0.25*

Table 3. An exsample of calculated method

	Charging tonnage	End point temp	End point [C]	Burnt lime	Hot metal temp	Hot metal [Si]	Delay time	Scrap ratio		
Scrap ratio control	Previous heat	t	°C	×10 <sup>-2</sup> %	t	°C	%	min		%
	One heat	74.5	1615	(7.0)	3.0	1310	0.60	0	y=22.5	y'=y+Y
	Difference	+4.0	-15	-1	+0.5	+20	0	0		=22.5+1.7
	ΔSR(%/charge)	+0.6%	+0.75	+0.35	-0.5	+0.54	0	0	y=+1.74	=24.2%
Oxygen consumption control	Previous heat	t	°C	×10 <sup>-2</sup> %	t	°C	%	min		m <sup>3</sup>
	One heat	74.5	1615	7.0	3.0	1310	0.60	0	22.5	y=3200
	Difference	+4.0	-15	-1	+0.5	+20	-3	0	24.2	
	ΔO <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /heat)	+180m <sup>3</sup>	-17m <sup>3</sup>	+20	+11	-10	+17	0		y=176m <sup>3</sup>

{ } : Estimated value ( ) : Desired value

V. 適用に除しての係数の決定および計算方法について

適正屑鉄配合率コントロールについては前報に報告した係数と今回の解析結果を総合して決定した。また適正酸素使用量については重回帰分析結果を吹錬者も加えて検討を行い係数を決定した。Table 2 に鋼種グレード A

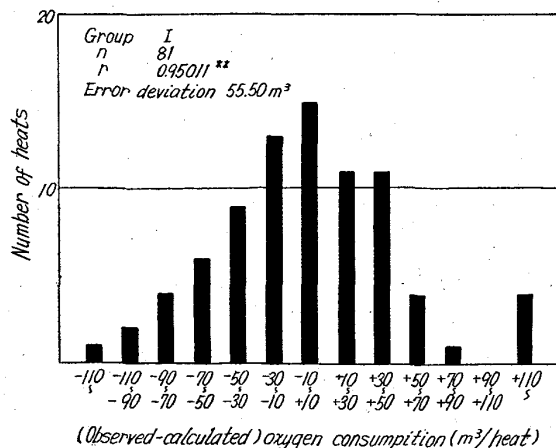


Fig. 2. Comparison between oxygen consumption of calculated and observed.

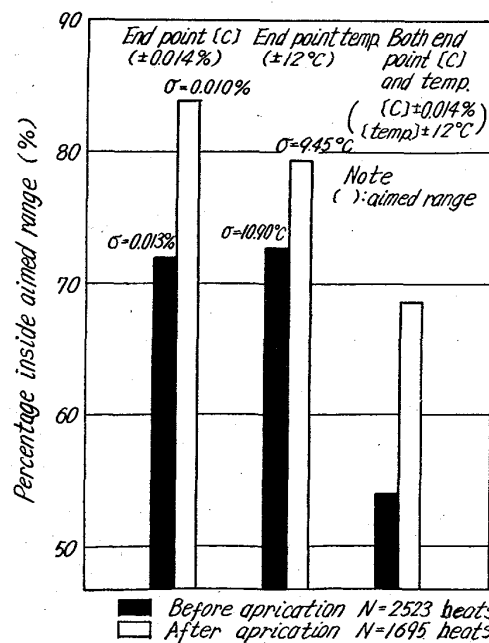


Fig. 3. Comparison of results between before and after aplication.

の場合の係数を示す。また計算方法については一例を Table 3 に示す。

VI. 現場作業への適用および結果

Table 3 の計算例のような計算を高熱騒音下で迅速かつ正確に行なうことは容易なことではない。この為終点コントロール第 I 報にて述べたごとく最初は計算図表を用いたのであるが、かなり複雑で吹錬者の使用上もつと簡単に計算できるものが望まれていた。このため新たに計算尺を作成し、中尺およびカーソルを連続に動かすことにより、7~8 要因位であれば 10~15sec 位にて特性値を容易に計算できるようになった。終点コントロール計算尺は適正屑鉄配合率決定用と適正酸素使用量決定用と 2 種類あり、この両者を組合せて使用している。Fig. 3 に計算尺適用前後の終点 [C]、終点温度、同時適中率の比較を示す。図に見るごとく諸成績の向上には著しいものがある。

VII. 総 括

洞岡転炉工場においては数個の操業要因の変化から迅速にアクションできる終点コントロールの標準化に努力してきた。終点 [C]、終点温度を同時に目標内に適中させるため、適正配合と適正通酸量を取りあげ簡単な計算尺を使用してコントロールを行なっている。その結果、吹錬作業の標準化が行なわれると共に終点各目標適中率は著るしく向上した。

文 献

- 1) 小出, 中田, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p.1367

36年7月に運転開始以来ミルスケール単味法を採用してきたが、酸化鉄系物質の1種である砂鉄が転炉で使用できれば、北海道産物の有効利用として、地方色と経済性を生かしたものとなり、その有する意義はきわめて大であると考え、その実現に意を注いだ結果、十分実用になることを確信し得て、その後、砂鉄単味法を実施している。以下にその経緯と結果について報告する。

II. 砂鉄の性状

砂鉄にも各種産地によつて種々の性質のものがあり構造および含有物から特徴が多岐にわたる。Table 1 に当所に入荷する噴火湾沿岸砂鉄の組成分析値、Table 2 に粒度分布を示す。同表から次の各点が特徴としてあげられる。

- i) スケールに比し粒子が細かく、貯蔵および輸送系統中のつまり棚つりの心配、あるいは使用時の飛散によるロスが懸念される。
- ii) チタン分 (TiO<sub>2</sub>) を約 8% 含んでいる。
- iii) けい酸 (SiO<sub>2</sub>) の含有量がスケールより約 3% 高い。しかし砂鉄の使用量を考えれば問題とならないと思われる。
- iv) P および S などの不純物が若干多い。

III. 砂鉄スール比較使用試験

前記の各項からスケールの代わりに砂鉄を用いた場合、操業上問題となる次の項目につき、スケール操業と砂鉄操業を一組として、酸素吹込条件、副原料使用量、吹錬鋼種を全く同一の条件の下で行なつて、比較検討した。

- i) 取扱い、貯蔵、輸送の円滑性  
スケールと同様の持込み一払出し系統で砂鉄を使用した。トラブルは全然なく円滑であることがわかつた。また、屋外貯蔵の関係で水分含有量が懸念されたが、調査結果によれば転炉使用直前で、2%前後ではほぼ一定しており、問題にはならなかつた。

ii) 冷却効果

Table 3 に試験操作の主要データを示した。スケールの冷却効果はくず鉄の 2.6 倍あるが、砂鉄を用いた場合どうなるかを試算した。

Table 3 の各対はそれぞれ同一の溶銑を用いているので、成分温度は対内では考慮の必要はない。各対のスクラップ換算率は一定吹止温度、C にて両法で等しいとして砂鉄の冷却効果を算出すると 2.10~2.84 の間にあり、

Table 1. Chemical composition of iron sand.

Description	Chemical composition %								
	T. Fe	FeO	SiO <sub>2</sub>	P	S	Mn	TiO <sub>2</sub>	C. W.	H <sub>2</sub> O
Nakanosawa	57.40	29.36	5.83	0.145	0.065	0.54	7.72	0.51	4.9
Kunnui A	58.48	30.06	4.39	0.160	0.055	0.52	8.65	0.49	7.6
Kunnui B	58.55	30.07	4.80	0.134	0.058	0.54	7.77	0.39	8.6
Kitatoyotsu	60.92	32.06	2.74	0.195	0.069	0.54	7.56	0.37	4.0
Yakumo	60.22	31.28	3.24	0.221	0.072	0.55	7.77	0.36	6.5
Kunnui C	59.81	30.96	3.40	0.148	0.060	0.53	8.13	0.59	4.6
Kunnui D	60.46	31.53	3.07	0.185	0.073	0.55	7.56	0.43	4.7
Kunnui E	58.29	27.58	3.42	0.107	0.050	0.49	10.11	0.59	7.6
Suttsu	56.73	30.16	4.40	0.092	0.055	0.48	10.21	0.75	3.7
Average	58.98	30.34	3.92	0.154	0.062	0.53	8.39	0.50	5.8

669,184,244,66:622,34,11-492  
(70) 純酸素転炉における砂鉄の使用について

富士製鉄, 室蘭製鉄所  
○林 清造・小野修二郎・桑原達朗

Use of Iron Sand in LD Converter.

Seizō HAYASHI, Syūjirō ONO  
and Tatsurō KUWABARA.

I. 緒 言 991730~1783

塩基性純酸素上吹転炉では、副原料のうち鋼浴温度調節用冷却材として、ミルスケール、鉄鉱石、焼結鉄、ペレットなどの酸化鉄系物質が、単独または 2 種以上組み合わせられて広く使用されている。室蘭製鉄所転炉工場では